



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS

NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL
CRECIMIENTO Y COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO DE
PLÁNTULAS DE CAFÉ, SEMBRADAS EN TRES ÉPOCAS Y
EN DOS CONDICIONES CLIMÁTICAS

Tesis de Grado previo a la obtención
del título de Ingeniero Agrónomo.

AUTORES:

Leonardo Rodolfo González Salinas

Wilson Alexander Villagómez Calderón

DIRECTOR:

Ing. Bolívar Peña Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2014

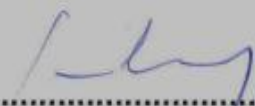
Tribunal calificador de la Tesis:

INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO Y COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ, SEMBRADAS EN TRES ÉPOCAS Y EN DOS CONDICIONES CLIMÁTICAS

CERTIFICA

Que la tesis denominada “**INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO Y COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ, SEMBRADAS EN TRES ÉPOCAS Y EN DOS CONDICIONES CLIMÁTICAS**”, de autoría de los señores egresados Leonardo Rodolfo González Salinas y Wilson Alexander Villagómez Calderón, con cédula de identidad 1104509243 y 1104738974 respectivamente. Ha sido revisada y emitidas las sugerencias pertinentes para su publicación. Por consiguiente autorizamos la continuación de los trámites de ley para su graduación.

Loja, 07 de julio de 2014


.....
Dr. Hugo René Pérez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL


.....
Ing. Klever Chamba
VOCAL DEL TRIBUNAL


.....
Ing. Klever Ivan Granda Mg, Sc.
VOCAL DEL TRIBUNAL

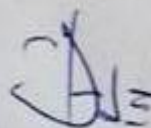
CERTIFICACIÓN

Ing. Bolívar Peña M. Mg, Sc.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICO:

Que la presente investigación titulada "Incidencia de la temperatura en el crecimiento y comportamiento fisiológico de plántulas de café, sembradas en tres épocas y en dos condiciones climáticas", de autoría de los señores egresados de la Carrera de Ingeniería Agronómica: **Leonardo Rodolfo González Salinas y Wilson Alexander Villagómez Calderón**, ha sido desarrollada de acuerdo a las actividades de investigación previstas, las mismas que cumplen con la planificación, cronograma, metodologías y requisitos legales exigidos por el Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja. Por lo expuesto, queda autorizada la presentación para fines legales.

Loja, 21 de abril de 2014



Ing. Bolívar Peña M. Mg, Sc.
DIRECTOR DE TESIS

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LOS AUTORES
PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Nosotros, Leonardo Rodolfo González Salinas y Wilson Alexander Villagómez Calderón, declaramos ser autores de la tesis titulada **“INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO Y COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ, SEMBRADAS EN TRES EPOCAS Y EN DOS CONDICIONES CLIMÁTICAS”**, 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 pueden 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 plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 08 días del mes de julio del 2014, firman los autores.

Firma:



Autores:	Leonardo González Salinas	Wilson Villagómez Calderón
Número de Cédula:	1104509243	1104738974
Dirección:	Loja, Cdja. Clodoveo	Loja, Cdja. Sultana del Sur
Correo electrónico:	leandromesias17132@hotmail.com	alexandervilla88@hotmail.com
Teléfono:	0997086422	0993653241

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Bolívar Peña M. Mg, Sc.

Tribunal de Grado: Dr. Hugo René Pérez
Ing. Klever Chamba
Ing. Klever Ivan Granda Mg, Sc.

AUTORÍA

Nosotros, **Leonardo Rodolfo González Salinas y Wilson Alexander Villagómez Calderón**, declarados ser autores del presente trabajo de Tesis y eximimos 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 aceptamos y autorizamos a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de nuestra Tesis en el Repositorio Institucional-Bibliotecario Virtual.

Autor: Leonardo Rodolfo González Salinas

Firma: 

Cedula: 1104509243

Fecha: 21 de abril de 2014

Autor: Wilson Alexander Villagómez Calderón

Firma: 

Cedula: 1104738974

Fecha: 21 de abril de 2014

AGRADECIMIENTO

Agradecemos 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 la formación académica brindada en estos años de estudio.

Agradecemos de manera muy especial al Ing. Max Encalada, por habernos dado la oportunidad de desarrollar esta investigación y por guiarnos en la culminación de la misma; igualmente agradecemos a nuestro Director de Tesis el Ing. Bolívar Peña, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico y por las sugerencias aportadas durante el desarrollo de la tesis.

Agradecemos a los miembros del tribunal calificador, Dr. Hugo René Pérez presidente del tribunal, Ing. Klever Chamba e Ing. Klever Granda vocales del tribunal, quienes con sus conocimientos permitieron mejorar este trabajo investigativo.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos.

Los Autores

DEDICATORIA

A DIOS, por dame la vida y la fuerzas para lograr una etapa de mi vida. A MIS PADRES, por darme la vida y por su sacrificio y amor incondicional. A MIS HERMANOS, por su apoyo. A MI FAMILIA por sus consejos y apoyo en este camino cumplido. A MIS COMPAÑEROS, quienes estuvieron en todo momento conmigo, a todo el personal administrativo de la carrera más hermosa que existe como es la de Ingeniería Agronómica y a mi compañero de tesis por todo lo que hemos compartido en este pequeño trayecto de nuestras vidas GRACIAS A TODOS ELLOS.

Leonardo Rodolfo González Salinas

Dedico esta tesis a mis padres que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder culminar mis estudios profesionales.

A mí querida esposa Viviana y adoradas hijas Emily y Danna por su paciencia, comprensión y sacrificio que me inspiraron a ser mejor cada día, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ustedes.

A mis hermanas, y demás familiares gracias por todo el apoyo brindado.

Wilson Alexander Villagómez Calderón

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
PORTADA.....	i
APROBACIÓN.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
AUTORÍA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>.....	3
2. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>.....	6
2.1. EL CAFÉ EN EL ECUADOR.....	6
2.2. TAXONOMÍA DEL CAFÉ.....	8
2.3. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS.....	8
2.3.1. <u>Altura</u>	8
2.3.2. <u>Precipitación</u>	9
2.3.3. <u>Humedad</u>	10
2.3.4. <u>Temperatura</u>	10
2.3.5. <u>Heliofanía</u>	12
2.3.6. <u>Suelo</u>	13
2.3.6.1. pH.....	14
2.3.6.2. Profundidad.....	14
2.4. ECOFISIOLOGÍA DEL CAFÉ.....	14
2.4.1. <u>Fotosíntesis y Respiración</u>	15
2.4.2. <u>Crecimiento y Desarrollo</u>	16
2.4.3. <u>Clorofila</u>	19
2.4.4. <u>Transpiración</u>	21
2.5. INDICADORES DE CRECIMIENTO.....	21
2.5.1. <u>Dinámica de Crecimiento</u>	22
2.5.2. <u>Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC)</u>	22

2.5.3. <u>Tasa de Acumulación Neta (TAN)</u>	23
2.5.4. <u>Relación de Área Foliar (RAF)</u>	23
2.5.5. <u>Índice de Área Foliar (IAF)</u>	24
2.5.6. <u>Contenido Relativo de Agua (CRA)</u>	25
2.6. AGROTECNIA DEL CULTIVO DE CAFÉ A NIVEL DE VIVERO..	26
2.6.1. <u>Semillero</u>	26
2.6.1.1. Selección de semilla.....	26
2.6.1.2. Preparación del semillero.....	27
2.6.1.3. Siembra en almácigo.....	27
2.6.1.4. Mantenimiento del semillero.....	28
2.6.2. <u>Manejo en Vivero</u>	28
2.6.2.1. Ubicación del vivero.....	28
2.6.2.2. Preparación del sustrato.....	29
2.6.2.3. Desinfección del sustrato.....	30
2.6.2.3.1. Desinfección del suelo con vapor o aire caliente.....	30
2.6.2.3.2. Desinfección del suelo por tratamiento con agua caliente.....	30
2.6.2.3.3. Desinfección del suelo mediante solarización.....	30
2.6.2.4. Siembra en bolsas de polietileno.....	30
2.6.2.5. Colocación de la sombra en el vivero de café.....	31
2.6.2.5.1. Sombra temporal o provisional.....	32
2.6.2.5.2. Sombra semipermanente o intermedia.....	32
2.6.2.5.3. Sombra permanente.....	32
2.6.2.6. Riego.....	33
2.6.2.7. Control de malezas en bolsas.....	33
2.6.2.8. Control fitosanitario.....	33
2.6.2.9. Temperatura.....	33
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	33
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	33
3.2. MATERIALES.....	35
3.2.1. <u>Materiales de Campo</u>	35
3.2.2. <u>Materias de Oficina y Laboratorio</u>	36

3.3. METODOLOGÍA GENERAL	36
3.3.1. <u>Selección de Semilla</u>	36
3.3.2. <u>Preparación del Sustrato</u>	36
3.3.3. <u>Siembra de Semilla en el Almácigo</u>	36
3.3.4. <u>Trasplante</u>	37
3.3.5. <u>Construcción del Vivero</u>	37
3.3.6. <u>Regulación de la Sombra</u>	38
3.3.7. <u>Labores Culturales</u>	38
3.3.8. <u>Variables Evaluadas</u>	39
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	41
3.4.1. <u>Factores de Estudio</u>	42
3.4.2. <u>Descripción de los Tratamientos</u>	42
3.4.3. <u>Croquis del Diseño Experimental</u>	44
3.4.4. <u>Hipótesis Estadística</u>	44
3.5. METODOLOGÍA PARA EL PRIMER OBJETIVO	44
3.5.1. <u>Colocación de Polisombra</u>	44
3.5.3. <u>Datos de Campo</u>	45
3.6. METODOLOGÍA PARA EL SEGUNDO OBJETIVO	46
3.7. METODOLOGÍA PARA EL TERCER OBJETIVO	47
4. RESULTADOS	48
4.1. COMPORTAMIENTO MORFOLÓGICO	48
4.1.1. <u>Localidad de Chaguarpamba</u>	48
4.1.1.1. <u>Altura de la planta</u>	48
4.1.1.2. <u>Volumen radical</u>	50
4.1.1.3. <u>Área foliar</u>	51
4.1.1.4. <u>Peso seco total</u>	54
4.1.2. <u>Localidad de Yantzaza</u>	57
4.1.2.1. <u>Altura de la planta</u>	57
4.1.2.2. <u>Volumen radical</u>	60
4.1.2.3. <u>Área foliar</u>	62
4.1.2.4. <u>Peso seco total</u>	64
4.2. COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO	68

4.2.1. <u>Localidad de Chaguarpamba</u>.....	68
4.2.1.1. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) para la variable altura de planta.....	68
4.2.1.2. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) para el área foliar.....	70
4.2.1.3. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) para el peso seco total.....	71
4.2.1.4. Área foliar específica (AFE).....	73
4.2.1.5. Densidad estomática.....	74
4.2.1.6. Apertura estomática.....	75
4.2.1.7. Contenido relativo de agua (CRA).....	77
4.2.2. <u>Localidad de Yantzaza</u>.....	78
4.2.2.1. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) para la variable altura de planta.....	78
4.2.2.2. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) para el área foliar.....	79
4.2.2.3. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) para el peso seco total.....	80
4.2.2.4. Área foliar específica (AFE).....	82
4.2.2.5. Densidad estomática.....	83
4.2.2.6. Apertura estomática.....	84
4.2.2.7. Contenido relativo de agua (CRA).....	85
4.2.2.8. Clorofila.....	87
4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DOS ZONAS DE ESTUDIO	88
4.4. DIFUSIÓN DE RESULTADOS.....	89
5. <u>DISCUSIÓN</u>.....	90
6. <u>CONCLUSIONES</u>.....	100
7. <u>RECOMENDACIONES</u>.....	101
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>.....	102
9. <u>APÉNDICE</u>.....	116

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Situación de la caficultura, diciembre 2012.....	7
Cuadro 2. Clasificación taxonómica del café.....	8
Cuadro 3. Requerimientos climáticos del cultivo de café arábigo.....	12
Cuadro 4. Descripción de los tratamientos referente a los niveles de sombra y las épocas de siembra.....	42
Cuadro 5. Análisis de varianza para la altura de las plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra al final de la evaluación de las tres épocas de siembra en Chaguarpamba, 2014.....	48
Cuadro 6. Volumen radical de <i>Coffea arabica</i> V. caturra al final de la evaluación en Chaguarpamba, 2014.....	50
Cuadro 7. Análisis de varianza del área foliar de las plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra al final de la evaluación en Chaguarpamba, 2014.....	52
Cuadro 8. Análisis de varianza para el peso seco total de las planta de <i>Coffea arabica</i> V. caturra al final de la evaluación en Chaguarpamba, 2014.....	55
Cuadro 9. Análisis de varianza para altura de planta de <i>Coffea arabica</i> V. caturra al final de la evaluación en Yantzaza, 2014.....	58
Cuadro 10. Volumen radical de las plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra al final de la evaluación en Yantzaza, 2014.....	60
Cuadro 11. Análisis de varianza del área foliar de las plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra al final de la evaluación en Yantzaza, 2014.....	62
Cuadro 12. Análisis de varianza para el peso seco total de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra al final de la evaluación en Yantzaza, 2014.....	65

Cuadro 13. Área foliar específica de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Chaguarpamba.....	73
Cuadro 14. Densidad estomática de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Chaguarpamba.....	74
Cuadro 15. Apertura de los estomas en plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Chaguarpamba.....	76
Cuadro 16. Contenido relativo de agua en plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Chaguarpamba.....	77
Cuadro 17. Área foliar específica de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Yantzaza 2014.....	82
Cuadro 18. Densidad estomática de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Yantzaza 2014.....	83
Cuadro 19. Apertura de los estomas en plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Yantzaza 2014.....	84
Cuadro 20. Contenido relativo de agua en plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Yantzaza 2014.....	85
Cuadro 21. Clorofila de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Yantzaza 2014.....	87
Cuadro 22. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) de las variables: Altura de la planta, área foliar y peso seco total de las dos zonas de estudio, al final de la evaluación, 2014.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Localización del Cantón Chaguarpamba en la provincia de Loja - Ecuador y del Cantón Yantzaza en la provincia de Zamora Chinchipe – Ecuador.....	35
Figura 2. Distribución espacial de los niveles de sombra y las épocas de siembra.....	43
Figura 3. Diseño experimental del ensayo.....	44
Figura 4. Promedio de la altura de las plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación, Chaguarpamba.....	49
Figura 5. Dinámica de crecimiento de la altura de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los días después de la emergencia, Chaguarpamba.....	50
Figura 6. Volumen radical obtenido en las tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra en plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra al final de la evaluación, Chaguarpamba.....	51
Figura 7. Media del área foliar de las plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación, Chaguarpamba.....	53
Figura 8. Dinámica de crecimiento del área foliar de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los días después de la emergencia, Chaguarpamba.....	54
Figura 9. Promedio del peso seco total de las plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación, Chaguarpamba.....	56
Figura 10. Dinámica de crecimiento del peso seco total de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los días después de la emergencia, Chaguarpamba.....	57

Figura 11. Promedio de altura de las plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación, Yantzaza.....	59
Figura 12. Dinámica de crecimiento de la altura de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los días después de la emergencia, Yantzaza.....	60
Figura 13. Volumen radical obtenido en las tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra en plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra al final de la evaluación, Yantzaza.....	61
Figura 14. Promedio del área foliar de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación, Yantzaza.....	63
Figura 15. Dinámica de crecimiento del área foliar de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los días después de la emergencia, Yantzaza.....	64
Figura 16. Promedio del peso seco total de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación, Yantzaza, 2014.....	66
Figura 17. Dinámica de crecimiento del área foliar de plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los días después de la emergencia, Yantzaza.....	67
Figura 18. Dinámica de tasa absoluta de crecimiento (TAC) expresada en cm/día de la altura de las plantas de cafeto, bajo cuatro niveles de sombra y tres épocas de siembra en Chaguarpamba.....	69
Figura 19. Dinámica de tasa absoluta de crecimiento (TAC) expresada en cm ² /día del área foliar de plantas de cafeto, bajo cuatro niveles de sombra y tres épocas de siembra en Chaguarpamba.....	71
Figura 20. Dinámica de tasa absoluta de crecimiento (TAC) expresada en g/día del peso seco total de plantas de	

café, bajo cuatro niveles de sombra y tres épocas de siembra en Chaguarpamba.....	72
Figura 21. Comportamiento de la temperatura media durante el ensayo de Chaguarpamba.....	73
Figura 22. Área foliar específica (AFE, cm ² /g) de plántulas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en tres épocas de siembra y distintos niveles de sombra, cantón Chaguarpamba.....	74
Figura 23. Densidad estomática expresada en estomas/cm ² en plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Chaguarpamba.....	75
Figura 24. Apertura de los estomas expresado en micras/estoma, en plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra, Chaguarpamba.....	76
Figura 25. Contenido relativo de agua expresado en porcentaje, en plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra, Chaguarpamba.....	77
Figura 26. Dinámica de tasa absoluta de crecimiento (TAC) expresada en cm/día de la altura de las plantas de café, bajo cuatro niveles de sombra y tres épocas de siembra en Yantzaza.....	79
Figura 27. Dinámica de tasa absoluta de crecimiento (TAC) expresada en cm ² /día del área foliar de las plantas de café, bajo cuatro niveles de sombra y tres épocas de siembra en Yantzaza.....	80
Figura 28. Dinámica de tasa absoluta de crecimiento (TAC) expresada en g/día del peso seco total de la planta de café, bajo cuatro niveles de sombra y tres épocas de siembra en Yantzaza.....	81

Figura 29. Comportamiento de temperatura media durante el ensayo de Yantzaza.....	82
Figura 30. Área foliar específica (AFE, cm ² /g) de plántulas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en tres épocas de siembra y distintos niveles de sombra, cantón Yantzaza.....	83
Figura 31. Densidad estomática expresada en estomas/ cm ² realizada en plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Yantzaza.....	84
Figura 32. Apertura de los estomas expresado en micras/estoma, en plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra, Yantzaza.....	85
Figura 33. Contenido relativo de agua expresado en porcentaje, en plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra, Yantzaza.....	86
Figura 34. Clorofila expresada en mg/g, en plantas de <i>Coffea arabica</i> V. caturra en relación tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra, Yantzaza.....	87
Figura 35. Temperatura media durante el ensayo en Chaguarpamba y Yantzaza.....	88

ÍNDICE DE APÉNDICE

Contenido	Página
Apéndice 1. Análisis químico del sustrato.....	117
Apéndice 2. Protocolo de la técnica de VERNON para determinar la clorofila “a”, “b” y total en especies vegetales mediante lecturas de absorbancia en el espectrofotómetro.....	118
Apéndice 3. Protocolo de la técnica de TURNER para determinar el contenido relativo de agua (CRA).....	119
Apéndice 4. Software utilizado para determinar el análisis de varianza.....	120
Apéndice 5. Folleto del día de campo.....	121
Apéndice 6. Evidencia fotográfica del trabajo investigativo.....	125

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la incidencia de la temperatura en el comportamiento morfológico y fisiológico de plántulas de cafeto *Coffea arabica* L. variedad caturra a nivel de vivero, sembradas en tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra en las localidades de Chaguarpamba y Yantzaza. Como tratamientos se utilizaron cuatro niveles de sombra (80, 50, 30 y 0%) regulada con material sintético colocado a una altura de 1,20 m desde el suelo y tres épocas de siembra; 08 de julio, 28 de julio y 17 de agosto en Chaguarpamba; 15 de mayo, 04 de junio y 24 de junio en Yantzaza. Las evaluaciones sobre variables de crecimiento se las realizó de 20 a 25 días a partir del momento que las plántulas presentaron el primer par de hojas completamente formadas hasta que presentaron ocho pares de hojas. Los mejores resultados se consiguieron en las primeras épocas de siembra con niveles de sombra 80 y 50%, debido a que las plántulas de café obtuvieron mayor desarrollo, alcanzando la TAC máxima en menor tiempo, resultando ser el momento adecuado para el trasplante al campo definitivo. Se determinó que la temperatura fue el factor determinante en el crecimiento de las plántulas para las dos localidades en las cuales existieron diferencias significativas.

Palabras claves: *cafeto, caturra, niveles de sombra, temperatura.*

SUMMARY

In the research, we evaluated the incidence of the temperature in the morphological and physiological of the coffee bush *Coffea arabica* L. caturra variety according to the vivarium, these were planted in three planting times and different levels of shadow at Chaguarpamba and Yantzaza localities. Four levels of shadow were applied as treatment (80, 50, 30 y 0%) regulated with synthetic material, which was placed within 1,20m of height from the ground and three planting times; July 8, July 28 and August 17 in Chaguarpamba; May 15, June 4 and June 24 in Yantzaza. The evaluations about growth variables were made in twenty or twenty five days from the moment that the seedings gave the first pair of leaves completely shaped until it was evident eight pairs of leaves. The best results were achieved in the first planting times with shadow levels of 80 and 50%, it was due to the coffee seedings got better development, which reached the maximum TAC in less time. This was the most appropriate moment for the tranplanting to the definitive ground. Finally, It was determined that the temperature was the main factor in the growth of the seedings for two localities where there were meaningful differences.

Key words: coffee bush, caturra, shadow levels, temperature.

1. INTRODUCCIÓN

Después del petróleo, el aluminio, el trigo y el carbón, el café es uno de los bienes básicos transados en los mercados financieros internacionales más importantes de la economía mundial y del comercio internacional, generando ingresos por exportaciones de más de 15 millones de dólares anuales y se producen en zonas tropicales, por parte de 17 a 20 millones de familias de pequeños campesinos, lo que lo ubica como un producto crucial para el crecimiento económico y la estabilidad política de alrededor de 50 países en desarrollo (Banco Mundial, 2004). Lo que considera que aproximadamente 100 millones de personas están directamente involucradas en la producción y el comercio de este producto (Ruíz *et al.*, 2009), cita a (Lewin, 2004).

El Ecuador posee una gran capacidad como productor de café, y es uno de los pocos países en el mundo que exporta todas las variedades de café: arábigo lavado, arábigo natural y robusta. Debido a su ubicación geográfica, Ecuador produce uno de los mejores cafés de América del Sur y son los más demandados en Europa. Los diferentes ecosistemas que posee el Ecuador permiten que los cultivos se den a lo largo y ancho del país llegando a cultivarse inclusive en las islas galápagos. Actualmente en el Ecuador más de 100 mil familias están dedicadas a la producción cafetalera (PROECUADOR, 2012), convirtiéndose en uno de los rubros de mayor importancia para la seguridad alimentaria, ya que no solo genera ingresos para satisfacer las necesidades básicas de las familias, sino que es generadora de fuentes de empleo directo e indirecto y que contribuyen ecológicamente con la diversidad genética; esta situación hace que los

cafetales tengan actualmente más de 30 y 50 años de edad, por lo que su ciclo productivo prácticamente ha terminado (FAO, 2014).

Siendo así, en el Ecuador un pequeño país productor de los cafés arábigos y robustos, se presentan varios factores que afectan la producción nacional: repercusiones por las caídas de precios en el mercado mundial, fenómenos naturales, reducción de áreas cultivada y edad avanzada de los cafetales. Todo esto incide en las condiciones de vida de los cafetaleros lo cual tiene una gran relevancia en los órdenes económico, social y ecológico (COFENAC, 2013).

La presente investigación describe de manera objetiva y conveniente, la manera de involucrarnos en la mejora y calidad, en cuanto a la producción de plántulas de cafeto, el cual incluye la producción de plántulas de café a nivel de vivero, mismo que permitirá la generación de nuevos conocimientos en el manejo de; niveles de sombra, temperatura y humedad relativa; de tal forma que permitirá recomendar las mejores técnicas aplicadas para la producción de plántulas de cafeto a nivel de vivero, en cuanto a su desarrollo y adaptabilidad a las condiciones ambientales de las zonas de estudio y de esta manera obtener un incremento en la producción y rentabilidad del cultivo.

En cuanto al manejo de la sombra, temperatura, y condiciones ambientales, estos factores son utilizados de una forma arbitraria por los agricultores de estas zonas. Lo que este proyecto busca es, determinar el momento adecuado para el desarrollo de las plántulas de cafeto a nivel de vivero.

En este contexto, nos planteamos los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la temperatura en el crecimiento de las plántulas de café, variedad Caturra, sembradas en tres fechas en Chaguarpamba y Yantzaza.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el comportamiento morfológico de las plántulas de cafeto sembradas en tres fechas y en dos sitios climáticamente distintos.
- Analizar el comportamiento fisiológico de las plántulas de cafeto en función de la incidencia de la temperatura.
- Difundir los resultados a agricultores, profesionales, estudiantes e interesados en la producción del cultivo de café.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL CAFÉ EN EL ECUADOR

El Ecuador es uno de los 17 países exportadores que producen las dos especies comerciales de café: arábigo y robusta, distribuidas en las cuatro regiones geográficas. El café arábigo tiene una amplia adaptabilidad a los distintos ecosistemas de las cuatro regiones del Ecuador (Costa, Sierra, Amazonía, e Islas Galápagos) las principales variedades arábicas cultivadas en el Ecuador son: Typica, Bourbon, Caturra rojo, Caturra amarillo, Catuaí rojo, Catuaí amarillo, Pacas, Catimor, Cavimor y Sarchimor (COFENAC, 2013).

La productividad promedio del Ecuador es de 5 qq de café oro, de esas 200 mil hectáreas que existen en el Ecuador alrededor del 80% ya son cafetales viejos, a los que hay que renovarlos con nuevas plantas, y así es el caso de arábigo pasar de 4 quintales por hectárea a 20 quintales por ha., y en el caso de robusta que tiene una mayor producción genética pasar de 80 qq a 100 qq por ha (El Agro, 2012).

La caficultura para el Ecuador tiene relevante importancia en los órdenes económico, social, y ecológico. En el orden económico, el café ha representado para el país una fuente de divisas y de empleo para aproximadamente 500.000 ecuatorianos. En el orden social se ve relacionada con un tejido social complejo, donde intervienen productores, procesadores, exportadores, transportistas, e industrias, involucrando a los grupos étnicos, hombres y mujeres de todas las edades que se encuentran

involucrados en el proceso productivo del café que va desde la siembra hasta el consumidor directo. En el orden ecológico, la importancia del café está determinada por las tecnologías de producción amigables con el medio ambiente (COFENAC, 2013).

Cuadro 1. Situación de la caficultura, diciembre 2012.

Superficie Total	199.215 ha.
Área de café arábigo	136.385 ha.
Área de café robusta:	62.830 ha.
Área de cafetales viejos	150.000 ha.
Área cosechada	149.411 ha.
Productividad promedio del café arábigo	5,1 qq de café oro / ha.
Productividad promedio del café robusta	5.5 qq de café oro / ha.
Unidades de producción cafetalera	105.000 UPA´s
Producción nacional	650.000 sacos de 60 Kg
Producción de café arábigo (%)	62%
Producción de café robusta (%)	38%
Consumo interno	150.000 sacos de 60 kilos
Producción exportable	400.000 sacos de 60 kilos
Exportación promedio / 5 años	1´150.000 sacos de 60 kilos
Déficit de producción	700.000 sacos de 60 kilos
Capacidad instalada de la industria	1´200.000 sacos de 60 kilos
Capacidad instalada de exportadores del grano	800.000 sacos de 60 kilos

Fuente: (COFENAC, 2013).

El problema central de la caficultura ecuatoriana es la baja producción nacional que tiene como principales causas:

- Prevalencia de cafetales viejos
- Baja productividad
- Deficiente calidad e inocuidad

- Reducción del área cultivada
- Falta de incentivos para la producción
- Comportamiento errático del clima (COFENAC, 2013).

2.2. TAXONOMÍA DEL CAFÉ

Cuadro 2. Clasificación taxonómica del café.

Subreino :	Angiosperma
Clase :	Dicotiledónea
Orden :	Rubiales
Familia :	Rubiaceae
Género :	<i>Coffea</i>
Especies :	<i>C. arabica</i> L. <i>C. canephora</i> Pierre <i>C. libérica</i> Hiern <i>C. congensis</i> Froehner <i>C. eugenioides</i> Moore <i>C. humilis</i> Chev. <i>C. stenophylla</i> G. Don <i>C. racemosa</i> Lour <i>C. salvatrix</i> Swyn et Phil

Fuente: (ICAFFE, 1989; Charrier, 1985 y Carvalho *et al.*, 1987; COFENAC 2003).

2.3. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS

2.3.1. Altura

El café arábigo tiene una amplia adaptabilidad a los distintos ecosistemas de las cuatro regiones del Ecuador (Costa, Sierra, Amazonía e Islas Galápagos). Se cultiva desde altitudes cercanas al nivel del mar hasta los 2.000 metros. En términos generales se distinguen cuatro zonas de producción de café arábigo: 1) Manabí-Guayas, de 300 a 700 msnm (las partes altas del sistema montañosos Chongón Colonche); 2) la zona sur, de 500 a 2.000 msnm (El Oro-Loja); 3) las estribaciones occidentales, de 500 a 1.750 msnm (vertiente occidental de Los Andes); y, 4) 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, 2002). La altitud influye notoriamente en el desarrollo de las plantas de café en el almácigo, tanto al sol como a la sombra. A medida que aumenta la altitud, el crecimiento, el peso seco de la parte aérea, el número de hojas por planta, el peso seco de hojas y el número de cruces es menor (López, *et al.*, 1972) en (Arcila, *et al.*, 2007). Este menor desarrollo a mayores altitudes puede deberse a la menor temperatura (Arcila, *et al.*, 2007). En el caso del cafeto la altitud permite, desde el punto de vista fisiológico, un mejoramiento de la calidad, debido a que retrasa la madurez. Lo que se traduce en un aumento de acidez y del contenido de azúcares, siendo estos compuestos factores importantes para la formación del aroma (Guyot, *et al.*, 1996).

2.3.2. Precipitación

La cantidad y distribución de las lluvias durante el año son factores muy importantes para el buen desarrollo del cafeto. En lo referente a la precipitación anual óptima, varios autores indican la cantidad de lluvia apropiada para el cultivo de café arábigo. Suárez (1972), manifiesta que ésta varía entre 1.800 y 2.800 milímetros. Rodríguez y Colaboradores (1980), indican que la precipitación óptima varía de 1.500 a 2.500 mm, mientras que Enríquez (1993), señala que la cantidad de lluvia óptima fluctúa entre 1.200 y 1.800 milímetros. Haarer (1984), indica que el café requiere una precipitación uniformemente distribuida de más de 1.778 mm para lograr un desarrollo saludable y una fructificación vigorosa. Las deficiencias de

precipitación deberán ser suplidas por el riego y otros métodos de conservación de la humedad. Carvajal (1984) y Fischersworing y Robkamp (2001), dicen que las precipitaciones mayores a los 3.000 mm, no son apropiadas para el cultivo del cafeto (COFENAC, 2002).

El café crece mejor en regiones con 1600 a 2000 mm de precipitación por año y en Ecuador se señala que la precipitación anual óptima para el café arábigo está en el rango 1.000 y 2.000 mm (Duicela, 2002).

2.3.3. Humedad

La humedad relativa ideal para el cafeto varía de acuerdo a la especie o variedad. El café arábigo se adapta bien a ambientes que tengan de 70% a 95% de humedad relativa (Enríquez, 1993; Fischersworing y Robkamp, 2001).

Enríquez (1993), indica que se prefiere una humedad relativa baja para un mejor desarrollo del cultivo de café, debido a que los ambientes con alta humedad atmosférica favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas y la proliferación de la Broca del fruto (*Hypothenemus hampei*), así como enfermedades del sistema radicular que provocan la muerte de las plantas.

2.3.4. Temperatura

La temperatura es uno de los componentes climáticos más importantes en los diferentes procesos biológicos de la naturaleza. Su influencia va desde

las más simples reacciones bioquímicas hasta la distribución ecológica de las especies animales y vegetales en el globo terráqueo (Guzmán, 1985).

Las temperaturas altas inhiben el crecimiento del cafeto, puesto que a los 24°C, la fotosíntesis comienza a decrecer y se hace casi imperceptible a los 34°C (Enríquez, 1993). Sin embargo, en algunos lugares donde existen cafetales, el promedio de temperatura varía desde 17.5 a 25.3°C y en otras varía de 20 a 25°C (Rodríguez y Colaboradores, 1980).

Según Enríquez (1993), las temperaturas medias óptimas para el café varían de 18 a 21°C. Fischersworing y Robkamp (2001), mencionan que la temperatura óptima oscila entre 19 y 21°C, con extremos de 17 a 23°C. Las temperaturas medias por encima de los 24°C, aceleran el crecimiento vegetativo, limitando la floración y el llenado de los frutos.

La temperatura promedio en las regiones productoras de café árabe es de 12,7°C como mínimo y de 26,6°C como máximo y una media de 21,1°C (Haarer, 1969). Una gran cantidad de autores definen el rango de temperatura adecuado para el crecimiento y la producción del cafeto entre 16 y 25°C (Camargo, 1977; Jaramillo y Guzmán, 1984; Rena, 1986; Mitchell, 1988; Noriega, 1988; Gutiérrez, 1989; Pérez, 1989; Castillo Gladis, 1997; Ramírez, 1999 y Valencia, 1999).

De manera general se plantea que promedios por debajo de 16°C y por encima de 34°C no son adecuadas para el cultivo. El óptimo está comprendido entre 18 a 21°C (Rena *et al.*, 1994).

2.3.5. Heliofanía

El sol suministra cerca del 99.97% de la energía requerida para los procesos físicos que ocurren en el sistema tierra-atmósfera. La radiación solar se describe como la energía directriz de la fotosíntesis, por lo que ejerce un efecto preponderante sobre la productividad y el uso del agua en los cultivos (Castillo y Colaboradores, 1997). El área foliar del cafeto es uno de los factores más importantes en la interceptación de la radiación solar, pues determina la fracción de energía solar que puede ser captada y convertida en material orgánico, a través de la fotosíntesis.

Se conoce que el cafeto es un cultivo de fotoperiodo corto, es decir, que requiere para florecer, menos de 13 horas sol por día.

Cuadro 3. Requerimientos climáticos del cultivo de café arábigo.

Factor climático	Requerimientos	Referencia
Precipitación Anual (mm)	1 800 a 2 800 mm/ año	Suárez, 1972
	1 500 a 2 500 mm/ año	Rodríguez <i>et al.</i> , 1980
	1 600 a 1 800 mm/ año, con un período seco de 2 a 3 meses	Guharay <i>et al.</i> , 2000
	1 200 a 1 800 mm/ año	Enríquez, 1993
	> 1 778 mm/ año	Haarer, 1984
	< 1 000 mm/ año, limita el crecimiento y cosecha > 3 000 mm/ año, dificulta el control fitosanitario	Fischerworrying y Robkamp, 2001
Temperatura media °C	Óptimo entre 18 y 21°C	Enríquez, 1993
	Óptimo entre 17 y 23°C < 16°C, causa disminución del crecimiento vegetativo > 23°C limita la floración y fructificación	Guharay <i>et al.</i> , 2000
	Óptimo entre 19 y 21°C > 24°C, acelera el crecimiento vegetativo, pero limita floración y fructificación	Fischersworrying y Robkamp, 2001 Haarer, 1984
Humedad Relativa %	De 70% a 95%	Enríquez, 1993 Fischersworrying y Robkamp, 2001

Fuente: (Duicela G. *et al.*, 2002).

2.3.6. Suelo

El suelo adecuado para cualquier cultivo debe permitir aireación y retención de humedad indispensables para el desarrollo de un buen sistema de raíces. Se requiere aireación para que la raíz pueda respirar y se requiere humedad para que los nutrientes se disuelvan en el agua y puedan ser absorbidos por las raíces para luego ser transportados a todas las partes de la planta. Un buen sistema de raíces permite a la planta explorar suficiente volumen de suelo para obtener agua y nutrientes, lo que se traduce en buen desarrollo vegetativo y buena producción (Valencia, 2005) citado por (Saritama, 2013).

Los suelos para el cultivo de café deben ser de fertilidad media a alta, dicha fertilidad se viene a definir por los niveles críticos de los elementos que se hallen en él, pero fundamentalmente de los equilibrios $(Ca+Mg)/K$; Mg/K ; Ca/Mg y Ca/K . También es importante el porcentaje de arcilla y los tipos de minerales que constituyen esa arcilla, debido a que en los suelos donde predominan caolinita/halosita se muestra mayor capacidad de fijación de fósforo. La clase de mineral de la arcilla tiene que ver también con la fijación y aprovechamiento del potasio (Monge, 1999).

Entre los sustratos para la siembra de café que más se utiliza para la provincia de Loja se tiene; suelo clase franco, limo arenoso, humus de hoja, mantillo, aserrín descompuesto, humus de lombriz en mezcla con suelo y arena de mina (Cueva y Arteaga, 1999).

2.3.6.1. pH

La acidez en el suelo se relaciona con la concentración de iones de hidrogeno (H^+) en la solución del suelo y se expresa con un parámetro denominado potencial hidrogeno "pH". El pH más adecuado para café está en el rango de 5,5 a 6,5 que corresponde de "medianamente ácido" a "ligeramente ácido" (Duicela, 2011) citado por (Saritama, 2013).

2.3.6.2. Profundidad

Oirsa (2001), señala que la profundidad efectiva de un suelo para café es de alrededor de 120 cm, con textura media a arcillosa, que no tenga más de un 15% de piedras y posea una estructura granular o semigranular, con media a buena estabilidad en agua de los agregados. Se acepta en forma muy general que la mayor densidad de raíces absorbente del cafeto, cerca del 90% del total, se presentan en los primeros 30 cm de profundidad del suelo.

2.4. ECOFISIOLOGÍA DEL CAFÉ

La Fisiología Vegetal estudia los fenómenos naturales en las plantas vivas; es la ciencia que, según de Armas *et al.* (1988), trata los procesos y las funciones, las respuestas a los cambios en el medio ambiente y el crecimiento y desarrollo que resultan de ellos; también se ocupa de los factores climáticos del medio y de las interacciones de las plantas con los organismos relacionados con ellos y como dichos organismos influyen y modifican el curso del desarrollo vegetal (Soto, 1997).

El estudio de la Ecofisiología incluye los principales procesos fisiológicos (fotosíntesis, respiración, transpiración y reparto de asimilados) así como el crecimiento y desarrollo de la planta (González de Miguel, C., 2007).

2.4.1. Fotosíntesis y Respiración

La fotosíntesis es el proceso fisiológico mediante el cual las plantas verdes son capaces de sintetizar moléculas orgánicas complejas a partir de CO₂, H₂O e iones minerales, y utilizan para ello la energía proveniente del sol; la eficiencia de este proceso es un factor determinante de la productividad agrícola; pudiendo ser determinada en términos de conversión de la energía solar en fitomasa total o en productos útiles.

El café se clasifica como planta C₃ poco eficiente, siendo una de sus 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; éstas pérdidas según Kropff y Spitter (1990) pueden llegar hasta el 35% de la asimilación neta del carbono; en el café Rena y Maestri (1986) reportan una pérdida de materia seca entre el 25% y el 50%.

El sistema fotosintético del café es C₃ y su tasa neta de fotosíntesis desciende a partir de 24°C (Valencia, 1988). Según Cannell (1985), la tasa máxima fotosintética de hojas expuestas al sol es de 7 μmol de CO₂/m² a 20°C, mientras que las hojas bajo sombra presentan tasas muy superiores, en torno a 14 μmol de CO₂/m² (Kumar y Tieszen, 1980) citado por (González de Miguel, C., 2007).

Nutman (1937) citado por González de Miguel, C. (2007), observó que para cafetos expuestos al sol en Tanzania, la fotosíntesis empezaba al amanecer,

pero cesaba en torno a las 9 a.m. hasta aproximadamente las 4 p.m. Durante todo ese tiempo los estomas permanecían cerrados.

Sin tener en cuenta la temperatura, la apertura de los estomas está directamente correlacionada con la intensidad de la radiación hasta un valor de 42,13 MJ/m²/día e inversamente correlacionada a partir de 54,17 MJ/m²/día (Nutman, 1937) y la saturación de luz para fotosíntesis se alcanza con 18,58 MJ/m²/día y se mantiene hasta 55,73 MJ/m²/día (Tió, 1962) citado por (González de Miguel, C., 2007).

Gómez *et al.* (2001), encontraron que la relación entre fotosíntesis y respiración a lo largo de un día puede ser descrita mediante una función bimodal, de forma senoidal achatada a modo de dientes de sierra.

2.4.2. Crecimiento y Desarrollo

El desarrollo de las plantas se divide entre crecimiento y diferenciación de tejidos. El crecimiento incluye los procesos de división y alargamiento celular dando como resultado un aumento en el tamaño y en el peso fresco de las plantas, mientras que la diferenciación incluye todos los cambios en tejidos orgánicos, pared celular, protoplasma o las inclusiones de las células aun no diferenciadas (Saraguro y García, 2011).

Según el ambiente de la planta puede mostrar más crecimiento o más diferenciación. Las plantas de café tienen periodos de crecimiento rápido y periodos de crecimiento apenas aparente. En general, el crecimiento es más activo con buen suministro de agua y nutrientes. Cualquier factor que

detenga el crecimiento sin reducir la fotosíntesis, aumenta la tendencia a la diferenciación de los tejidos y al aumento de las condiciones de la planta (Saraguro y García, 2011).

Un estudio conducido en Colombia para evaluar la influencia de factores climáticos en el crecimiento y diferenciación de tejidos en café variedad caturra demostró que los parámetros de la planta que mejor refleja la influencia del clima son: altura de planta, crecimiento de ramas y número de flores. Los factores climáticos que mejor explican estos cambios son: brillo solar, evaporación, temperatura, duración de la temperatura máxima (Valencia, 1998) citado por (Saraguro y García, 2011).

Investigaciones realizadas en El Salvador encontró que los cafetos bajo sombra, en comparación con los cultivados a plena exposición solar, son más altos, más delgados y con ramas laterales más largas; tienen menor número de ramas primarias, menor número de hojas y estomas más pequeños, menor número de ramas secundarias, menor número de yemas florales y menor número de frutos. Todo este conjunto de características le da al arbusto de café poca diferenciación de tejidos, lo que equivale a una condición desfavorable para rendir altas producciones.

Se ha comprobado experimentalmente que la altitud afecta el crecimiento del café en almacigo, tanto al sol como a la sombra. A medida que aumenta la altitud del sitio del almacigo, se reduce la altura, el peso seco de la parte aérea y el número de hojas de las plántulas. En la zona cafetalera central colombiana son frecuentes los problemas de enanismo, clorosis y

malformación de plántulas de café en almacigo a altitudes superiores a 1850 msnm.

Aunque el fenómeno expuesto parece deberse principalmente al efecto de la menor temperatura, no debe descartarse cierta influencia de la mayor proporción de luz ultravioleta que se encontraría a mayores altitudes (Valencia, 1998) citado por (Saraguro y García, 2011).

Torres (1985), manifiesta que para realizar un análisis del rendimiento de una planta en función de su crecimiento se requiere de dos principios: 1) la medida del material vegetal existente y 2) la medida de la magnitud del sistema asimilativo de ese material vegetal. En la práctica las variables más comúnmente medidas son la masa seca total de la planta individual y el área foliar total de la misma.

A partir de esos dos principios se calculan una serie de funciones del crecimiento, las cuales se conocen, de conjunto, con el nombre de análisis del crecimiento.

Radford (1967), define esas funciones de crecimiento de la forma siguiente:

- Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC): es el incremento del material vegetal en una unidad de tiempo.
- Tasa Relativa de Crecimiento (TRC): es el incremento del material vegetal por unidad de material presente por unidad de tiempo.
- Tasa de Asimilación Neta (TAN): es el incremento del material vegetal por unidad de material asimilativo por unidad de tiempo, constituyendo

una medida del balance que existe entre la actividad fotosintética y la respiración de la planta.

- Relación de Área Foliar (RAF): es la relación del material asimilativo por unidad de material vegetal presente.

El análisis de crecimiento también nos sirve para estudiar las relaciones entre la fuente y demanda, ya que la TAC se aplica para estimar la fuerza de la demanda y la TRC para estimar la actividad de la demanda, mientras que el tamaño de la fuente de fotoasimilados está representado por el área foliar y su actividad por la tasa fotosintética (Castro, 2005).

Valencia (1998), señala que el área foliar del cafeto ha sido uno de los indicadores que acaparado el interés de algunos investigadores ya que se considera que buena parte de la productividad de una planta es el resultado de una intercepción que hacen las hojas de la energía luminosa y su posterior conversión en energía química. Se ha demostrado que la variación en el área foliar es el factor de mayor influencia en la acumulación de materia seca por las plantas, por lo tanto, los cultivos que mantengan por más tiempo un área foliar activa serán potencialmente más productivos.

2.4.3. Clorofila

La clorofila, es el compuesto primario para el proceso de fotosíntesis, es en gran parte responsable del rendimiento cuántico de las reacciones fotosintéticas en plantas verdes (IDESIA, 2002). Según McGraw Hill (1998), menciona que la clorofila son un grupo de sustancias en las plantas. Se

encuentran en los pigmentos verdes de las hojas en los cloroplastos unidos a los pigmentos amarillos, carotenoides y xantofila.

La luz absorbida por las moléculas de clorofila en las hojas puede ser utilizada para hacer funcionar la fotosíntesis o ser convertida a otras formas de energía no acumulable. Disipar como calor el exceso de luz absorbida es una transformación que realizan las clorofilas, pero además estas moléculas tienen la propiedad de extinguir su estado excitado emitiendo energía en forma de luz de mayor longitud de onda que la que absorben denominada fluorescencia (IDESIA, 2002).

La emisión de fluorescencia es considerada un buen indicador de las reacciones fotosintéticas de las plantas verdes y así lo han demostrado numerosos estudios desde que Kautsky y Hirsch (1931), citado por IDESIA (2002), descubrieron que esta emisión presenta cambios característicos cuando una hoja es sometida a iluminación luego de estar en la oscuridad (Krause y Weis, 1991).

Se conocen dos tipos de clorofila: La A y B que presentan propiedades y composición parecida en su estructura.

Las formulas de la clorofila son:

Clorofila a: $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$

Clorofila b: $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$

Para cuantificar los contenidos de clorofilas y proteínas en plantas de cafeto se la somete a diferentes intensidades de sombra (porcentaje) y las mediciones de fluorescencia de clorofila para cada uno de los tratamientos

esto se hace con el fin de correlacionar todos estos parámetros con el efecto producido por la cantidad de radiación solar al que han sido expuestos (IDESIA, 2002).

2.4.4. Transpiración

Marín *et al.* (2003), indican que la relación entre radiación solar y transpiración del cafeto están tan relacionadas que se puede establecer una relación lineal entre ambas hasta el punto que si conocemos el área foliar se puede predecir la transpiración con las variables meteorológicas.

Franco; Inforzato (1951) citado por González de Miguel, C. (2007), observaron que la transpiración del café bajo sombra de *Inga* sp. en Sao Paulo, Brasil, fue de 1.056 mg/dm²/hora y la del árbol 2.202 mg/dm²/hora, lo que provocaba problemas de competencia puesto que durante seis meses la transpiración conjunta superaba la precipitación. Dado que la retención de humedad de los suelos del ensayo era menor que la evapotranspiración las plantas llegaban al punto de marchitez permanente. Según los mismos autores, esta condición no ocurre en Centroamérica, donde la estación seca no es tan prolongada como en Sao Paulo y los suelos retienen mucho más la humedad.

2.5. INDICADORES DE CRECIMIENTO

Sedano *et al.* (2005), cita a Beadle (1988), expone que la fisiología está relacionada con el crecimiento y rendimiento. Un método conveniente para estudiar tales aspectos es el análisis del crecimiento, el cual requiere primordialmente de dos tipos de mediciones: el peso seco de la planta y el

área foliar. El análisis de crecimiento también permite evaluar la distribución de biomasa y calcular índices de eficiencia del crecimiento como la tasa del crecimiento como la tasa del crecimiento relativo (TRC), tasa absoluta de crecimiento (TCA), y la tasa de asimilación neta (TAN), (Sedano *et al.*, 2005) cita a (HUNT, 1978).

2.5.1. Dinámica de Crecimiento

Sedano *et al.* (2005), menciona que el análisis de crecimiento sirve para estudiar las relaciones entre la fuente de demanda ya que la TAC se aplica para estimar la fuerza de la demanda y la TRC para estimar la actividad de la demanda, mientras que el tamaño de la fuente fotoasimilados está representado por el área foliar y su actividad fotosintética unitaria.

El crecimiento se define como el aumento en el número y tamaño de las células, lo cual da lugar a incremento de la masa viviente. El crecimiento se logra por la acción combinada de multiplicación celular y aposición de materia viva.

El desarrollo se define como adquisición de funciones con aumento en la complejidad bioquímica y fisiológica a través del tiempo.

2.5.2. Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC)

Soto (2010), señala que es el incremento del material vegetal en unidad de tiempo. Según Lallana *et al.* (2004), define la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC), como el incremento de material vegetal por unidad de tiempo. Para el cual el cálculo debe tomarse la diferencia de peso entre el momento inicial y

final, es decir es el aumento de peso de cualquier momento de la curva sigmoidea de crecimiento que está dado por el aumento (dw) en gramos durante un período infinitamente pequeño (dt). Esta relación se denomina tasa absoluta de crecimiento:

$$r = \frac{dw}{dt}$$

Donde; w = peso seco y t = tiempo.

$$r = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1}$$

2.5.3. Tasa de Acumulación Neta (TAN)

Soto (2010), dice que es el incremento del material vegetal por unidad de material asimilativo por unidad de tiempo. Constituyendo una medida del balance que existe entre la actividad fotosintética y la respiración de la planta.

Santos *et al.* (2010) cita a Hunt (1978); Garner *et al.* (1985); Clavijo (1989), indicando que es un indicador de la eficiencia fotosintética promedio, ya que mide ganancia neta de asimilados por unidad de tiempo.

2.5.4. Relación de Área Foliar (RAF)

Soto (2010), muestra que es la relación del material asimilado por unidad de materia vegetal presente.

Santos *et al.* (2010), cita a (Hunt, 1978); Garner *et al.* (1985); Clavijo, (1989), consideran que el Índice de Área Foliar (IAF) representa la relación entre el área o superficie fotosintetizadora y el área de suelo ocupada por el cultivo y

la relación del área foliar (RAF), que es definida como la relación entre el área foliar total y el peso seco total.

Sedano *et al.* (2005) cita a Tanaka; Yamaguchi (1977), mencionan que más del 90% de la biomasa acumulada en los granos se deriva de los fotoasimilados acumulada producidos en las hojas durante el llenado del grano, y que son transportados directamente a ellos, por lo que la fotosíntesis después de la polinización es importante para la producción del grano.

2.5.5. Índice de Área Foliar (IAF)

El índice de área foliar (LAI), es un indicador indirecto de la actividad fotosintética de la planta y por lo tanto de la tasa de crecimiento del cultivo (TCC). Se calcula como la suma del área (por una sola cara) de todas las hojas por unidad de superficie de suelo.

Para determinar el área foliar se utiliza la cantidad de biomasa existente en las hojas y se divide entre la masa foliar específica (SLM) que es cociente entre el peso de las hojas y su área, este valor varía para cada especie.

La superficie de suelo es la cabida cubierta y se estima como la proyección en planta de la copa (para árbol y cafeto). Este valor no es constante a lo largo de la vida del cultivo, ya que varía en función del diámetro de la copa. En el caso de las herbáceas, dado que cubren el 100% de la superficie, se considera que la superficie cubierta es toda la hectárea de referencia (González de Miguel, C., 2007).

2.5.6. Contenido Relativo de Agua (CRA)

El contenido relativo de agua (CRA) ha sido considerado por varios investigadores (Carter, 1989; Schonfeld *et al.*, 1988) como un indicador de la tolerancia a la desecación de los cultivos. Carter (1989), considera que este parámetro es una integración de los componentes aéreos y subterráneos que le confieren a la planta la capacidad de tolerar el déficit hídrico.

Contenido hídrico relativo es la diferencia entre peso seco y peso fresco, dividido por el peso de saturación menos el peso seco. Esto nos determina el contenido hídrico que tiene la planta en relación con el que tendría la planta si estuviera muy bien hidratada, así como el déficit hídrico respecto a las condiciones óptimas (lo que tiene respecto a lo que debería tener).

Para evaluar el estado hídrico de las hojas en las plantas se mide el Contenido Relativo de Agua (CRA). La metodología consiste en cortar hojas o discos de ellas con sacabocado, pesarlas para obtener el peso fresco (PF) y luego hacerlas flotar en agua durante 3 o 4 horas, para que alcancen su turgencia máxima. Este paso debe realizarse bajo una intensidad de luz correspondiente al punto de compensación para evitar la pérdida de materia seca por respiración o ganancia por fotosíntesis. Luego se secan los diferentes discos de tejidos de hoja, con un papel absorbente, para eliminar el excedente de agua en la parte exterior y se vuelven a pesar obteniendo el peso fresco de turgencia (PFT). Posteriormente son llevadas a una estufa a 105°C por 24 horas, para su secado, hasta que alcance peso constante (PS). Estos tres valores obtenidos se usan para determinar el CRA, según la

formula dada por (Weatherley, 1970) citado por (Rodríguez Ontiveros J.L., 1996) como:

$$\text{CRA} = \frac{\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso fresco a máx. Saturación} - \text{Peso seco}} \times 100$$

Da Matta *et al.* (1993), citando a varios autores, indican que las hojas de cafeto, en comparación a otros cultivos, mantienen un alto contenido relativo de agua aún en condiciones de deshidratación y esto se atribuye a un eficiente control de la apertura estomática.

2.6. AGROTECNIA DEL CULTIVO DE CAFÉ A NIVEL DE VIVERO

La crianza de plántulas es una parte del manejo del cultivo el cual comprende una serie de actividades que, en conjunto, determinan el potencial productivo de una plantación (Duicela, 2003). En el cual para el cultivo de café, el propósito fundamental es obtener buenas cosechas y además que el producto obtenido sea de calidad (Ordoñez, 2013).

2.6.1. Semillero

2.6.1.1. Selección de semilla

Utilice semilla seleccionada de buena calidad en donde 1kg contiene alrededor de 3000 semillas (Barva, 2011). La semilla se seleccionara de las plantas buenas, se selecciona solo fruto maduro, el fruto se selecciona del centro de la bandola o rama mismas que serán del centro de la planta. La calidad de la semilla define el éxito o el fracaso de la finca (FUNSALPRODESE, 2000).

2.6.1.2. Preparación del semillero

Una vez seleccionada la semilla se procede a preparar el sustrato que alojara a las semillas nuevas para su germinación. El cual consiste en una buena estructura del sustrato el mismo que se recomienda hacerlo con materiales encontrados en la misma localidad (Barva, 2011).

2.6.1.3. Siembra en almácigo

Colocaremos la semilla en el semillero una vez colocada la semilla se procederá a tapar la semilla con una capa de tierra y cubrir con hojas (Barva, 2011). En esta etapa tendrá una duración de 2,5 meses aproximadamente, y consiste en colocar la semilla en un lugar favorable (Marín, 2012). Para el cual debemos desinfectar el suelo, para prevenir ataques de hongos del suelo y ataques de nematodos e insectos cortadores (Barva, 2011).

Para una germinación óptima debemos seguir los siguientes pasos:

- Riegos permanentes
- Diseño de los surcos, distancia de siembra entre 5 y 7cm uno del otro, y una profundidad de 1 a 1,5 cm.
- En cada surco colocamos la semilla a chorro evitando que queden juntas.
- Se presiona ligeramente la semilla en el surco. Luego se la cubre totalmente la semilla.

- Luego cubrimos el semillero ya sea con material vegetal, fundas, sacos, otros. Mismos que ayudarán a mantener una buena humedad y temperatura (FUNSALPRODESE, 2000).

2.6.1.4. Mantenimiento del semillero

Se realizaran labores apropiadas al cultivo mismo que permitirá un buen desarrollo de las plántulas:

- Control de la humedad del semillero a través de los riegos racionalizados.
- Quitar la cobertura del semillero en el momento oportuno.
- Control de plagas y enfermedades.
- Control de malezas en el semillero.

2.6.2. MANEJO EN VIVERO

Es el lugar donde se colocaran las plántulas para obtener un desarrollo adecuado y trasladarlas con posterioridad al sitio definitivo.

2.6.2.1. Ubicación del vivero

La ubicación del vivero debe ser en un buen lugar con acceso para el traslado de materiales, tener acceso de agua apta para el riego del vivero y la aplicación de insumos agrícolas (Ureña, 2009). Para la construcción y ubicación del vivero donde se producen los plantones hasta que tenga 6 pares de hojas (Marín, 2012), ubicar en un terreno plano con una ligera pendiente de un 4%, proteger del acceso a animales y un lugar estratégico para la distribución.

2.6.2.2. Preparación del sustrato

El termino sustrato que se aplica en la producción viverística, se refiere a todo material sólido diferente del suelo u orgánico en un contenedor de forma pura o mezclado, el cual permite el anclaje a través de su sistema radicular (Pastor, 2000).

Pastor (2000), cita a Abad (1993), quien menciona que el cultivo de plantas en sustrato presenta diferencias sustanciales respecto del cultivo de plantas en pleno suelo.

Saraguro (2011), cita a Lima y Castillo (2000), indicando que el sustrato debe ser lo suficiente denso, firme, poroso, suficiente humedad; debe estar libre de semillas de malezas, libre de nematodos y otros organismos nocivos para la semilla, no debe tener ningún nivel excesivo de salinidad y su pH debe ser neutro o ligeramente alcalino.

Hay cuatro funciones principales las que debe cumplir un medio para mantener un buen crecimiento de las plantas (Sergio A., 2002) citado en (Saraguro, 2011).

- Proporcionar anclaje y soporte para la planta.
- Retención de agua de modo que se encuentre disponible para la planta.
- Permitir el intercambio de gases ente las raíces y la atmósfera.
- Servir como depósito de nutrientes para la planta.

Así usando de base a estos principios se procedió a realizar nuestro sustrato que consta de tres de tierra orgánica y de uno de humus de lombriz.

2.6.2.3. Desinfección del sustrato

Para la desinfección de suelo y de sustratos existen diferentes métodos:

2.6.2.3.1. Desinfección del suelo con vapor o aire caliente

El uso de vapor de agua, para la desinfección del suelo y sustratos, los mismos que se logran alcanzando temperaturas que oscilan entre los 65 y 90°C, por un tiempo de proceso que va de 30 a 45 minutos (IDESIA, 2002).

2.6.2.3.2. Desinfección del suelo por tratamiento con agua caliente

Este método fue desarrollado por el centro Nacional de Investigaciones Tsukuba (Japón). Para esto se aplica en el campo agua hervida a 95°C, el tratamiento elimina algunas plagas incluyendo patógenos y malezas, y su efectividad dura hasta tres años (IDESIA, 2002).

2.6.2.3.3. Desinfección del suelo mediante solarización

La solarización es una técnica de desinfección del suelo no contaminante que aprovecha la radiación solar. Su eficacia se puede mejorar mediante la combinación de otros productos (Cebolla, 2014).

2.6.2.4. Siembra en bolsas de polietileno

Cosiste en llenar bolsas con el sustrato presionando con los dedos para el llenado adecuado en la bolsa (Marín, 2012). Se debe eliminar la raíz pivotante de la planta antes de la siembra (Barva, 2011). En algunos viveros se usa esta modalidad para fines comerciales o cuando el lugar de siembra

queda retirado del vivero (FUNSALPRODESE, 2000). Para la siembra se ocupan bolsas de polietileno de 6x8, 8x11, 8x12, o 9x12 pulgadas (Marín, 2012).

2.6.2.5. Colocación de la sombra en el vivero de café

El propósito de la cobertura es de crear condiciones adecuadas de humedad y temperatura y a la vez protegerlo de la acción directa del agua y de cualquier otro agente extraño (Ordoñez, 2013).

El cultivo requiere de sombra temporal, semipermanente y permanente.

El vivero del café ha de contar en su fase inicial con un alto porcentaje de sombra, que poco a poco se va raleando en la medida que se desarrollen las plántulas. Un vivero debe ubicarse en un sitio en la unidad productiva con sombrero natural o la construcción de un cobertizo o en una enramada con materiales disponible en el lugar. Este cobertizo puede quedar de 1,70 m o 1,90 m de alto con el fin de facilitar las labores culturales para el cultivo (Saritama, 2013).

La influencia de la sombra en la reducción de la temperatura se da al interceptar la energía radiante que incide sobre las plantas, calentando sus tejidos y reduciendo la fotosíntesis neta durante el día. También influye en la reducción de la temperatura nocturna del cafetal, esto ocurre al reducir la energía radiante directa sobre el suelo, impidiendo su absorción que luego sería liberada, en forma de calor, elevando la temperatura nocturna,

aumentando la tasa de respiración del cultivo y reduciendo el índice asimilación/respiración (Oirsa, 2001).

2.6.2.5.1. Sombra temporal o provisional

Es aquella que se utiliza para proteger al café de los rayos directos del sol. Se usa para proteger a la plantación de café durante el primer año de establecimiento (ANACAFÉ, 2007).

2.6.2.5.2. Sombra semipermanente o intermedia

Está constituida por plantas que abrigan al café hasta que la sombra definitiva logre proteger adecuadamente el cafetal (La Lima y Cortés, 2004). Brindan sombra a las plantas café durante los primeros cuatro años de establecido una plantación de café (ANACAFÉ, 2007).

2.6.2.5.3. Sombra Permanente

Que por el hábito de crecimiento y longevidad, conviven con los cafetales, proporcionándoles sombra durante todo el ciclo productivo (ANECAFÉ, 2007).

2.6.2.6. Riego

Esto debe aplicarse usando una regadera cuantas veces sea necesario con el propósito de mantener el suelo húmedo. Sin permitir secamiento ni encharcamiento. Lo recomendable es realizar tres riegos por semana, dependiendo de las condiciones ambientales (Sotomayor, 1988).

2.6.2.7. Control de malezas en bolsas

Este control se lo debe realizar manualmente con el propósito de evitar así la competencia de las malezas con las plántulas ya sea por espacio, luz y nutrientes (Sotomayor, 1988).

2.6.2.8. Control fitosanitario

Para este momento hay que tomar muy en cuenta el nivel de infestación que se presenta y de los niveles apreciables de daños presentados para la toma de decisiones para su control.

2.6.2.9. Temperatura

El café se desarrolla y produce mejor cuando su ambiente tiene temperaturas promedio de 23°C durante el día y de 17°C durante la noche (OIRSA, 2005).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La investigación se llevó a cabo en dos localidades: La primera se la realizó en el cantón Chaguarpamba y la réplica se la desarrolló en el cantón Yantzaza.

El cantón Chaguarpamba se encuentra en la parte noroccidental de la provincia de Loja, en las coordenadas 03°32' Sur y 79°42' Oeste y a una altitud promedio de 1140 msnm. Según la clasificación de Koppen tiene un clima tropical monzón. 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 (Cañadas, L., 1983). Dentro de este territorio, el sitio específico de instalación del vivero se encuentra ubicado en “Lozumbe” a 760 msnm con una temperatura promedio de 22°C.

Yantzaza es un cantón le corresponde un clima mesotérmico húmedo, la temperatura oscila entre los 17 y 28°C con una media de temperatura de 23°C (SUNMAP, EU., 2011), en cuanto a la humedad relativa es alta y alcanza hasta 92%, las precipitaciones anuales están en promedio en los 2000 mm anuales (Gobierno Autónomo Descentralizado de Zamora Chinchipe, 2011). El sitio específico de instalación del vivero se encuentra ubicado en el barrio “Muchime” a 800 msnm con una temperatura promedio de 25°C.

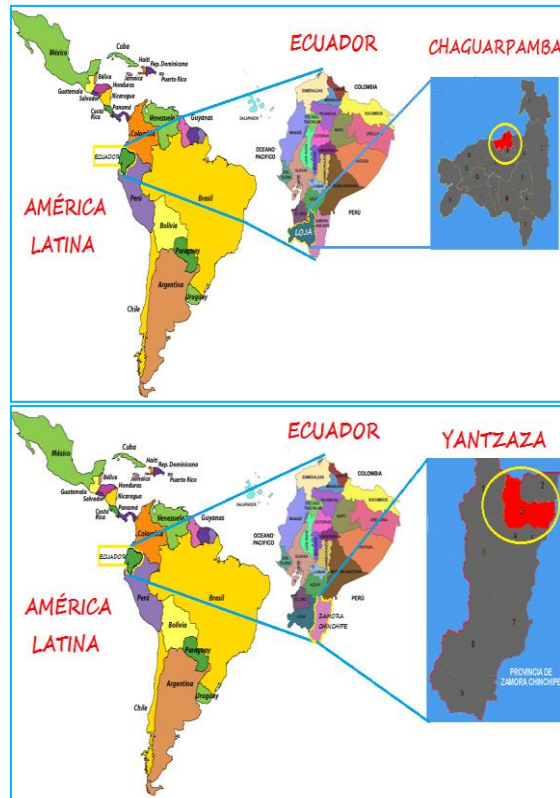


Figura 1. Localización del Cantón Chaguarpamba en la provincia de Loja - Ecuador y del Cantón Yantzaza en la provincia de Zamora Chinchipe – Ecuador.

3.2. MATERIALES

3.2.1. Materiales de Campo

Se utilizó semillas de café var. caturra, sustrato, fundas de polietileno de 15x20 cm, polisombra (sarán) de color negro con regulación de 80, 50, y 30% de sombra, madera para construcción de umbráculos, 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

Se utilizó computadora, material bibliográfico, microscopio, estufa, disecador, balanza de precisión, porta y cubre objetos, esmalte transparente, fundas de papel.

3.3. METODOLOGÍA GENERAL

3.3.1. Selección de la Semilla

En el experimento se utilizó semilla de café variedad caturra, certificada por el CONSEJO CAFETALERO NACIONAL - COFENAC, a la cual se le realizó la prueba de viabilidad para tener una estimación del porcentaje de germinación de la semilla y el tiempo de emergencia de la misma.

3.3.2. Preparación del Sustrato

El sustrato que se utilizó para el llenado de las fundas, consistió en mezclar tierra agrícola fina con humus en la relación 3:1 respectivamente. Lo que permitió obtener un sustrato con características físicas y químicas ideales para el desarrollo de la plántula (ver Apéndice 1). La cantidad utilizada de sustrato para cada funda fue de 16 cm³ aproximadamente.

3.3.3. Siembra de la Semilla en Almacigo

Se realizó la siembra en el almacigo, colocando la semilla con la parte plana hacia abajo y a una profundidad de 1,5 cm; posteriormente se la cubrió y se esperó hasta que esta emerja.

La siembra para cada sitio de ensayo se la realizó en tres épocas de siembra diferentes con un intervalo de 20 a 25 días. Para el ensayo de

Chaguarpamba las épocas de siembra corresponden a las siguientes fechas: 08 de julio, 28 de julio y 18 de agosto; para el ensayo de Yantzaza las épocas de siembra fueron en los meses de: 15 de mayo, 04 de junio y 24 de junio, debido a que en las fechas mencionadas se registraron temperaturas elevadas.

3.3.4. Trasplante

El trasplante de las plántulas de café se lo realizó cuando estas estaban en estado de chapola o presentaron el primer par de hojas verdaderas (120 días aproximadamente). Cada plántula se la colocó en fundas plásticas de polietileno 6 x 8" las cuales previamente se las llenó con sustrato.

3.3.5. Construcción del Vivero

Para la construcción del vivero primeramente se seleccionó el terreno para luego ubicar el ensayo tomando en cuenta la trayectoria del sol, así mismo se limpió, niveló y delimitó el terreno con las siguientes medidas y distribución espacial:

Área del terreno: 30 m²

Ancho del terreno 5 m

Largo del terreno: 6 m

Ancho de caminos: 0,50 m

Ancho de la unidad experimental: 1m

Para los niveles de sombra del 80, 50 y 30% se realizó de la siguiente manera:

Se colocó postes de madera a una altura de 1,20 m, los cuales en la parte superior se templó el alambre galvanizado para posteriormente ubicar el respectivo nivel de la polisombra, de tal manera que su cobertura permita el efecto de la sombra durante todo el día.

En cada unidad experimental se colocó 160 plántulas, con un total de 640 plántulas por cada época de siembra y un total de 1920 plántulas para todo el experimento.

3.3.6. Regulación de la Sombra

Se realizaron tres regulaciones, cada una disminuida aproximadamente un tercio de cada nivel de sombra, de tal forma que en el último mes anterior al trasplante a condiciones de campo, todos los tratamientos quedaron a plena exposición solar. La regulación se inició al mismo tiempo para todos los tratamientos, al momento en que las plantas de la última siembra tuvieron tres pares de hojas.

Para la caracterización climática de la zona de Chaguarpamba, se estableció la gradiente térmica en relación con la estación de Zaruma. Para la caracterización climática de la zona de Yantzaza, se recopiló información de la estación meteorológica de El Padmi.

3.3.7. Labores Culturales

Las labores culturales que no fueron motivo de investigación, se las aplicó a todos los tratamientos por igual, siguiendo las instrucciones técnicas establecidas por el COFENAC.

3.3.8. Variables evaluadas

La toma de datos se realizó desde que las plantas presentaron el primer par de hojas completamente formado, momento en el cual, las plántulas estuvieron listas para ser trasplantadas.

Se evaluaron las siguientes variables, tomando los datos en un rango de 20 a 25 días aproximadamente, aplicando técnicas morfométricas y herramientas de campo y de laboratorio, las mismas se las indica a continuación:

- **Altura de la planta:** Se realizó la medición desde el cuello de la planta hasta el ápice, el dato se lo expresó en cm.
- **Diámetro del tallo:** Utilizando el calibrador, se realizó la medida a 1 cm de altura del cuello de la planta y el dato se lo expresó en mm.
- **Longitud de las raíces:** Se midió desde el cuello de la planta hasta la cofia, cuyo dato se lo expresó en cm.
- **Volumen radical:** Se lo determinó mediante el desplazamiento de líquido en un recipiente milimetrado y el dato se lo expresó en cm³.
- **Número de pares de hojas:** Para la toma de este dato se consideró que las hojas estén formadas cuando tengan al menos 5 cm² de superficie foliar (Soto, 1994).
- **Área Foliar:** Se lo estimó utilizando las medidas lineales de las hojas y se las expresó en cm² (Soto, 1977). La fórmula aplicada fue la siguiente:

$$AF = ((0,64 * (L \times A) + 0,49) * 2)$$

- Peso seco de hojas, tallo y raíces: Se separaron las muestras de cada órgano de la planta con su respectiva etiqueta, para luego ingresarlas a la estufa a temperatura de 75°C por un lapso de 72 horas, posterior a ello se pesó cada muestra y el dato se lo expresó en miligramos y gramos.
- Masa seca total: Se lo determinó mediante la suma de los pesos de los órganos de la planta y el dato se lo expresó en gramos.

En cada regulación de la luz, se evaluaron las siguientes variables:

- Densidad estomática: Se estableció mediante la técnica de la impronta; sus resultados se expresaron en número de estomas por centímetro cuadrado.
- Apertura de estomas: Se lo determinó mediante la técnica de la impronta y los datos se los expresó en micras.
- Clorofila: Se determinó mediante la técnica de Vernon (ver Apéndice 2) y sus resultados se expresaron en mg cm^{-2} .
- Contenido relativo de agua: Se determinó mediante la técnica de Turner (ver Apéndice 3) y se expresó en porcentaje.

Al final de la etapa de vivero, además de los indicadores anteriores, se evaluó la siguiente variable:

- **Distribución de raíces:** Este indicador se lo evaluó dividiendo la raíz en tres partes: superior, media e inferior; se calculó el volumen de raíces de cada parte expresando el dato en centímetros cúbicos y en porcentaje, posteriormente se estableció el peso seco de cada parte.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para esta investigación se utilizó el diseño de muestreo completamente al azar, cuya distribución espacial se muestra en la figura 2; en la cual las franjas horizontales corresponden a las épocas de siembra y las franjas verticales a los niveles de sombra. En el cuadro 4 se indica la descripción de los tratamientos con su respectivo nivel de sombra y época de siembra.

De cada unidad experimental se seleccionó 5 plántulas que corresponden a las repeticiones, para discriminar las medias se utilizará la prueba t-student a un nivel de significancia del 5%.

El número total por unidad experimental fue de 160 plántulas, estableciendo en cada época 640 plántulas, dando un total de 1920 plántulas para todo el diseño.

El diseño experimental se lo estableció en Chaguarpamba y se lo replicó en Yantzaza.

Se realizó el análisis de varianza en cada uno de los tratamientos utilizando el Software Statgraphics (ver Apéndice 4).

3.4.1. Factores de Estudio

➤ **Factor A: Niveles de Sombra**

S1= Sombra 80% (luz 20%)

S2= Sombra 50% (luz 50%)

S3= Sombra 30% (luz 70%)

S4= Sombra 0% (luz 100%)

➤ **Factor B: Épocas de Siembra**

E1= Primera época de siembra

E2= Segunda época de siembra

E3= Tercera época de siembra

3.4.2. Descripción de los Tratamientos

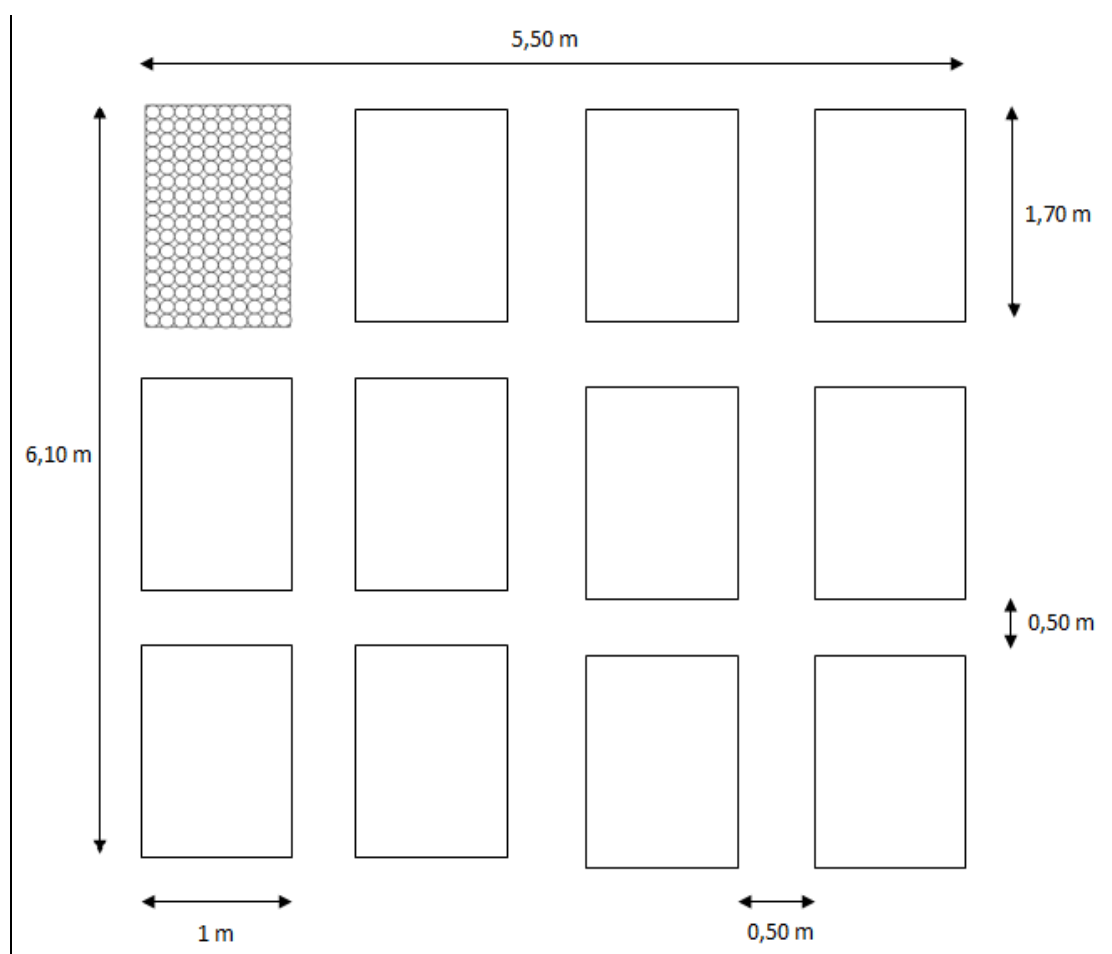
Cuadro 4. Descripción de los tratamientos referente a los niveles de sombra y las épocas de siembra.

N°	TRATAMIENTO	CODIGO
	ÉPOCA 1	
1	Luz directa + Primera época de siembra	S1E1
2	Umbráculo con sarán 30% + Primera época de siembra	S2E1
3	Umbráculo con sarán 50% + Primera época de siembra	S3E1
4	Umbráculo con sarán 80% + Primera época de siembra	S4E1
	ÉPOCA 2	
5	Luz directa + Segunda época de siembra	S1E2
6	Umbráculo con sarán 30% + Segunda época de siembra	S2E2
7	Umbráculo con sarán 50% + Segunda época de siembra	S3E2
8	Umbráculo con sarán 80% + Segunda época de siembra	S4E2
	ÉPOCA 3	
9	Luz directa + Tercera época de siembra	S1E3
10	Umbráculo con sarán 30% + Tercera época de siembra	S2E3
11	Umbráculo con sarán 50% + Tercera época de siembra	S3E3
12	Umbráculo con sarán 80% + Tercera época de siembra	S4E3

	S1	S2	S3	S4
ÉPOCA 1	s1e1	s2e1	s3e1	s4e1
ÉPOCA 2	s1e2	s2e2	s3e2	s4e2
ÉPOCA 3	s1e3	s2e3	s3e3	s4e3

Figura 2. Distribución espacial de los niveles de sombra y las épocas de siembra.

3.4.3. Croquis del Diseño Experimental



UNIDAD EXPERIMENTAL

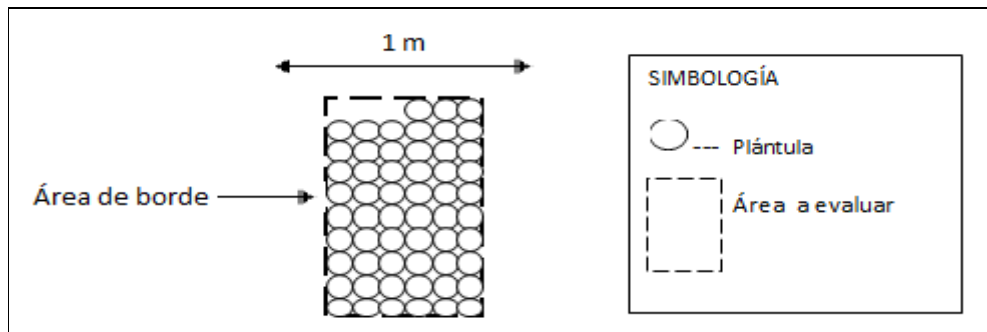


Figura 3. Diseño experimental del ensayo.

3.4.4. Hipótesis Estadística

Ho: El efecto de la temperatura en cada época de siembra es estadísticamente igual al nivel de significancia de 5%.

H1: El efecto de la temperatura en cada época de siembra no es estadísticamente igual al nivel de significancia de 5%.

3.5. METODOLOGÍA PARA EL PRIMER OBJETIVO

“Evaluar el comportamiento morfológico de las plántulas de café sembradas en tres fechas y en dos sitios climáticamente distintos”

3.5.1. Colocación de Postes para Niveles de Sombra

Para el cumplimiento de este objetivo se utilizó postes de madera, como estructura de soporte a una altura de 1,20 m y se utilizó como cubierta, material de polisombra (sarán) con tres niveles de sombra al 80, 50 y 30%.

3.5.2. Colocación de Polisombra

Para el primer umbráculo se colocó el sarán con un porcentaje de sombra del 30%; el segundo umbráculo se lo realizó con el sarán con un porcentaje

del 50%, el tercer umbráculo se colocó el sarán con un porcentaje del 80% y el cuarto nivel se lo realizó con luz directa; es decir sin sombra. Se realizaron tres regulaciones, a cada una se le disminuyó aproximadamente un tercio de cada variante de iluminación, de tal forma que en el último mes anterior al trasplante a condiciones de campo, todos los tratamientos estén a plena exposición solar. La regulación se inició en el mismo tiempo para todos los tratamientos, al momento en que las plantas de la última siembra tuvieron tres pares de hojas.

El objetivo se cumplió sobre la base de los resultados de evaluar las variables de crecimiento determinadas en la metodología general.

3.5.3. Datos de Campo

Se evaluó las siguientes variables, tomando los datos en un rango de 20 a 25 días aproximadamente, aplicando técnicas y herramientas de campo y laboratorio, las mismas se las indica a continuación:

- Altura de la planta
- Diámetro del tallo
- Largo y ancho de las hojas (área foliar)
- Datos en laboratorio (peso seco de hojas, tallo y raíces; densidad y apertura estomática, volumen radical, clorofila, contenido relativo de agua).

3.6. METODOLOGÍA PARA EL SEGUNDO OBJETIVO

“Analizar el comportamiento fisiológico de las plántulas de cafeto en función de la incidencia de la temperatura”.

Se realizó un análisis de crecimiento en función de los indicadores morfológicos y se determinó:

- La Dinámica de Crecimiento, es la parte de la física que describe la evolución en el tiempo de un sistema físico en relación a las causas que provocan los cambios de estado físico y/o estado de movimiento.

La Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC), se la realiza tomando la diferencia de peso entre el momento inicial y final, es decir es el aumento de peso de cualquier momento de la curva sigmoidea de crecimiento que está dado por el aumento (dw) en gramos durante un período infinitamente pequeño (dt) (Barrera J.; Suárez D.; Melgarejo L., 2012) citan a (Gardner *et al.*, 2003). Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{TAC} = (\text{MSf} - \text{MSi}) / (\text{Tf} - \text{Ti}), \text{ unidades: g} \cdot \text{d}^{-1}$$

Dónde:

MSf, masa seca final de la planta (g)

MSi, masa seca inicial de la planta (g)

Tf, tiempo final (d)

Ti, tiempo inicial (d)

- El área foliar específica (AFE), es el índice morfológico que describe una proporción-follaje entre el potencial fotosintético y el respiratorio, relación entre el área foliar total y la masa seca total por planta (Barrera J.;

Suárez D.; Melgarejo L., 2012) citan a (Hunt *et al.*, 2002). Se la obtuvo con la siguiente fórmula:

$$AFE = \frac{\frac{AF2}{W2} + \frac{AF1}{W1}}{2}, \text{ unidades: } cm^2 \cdot g^{-1}$$

Para el cumplimiento de este objetivo, se tomaron los datos de temperatura diaria: máxima y mínima de la localidad de Yantzaza y de Chaguarpamba.

3.7. METODOLOGÍA PARA EL TERCER OBJETIVO

“Difundir los resultados a agricultores, profesionales, estudiantes e interesados en la producción del cultivo de café”.

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó un día de campo en la localidad de Yantzaza con la presencia de caficultores y ciudadanía en general, en donde se les entregó una cartilla con los respectivos resultados de la investigación (ver Apéndice 5).

4. RESULTADOS

4.1. COMPORTAMIENTO MORFOLÓGICO

4.1.1. Localidad de Chaguarpamba

4.1.1.1. Altura de la planta

Como se aprecia en el cuadro 5, en el análisis de varianza se encontraron niveles de significancia al 5% para los datos de la altura de la planta de café. En la primera y segunda época de siembra existe diferencia significativa entre los tratamientos del 80 y 0% del nivel de sombra, contrario a esto en la tercera época de siembra no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la altura de las plantas de *Coffea arabica* V. caturra al final de la evaluación de las tres épocas de siembra en Chaguarpamba, 2014.

S	1 Época		2 Época		3 Época	
	x	л	x	л	x	л
80	38.08	a	29.02	a	20.18	a
50	36.14	ab	26.24	ab	19.72	a
30	33.48	b	24.26	bc	19.66	a
0	32.12	b	22.74	c	19.56	a
ES	1.39		1.10		0.39	
CV	8.87		9.70		4.37	

Al analizar la variable altura de la planta, en la figura 4 se refleja la relación entre los niveles de sombra y las épocas de siembra, demostrando la variabilidad entre los tratamientos, cuyos mejores resultados en altura de planta se presentaron en el 80 y 50% del nivel de sombra para cada una de las épocas de siembra, en comparación a las plántulas de los niveles de sombra del 30 y 0% las mismas que obtuvieron niveles menores de altura de planta. Los valores más sobresalientes fueron en la primera época de

siembra con el tratamiento **S80E1** con una media de 38,08 cm, seguido del tratamiento **S50E1** con una media de 36,14; referente a la segunda época los mejores tratamientos fueron **S80E2** y **S50E2** con 29,02 y 26,24 cm respectivamente; Para la tercera época de siembra los tratamientos que acumularon mayor altura fueron **S80E3** y **S50E3** con 20,18 y 19,72 cm. Los tratamientos que menor altura registraron fueron los de plena exposición solar **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**.

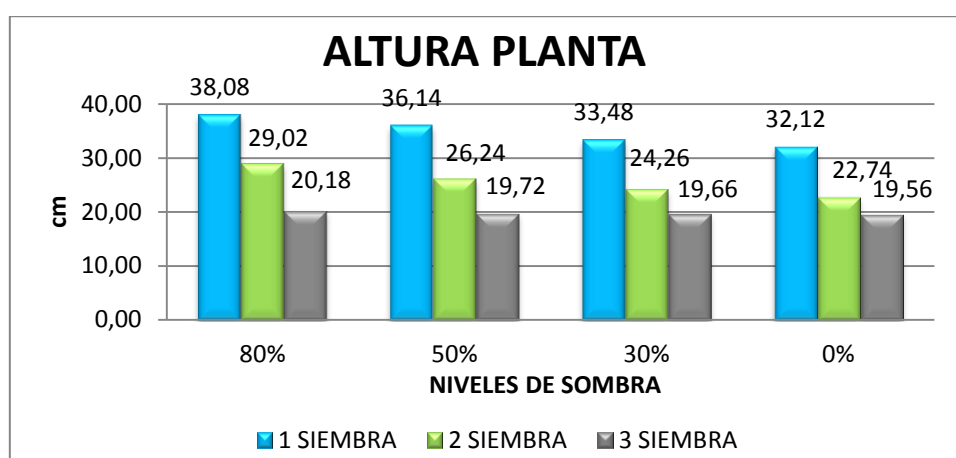


Figura 4. Promedio de la altura de las plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación, Chaguarpamba, 2014.

La dinámica de crecimiento en la altura de las plántulas de café de las tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra indicados en la figura 5, fue sigmoïdal, registrando más altura en los tratamientos **S80E1**, **S80E2** y **S80E3** a los 178, 160 y 139 días después de la emergencia (DDE) respectivamente, diferenciándose significativamente de los tratamientos **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**, mismos que presentaron plántulas de menor altura durante los DDE.

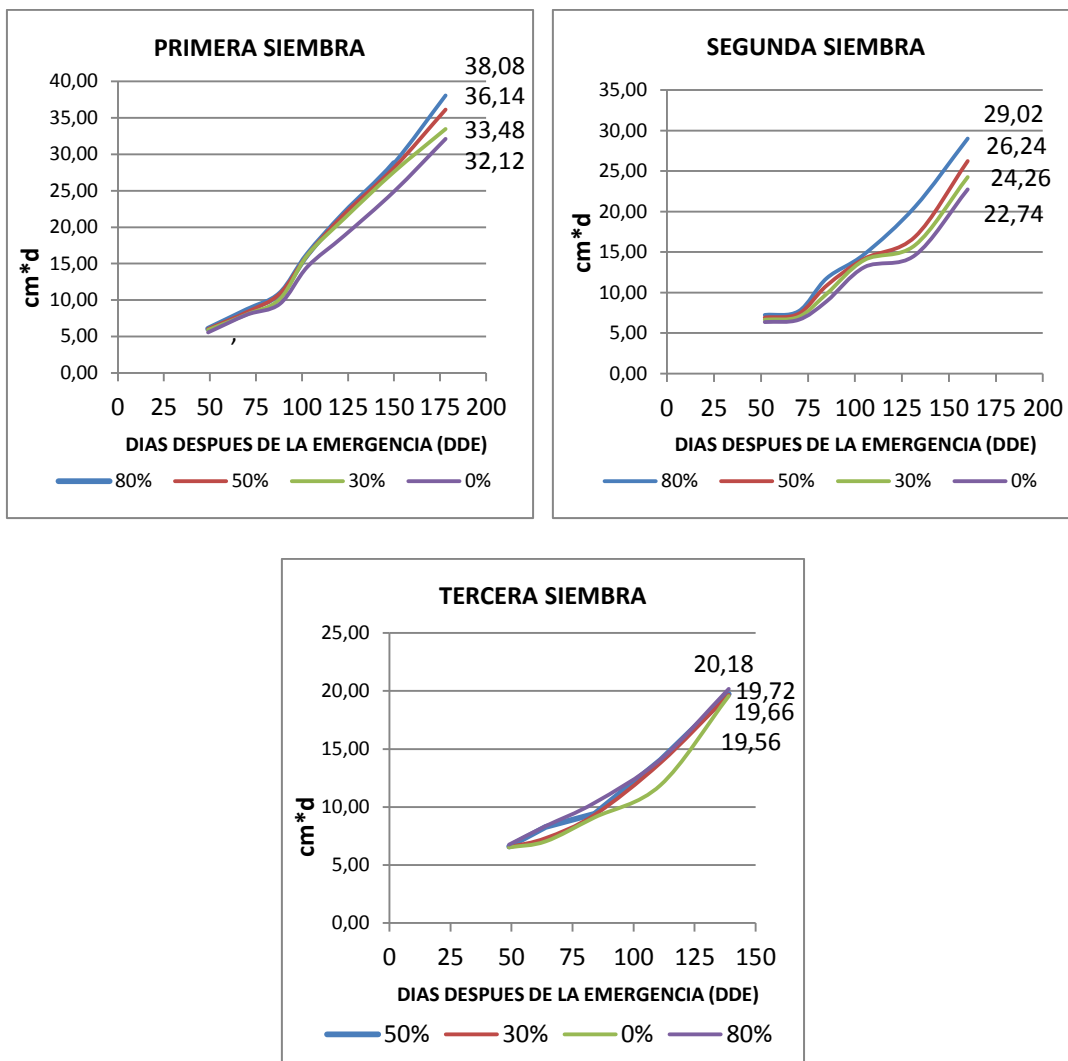


Figura 5. Dinámica de crecimiento de la altura de plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los días después de la emergencia, Chaguarpamba, 2014.

4.1.1.2. Volumen radical

Cuadro 6. Volumen radical de *Coffea arabica* V. caturra al final de la evaluación en Chaguarpamba, 2014.

EPOCA DE SIEMBRA	TRATAMIENTOS			
	80%	50%	30%	0%
1 SIEMBRA	3,18	2,94	2,90	2,48
2 SIEMBRA	2,78	2,46	2,22	2,06
3 SIEMBRA	1,60	1,26	1,18	1,16

En la Figura 6 se observa los valores obtenidos en el cálculo del volumen radical realizado en plántulas de café para las tres épocas de siembra y distintos niveles de sombra, destacándose los niveles de sombra del 80 y 50% que obtuvieron mayor volumen radical en comparación a los niveles de sombra del 30 y 0% mismos que consiguieron menor volumen radical. El tratamiento que más volumen radical acumuló fue **S80E1** el cual obtuvo 3,18 cm³; en la segunda época de siembra el **S80E2** registró un volumen radical de 2,78 cm³ y en la tercera época el tratamiento que más volumen radical acumuló fue **S80E3** con 1,60 cm³. Los tratamientos que menor volumen radical registraron fueron el **S0E1**, **S0E2** y **S0E3** con valores de 2,48; 2,06 y 1,16 cm³ respectivamente.

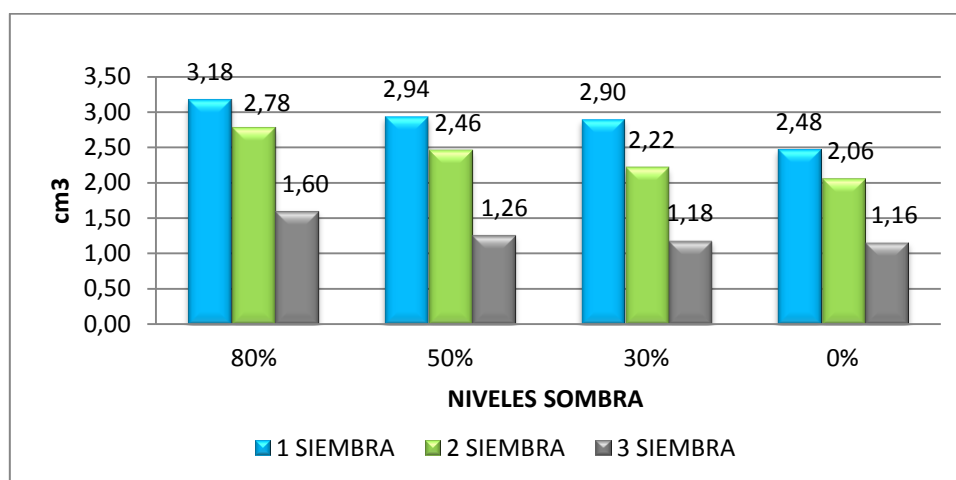


Figura 6. Volumen radical obtenido en las tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra en plantas de *Coffea arabica* V. caturra al final de la evaluación, Chaguarpamba, 2014.

4.1.1.3. Área foliar

Como se aprecia en el Cuadro 7, en el análisis de varianza se encontró niveles de significancia al 5% para los datos del área foliar de la planta de

cafeto. En la primera y segunda época de siembra existe diferencia significativa entre los tratamientos del 80 y 0% del nivel de sombra, contrario a esto en la tercera época de siembra no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 7. Análisis de varianza del área foliar de las plantas de *Coffea arabica* V. caturra al final de la evaluación en Chaguarpamba, 2014.

S	1 Época		2 Época		3 Época	
	x	л	x	л	x	л
80	730.81	a	569.13	a	367.79	a
50	674.45	ab	556.20	a	355.23	a
30	631.26	bc	403.06	b	346.22	a
0	578.22	c	400.92	b	337.60	a
ES	31.81		34.06		16.60	
CV	10.88		15		10.55	

En cuanto al crecimiento del área foliar, en la figura 7 se indica la interacción entre los niveles de sombra y las épocas de siembra, esto nos demuestra que hay gran variabilidad entre los tratamientos, evidenciándose los mejores resultados en los niveles de sombra del 80 y 50% en cada época de siembra, en comparación a las plántulas de los niveles del 30 y 0% las cuales presentaron menor acumulación de área foliar. Los valores más sobresalientes fueron para la primera época de siembra el tratamiento **S80E1** con una media de 730,81 cm², seguido del tratamiento **S50E1** con una media de 569,13 cm²; referente a la segunda siembra los mejores tratamientos fueron **S80E2** y **S50E2** con 569,13 y 556,20 cm² respectivamente; Para la tercera época de siembra los resultados que acumularon mayor área foliar fueron **S80E3** y **S50E3** con 367,79 y 355,23

cm². Los tratamientos que menor área foliar acumularon fueron el **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**.

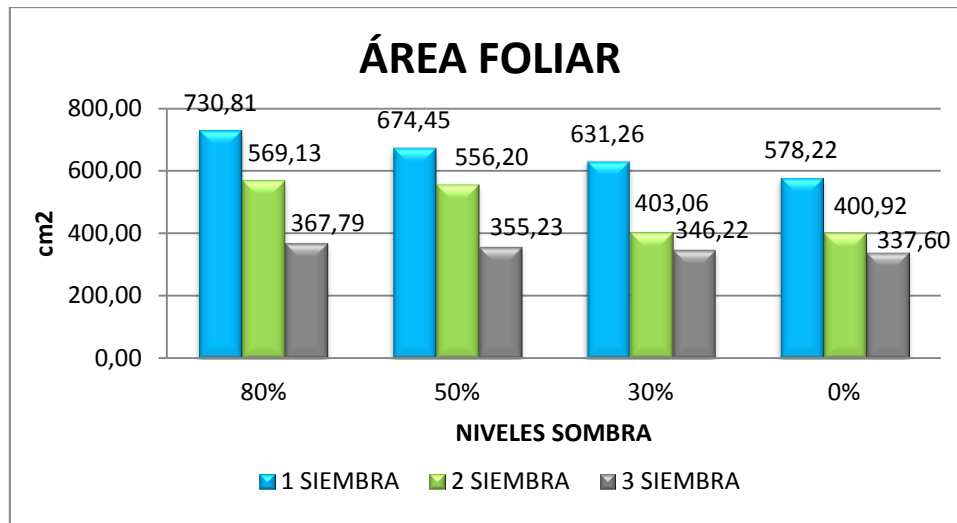


Figura 7. Media del área foliar de las plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación, Chaguarpamba, 2014.

La dinámica de crecimiento del área foliar de las tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra indicados en la figura 8, fue sigmoïdal, acumulando más área foliar en los tratamientos **S80E1**, **S80E2** y **S80E3** a los 178, 160 y 139 días después de la emergencia (DDE) respectivamente, diferenciándose significativamente de los tratamientos **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**, mismos que acumularon menor área foliar durante los DDE.

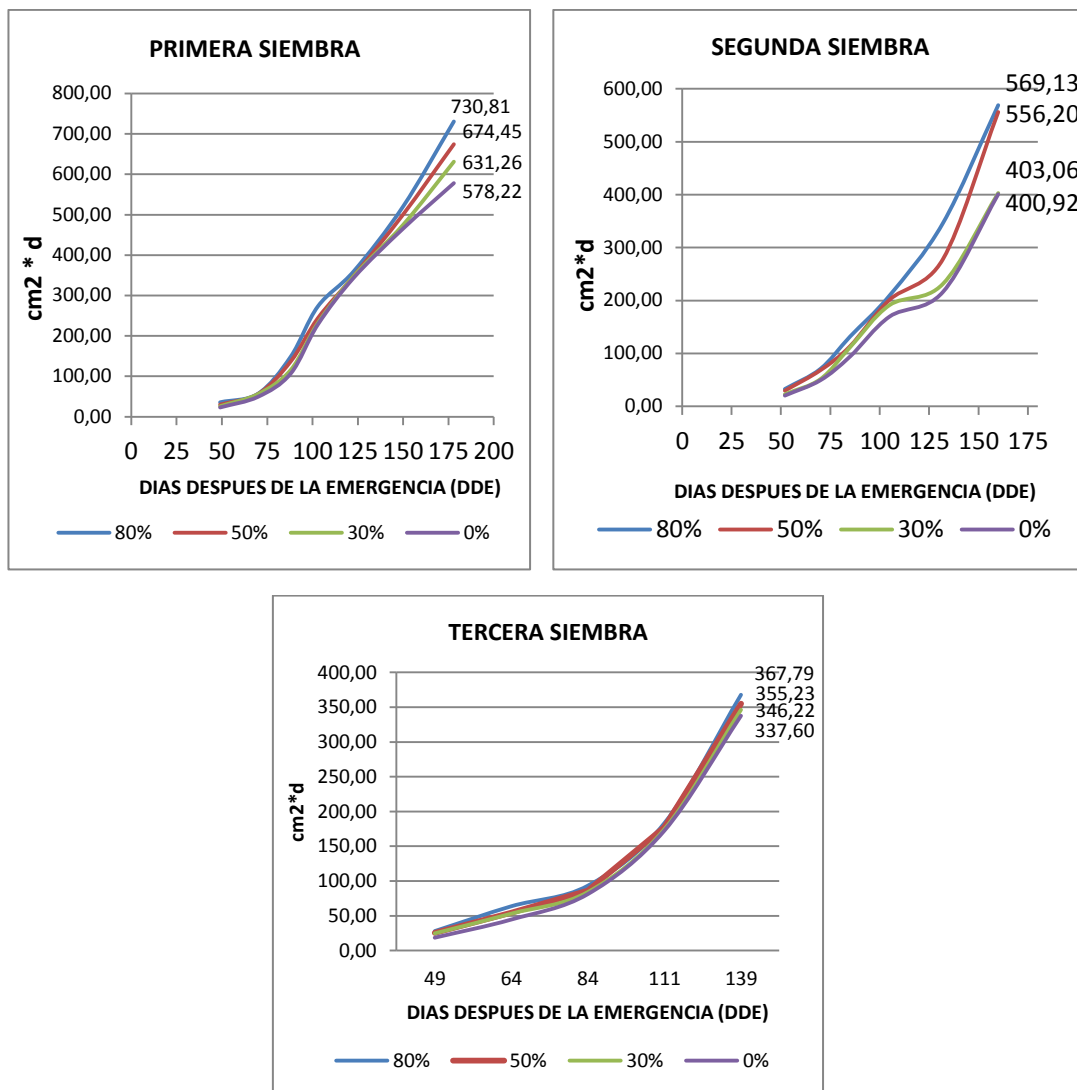


Figura 8. Dinámica de crecimiento del área foliar de plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los días después de la emergencia, Chaguarpamba, 2014.

4.1.1.4. Peso seco total

Como se aprecia en el Cuadro 8, en el análisis de varianza realizado para la variable peso seco total en plántulas de café, se encontró niveles de significancia al 5%; en la primera y segunda época de siembra existe diferencia significativa entre los tratamientos, sobre todo en los tratamientos

S80E1 con **S0E1** y, **S80E2** con **S0E1**. Por otra parte en la tercera época de siembra no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el peso seco total de la planta de *Coffea arabica* V. caturra al final de la evaluación en Chaguarpamba, 2014.

S	1 Época		2 Época		3 Época	
	x	л	x	л	x	л
80	9.001	a	7.000	a	4.503	a
50	8.212	ab	6.204	a	4.404	a
30	7.319	bc	4.671	b	4.062	a
0	6.879	c	4.356	b	3.876	a
ES	0.338		0.291		0.221	
CV	9.62		11.72		11.74	

Con respecto al peso total de las plántulas de café, en la figura 9 se indica los valores obtenidos entre los niveles de sombra y las épocas de siembra, en el mismo se observa la variabilidad que existe entre los tratamientos, evidenciándose los mejores resultados en los niveles de sombra del 80 y 50% en cada época de siembra, en comparación a las plántulas con niveles del 30 y 0% las cuales presentaron menor acumulación del peso seco total. Los valores más relevantes se obtuvieron en la primera época de siembra con el tratamiento **S80E1** con una media de 9,001 g, seguido del tratamiento **S50E1** con una media de 8,212 g; en la segunda época los mejores tratamientos fueron **S80E2** y **S50E2** con 7,000 g y 6,204 g respectivamente; en la tercera época de siembra los tratamientos que acumularon mayor peso seco total fueron **S80E3** y **S50E3** con 4,503 g y 4,404 g. Contrario a esto los tratamientos que menor peso seco total acumularon fueron el **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**.

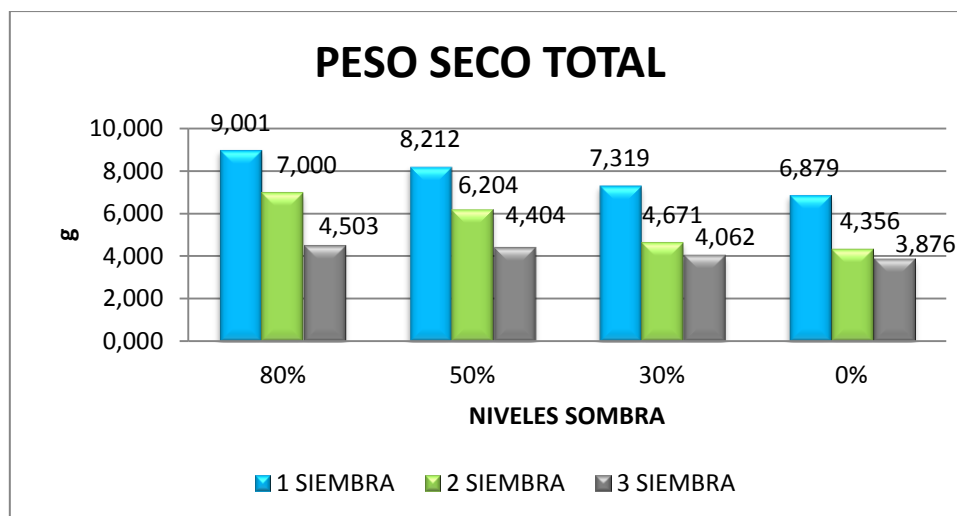


Figura 9. Promedio del peso seco total de las plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación, Chaguarpamba, 2014.

La dinámica de crecimiento del peso seco total de plántulas en las tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra indicados en la figura 10, fue sigmoïdal, acumulando más peso seco total en los tratamientos **S80E1**, **S80E2** y **S80E3** a los 178, 160 y 139 días después de la emergencia (DDE) respectivamente, diferenciándose significativamente de los tratamientos **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**, mismos que acumularon menor peso seco total durante los DDE.

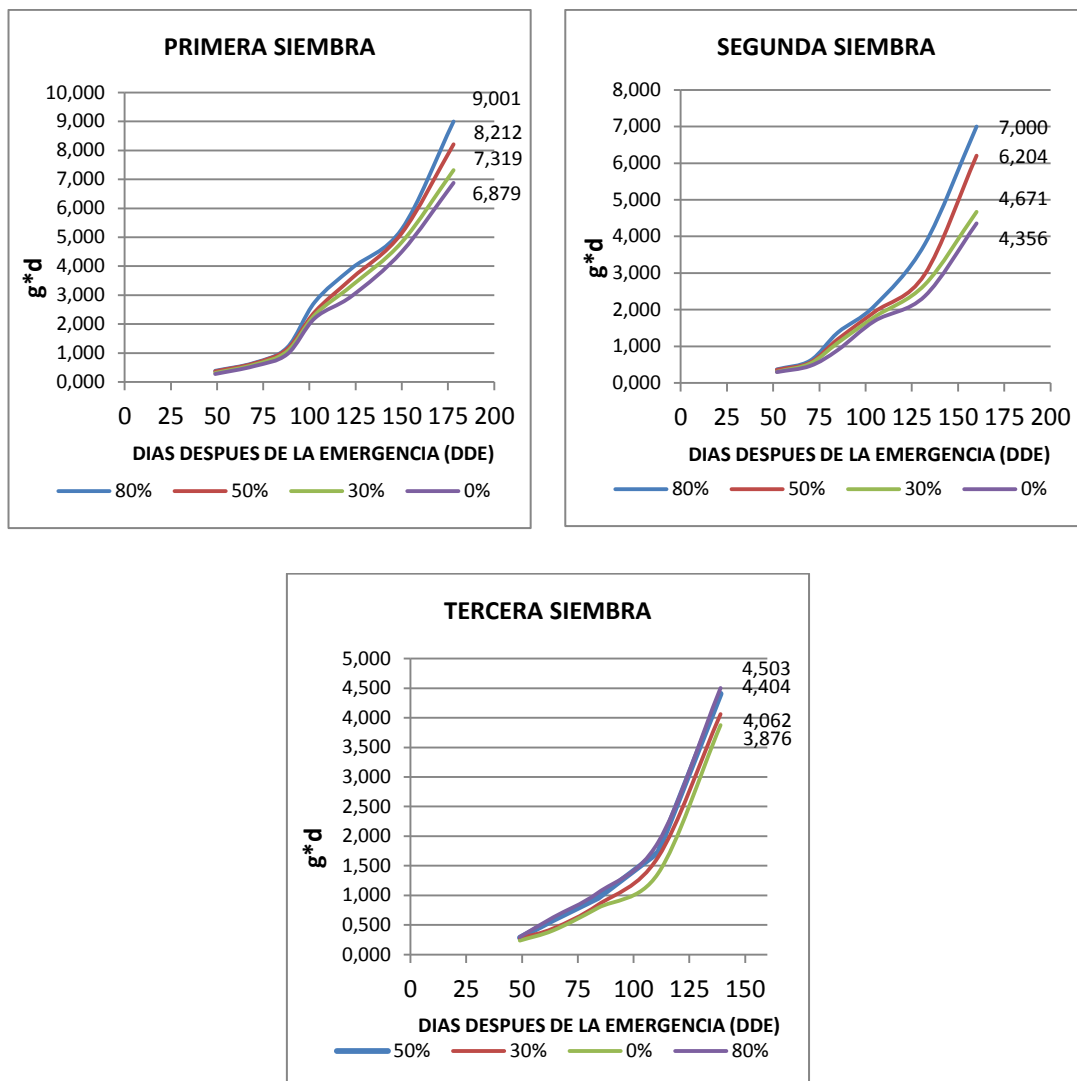


Figura 10. Dinámica de crecimiento del peso seco total de plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los días después de la emergencia, Chaguarpamba, 2014.

4.1.2. Localidad de Yantzaza

4.1.2.1. Altura de la planta

En el Cuadro 9, se muestra el análisis de varianza, en el cual se encontró niveles de significancia al 5% para los datos de la altura de la planta de café. En las tres épocas de siembra existe diferencia significativa entre los tratamientos sobretodo el nivel del 80 con el 0% del nivel de sombra. Los

tratamientos que registraron los mejores resultados fueron **S80E1**, **S80E2** y **S80E3** con alturas medias de 31,16; 17,14 y 13,90 cm respectivamente, contrastando así con los tratamientos **S0E1**, **S0E2** y **S0E3** que alcanzaron menores alturas de 23,50; 9,88 y 8,12 cm correspondientes a los tratamientos antes mencionados.

Cuadro 9. Análisis de varianza para altura de planta de *Coffea arabica* V. caturra al final de la evaluación en Yantzaza, 2014.

S	1 Época		2 Época		3 Época	
	x	л	x	л	x	л
80	31.16	a	17.14	a	13.90	a
50	31.07	a	17.06	a	13.14	a
30	27.22	b	15.12	b	12.74	a
0	23.50	c	9.88	c	8.12	b
ES	0.95		0.47		0.42	
CV	7.51		7.10		7.80	

Al realizar el análisis de varianza para la variable altura de la planta como se indica en la figura 11, se refleja la relación existente entre los niveles de sombra y las épocas de siembra, demostrando la diferencia significativa entre los tratamientos, cuyos mejores resultados en altura de planta se presentaron en los niveles de sombra del 80 y 50% para cada una de las épocas de siembra, en comparación a las plántulas de los niveles del 30 y 0% las mismas que obtuvieron niveles menores de altura de planta. Los valores más destacados fueron en la primera época de siembra con el tratamiento **S80E1** con una media de 31,16 cm, seguido del tratamiento **S50E1** con una media de 31,07; referente a la segunda época los mejores tratamientos fueron **S80E2** y **S50E2** con 17,14 y 17,06 cm respectivamente; Para la tercera época de siembra los tratamientos que mayor altura tuvieron

fueron **S80E3** y **S50E3** con 14,22 y 13,14 cm. Los tratamientos que menor altura registraron fueron el **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**.

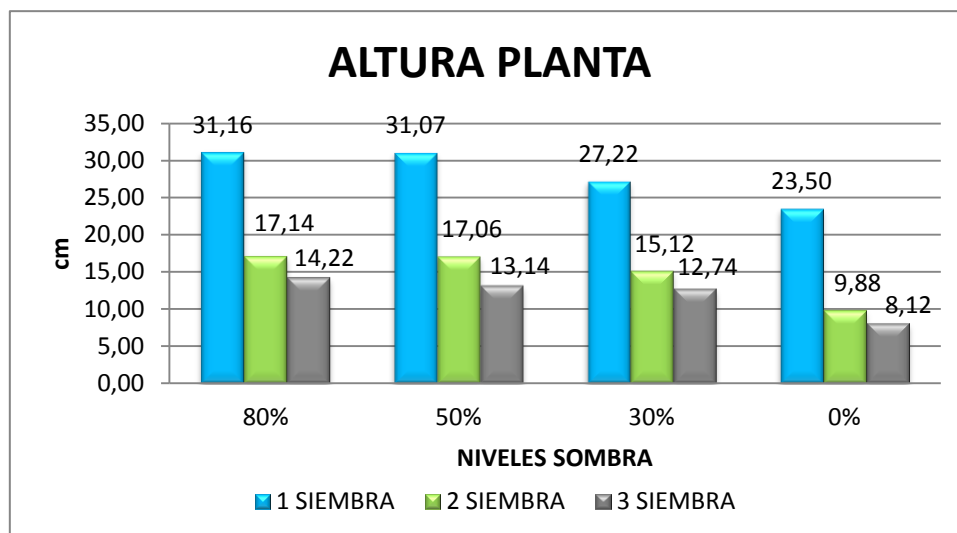


Figura 11. Promedio de altura de las plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación, Yantzaza, 2014.

La dinámica de crecimiento de altura de plántulas de café de las tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra indicados en la figura 12, fue sigmoïdal, registrando más altura en los tratamientos **S80E1**, **S80E2** y **S80E3** a los 178, 161 y 140 días después de la emergencia (DDE) respectivamente, diferenciándose significativamente de los tratamientos a plena exposición solar **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**, mismos que en su desarrollo registraron una menor altura de planta durante los DDE.

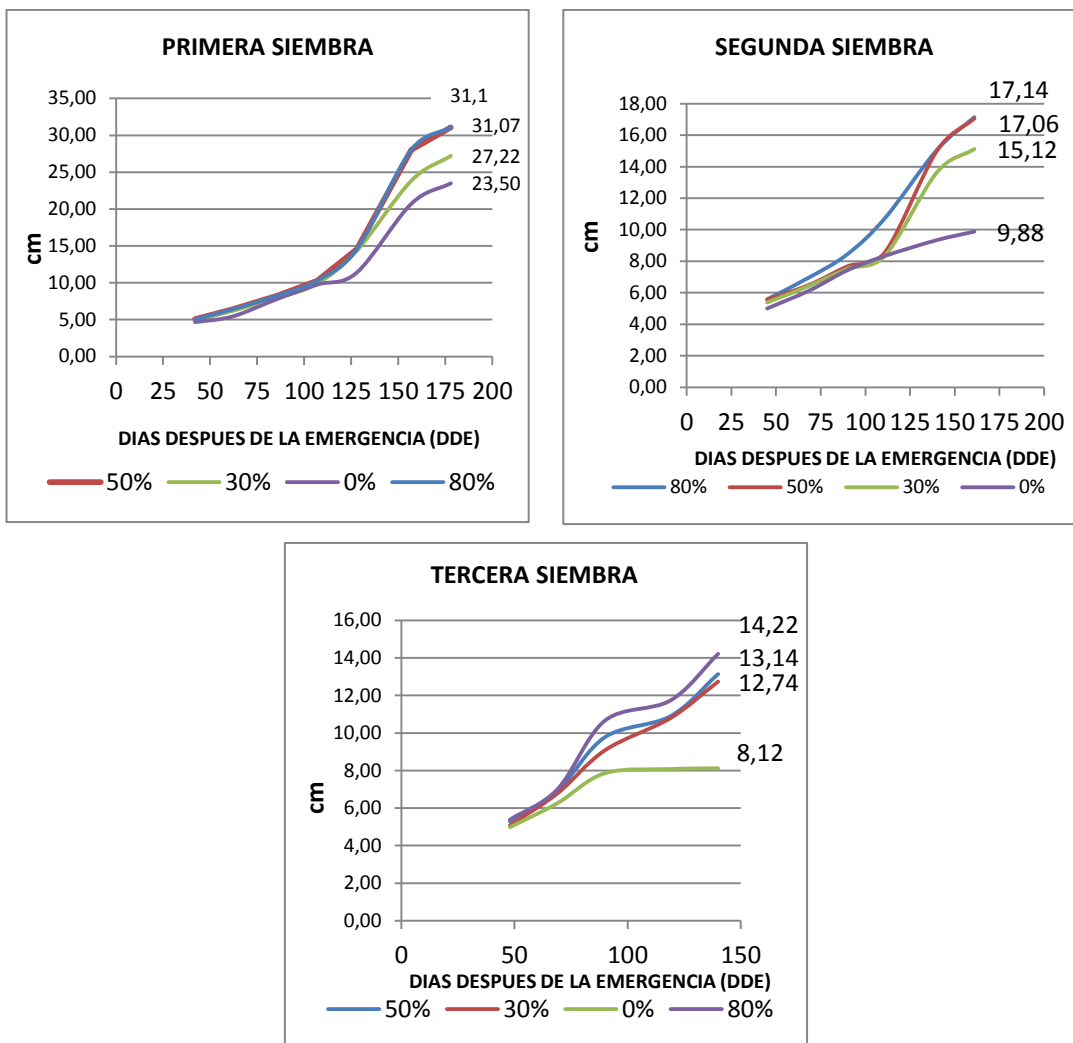


Figura 12. Dinámica de crecimiento de la altura de plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los días después de la emergencia, Yantzaza, 2014.

4.1.2.2. Volumen radical

Cuadro 10. Volumen radical de las plantas de *Coffea arabica* V. caturra al final de la evaluación en Yantzaza, 2014.

EPOCA DE SIEMBRA	TRATAMIENTOS			
	80%	50%	30%	0%
1 SIEMBRA	4,33	3,55	2,34	1,19
2 SIEMBRA	3,22	2,50	1,90	1,02
3 SIEMBRA	2,57	1,72	1,39	0,94

En la Figura 13 se indica los valores obtenidos en el cálculo del volumen radical realizado en plántulas de café para las tres épocas de siembra y distintos niveles de sombra del experimento de Yantzaza, destacándose los niveles de sombra del 80 y 50% que obtuvieron mayor volumen radical en comparación a los niveles del 30 y 0% mismos que consiguieron menor volumen radical. El tratamiento que más volumen radical acumuló fue **S80E1** el cual obtuvo 4,33 cm³; en la segunda época de siembra el **S80E2** registró un volumen radical de 3,22 cm³ y en la tercera época el tratamiento que más volumen radical acumuló fue **S80E3** con 2,57 cm³. Los tratamientos que menor volumen radical registraron fueron el **S0E1**, **S0E2** y **S0E3** con valores de 1,19; 1,02 y 0,94 cm³ respectivamente.

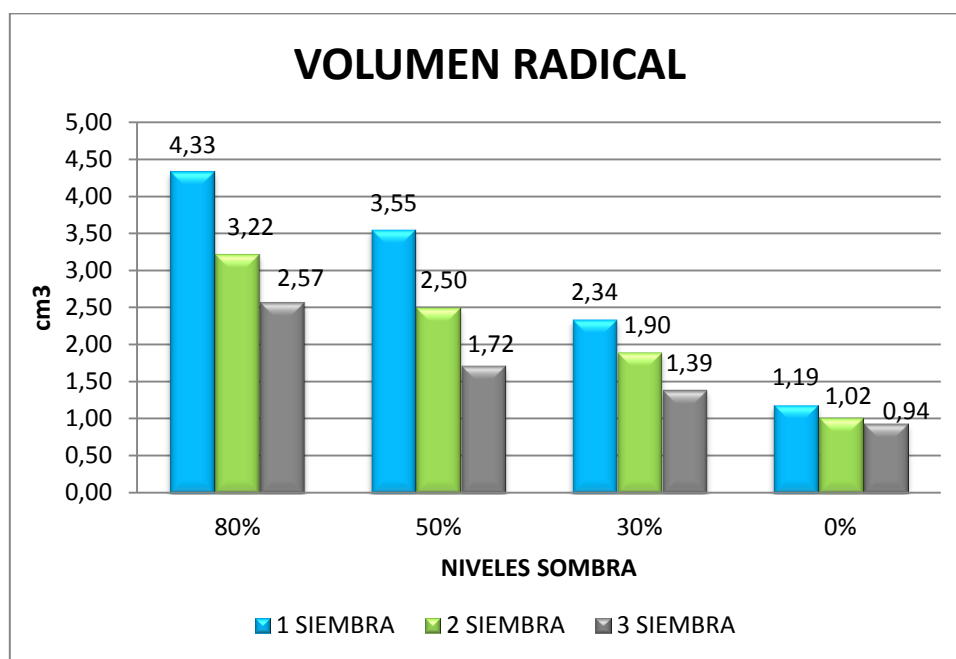


Figura 13. Volumen radical obtenido en las tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra en plantas de *Coffea arabica* V. caturra al final de la evaluación, Yantzaza, 2014.

4.1.2.3. Área foliar

Como se aprecia en el Cuadro 11, en el análisis de varianza se encontraron niveles de significancia al 5% para los datos del área foliar de planta de café. En las tres épocas de siembra existe diferencia significativa entre los tratamientos sobretodo el nivel del 80 con el 0% del nivel de sombra. Los tratamientos que registraron mayores medias referente al área foliar fueron **S80E1**, **S80E2** y **S80E3** con valores de 318.58; 298.05 y 225.74 cm² respectivamente, contrastando así con los tratamientos **S0E1**, **S0E2** y **S0E3** que alcanzaron menores valores del área foliar con 232,98; 99,02 y 67,49 cm² correspondientes a los tratamientos antes mencionados.

Cuadro 11. Análisis de varianza del área foliar de las plantas de *Coffea arabica* V. caturra al final de la evaluación en Yantzaza, 2014.

S	1 Época		2 Época		3 Época	
	x	л	x	л	x	л
80	318.58	a	298.05	a	225.74	a
50	297.23	ab	264.75	b	215.82	a
30	271.05	b	251.83	b	205.84	a
0	232.98	c	99.02	c	67.49	b
ES	10.33		10.50		8.73	
CV	8.25		10.30		10.92	

En cuanto al crecimiento del área foliar, en la figura 14 se indica la interacción entre los niveles de sombra y las épocas de siembra, demostrando la variabilidad que existe entre los tratamientos, arrojando los mejores resultados en los niveles de sombra del 80 y 50% en cada una de las épocas de siembra, en comparación a las plántulas de niveles del 30 y 0% las cuales presentaron menor acumulación de área foliar. Los valores más destacados se obtuvieron en la primera época de siembra con el

tratamiento **S80E1** con una media de 318,58 cm², seguido del tratamiento **S50E1** con una media de 297,23 cm²; referente a la segunda siembra los mejores tratamientos fueron **S80E2** y **S50E2** con 298,05 y 264,75 cm² respectivamente; Para la tercera época de siembra los mejores resultados fueron **S80E3** y **S50E3** con 225,74 y 215,82 cm². Los tratamientos que menor área foliar acumularon fueron el **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**.

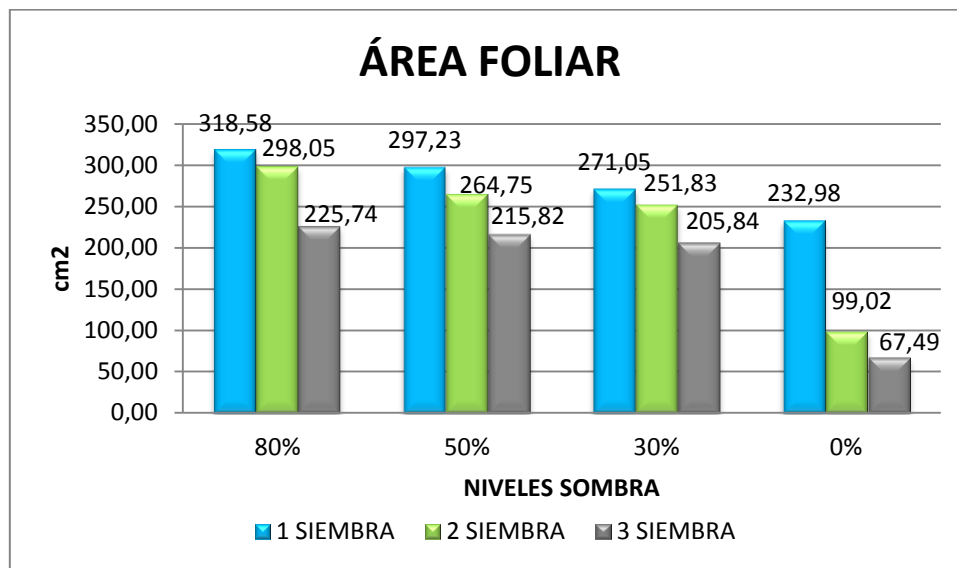


Figura 14. Promedio del área foliar de plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación, Yantzaza, 2014.

La dinámica de crecimiento del área foliar de tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra mostrados en la figura 15, fue sigmoïdal, acumulando más área foliar en los tratamientos **S80E1**, **S80E2** y **S80E3** a los 178, 161 y 140 días después de la emergencia (DDE) respectivamente, diferenciándose significativamente de los tratamientos a plena exposición solar **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**, mismos que acumularon menor área foliar durante los DDE.

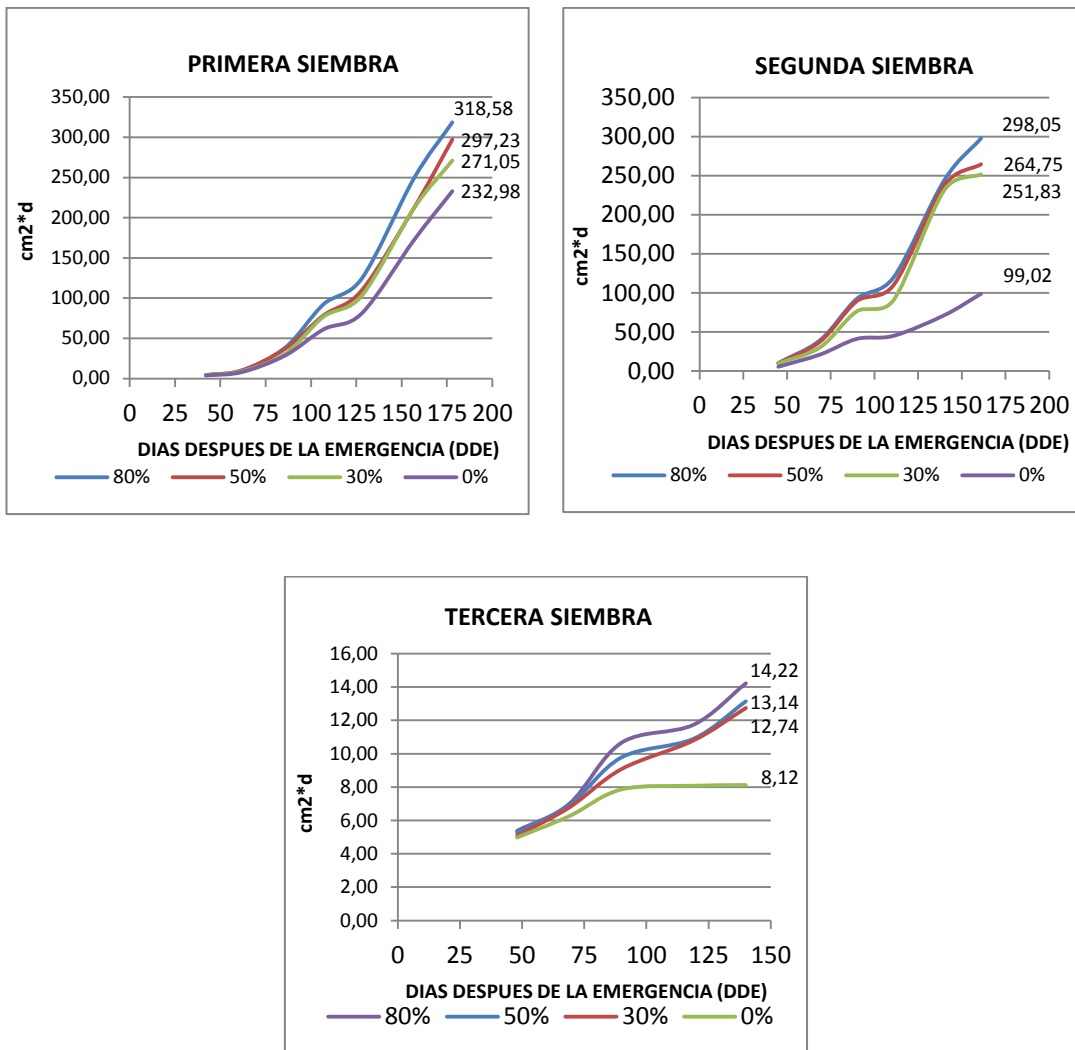


Figura 15. Dinámica de crecimiento del área foliar de plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los días después de la emergencia, Yantzaza, 2014.

4.1.2.4. Peso seco total

Como se aprecia en el Cuadro 12, en el análisis de varianza realizado para la variable peso seco total en plántulas de cafeto, se encontró niveles de significancia al 5 %; en las tres épocas de siembra existe diferencia significativa entre los tratamientos sobretodo el nivel del 80 con el 0% del nivel de sombra. Los tratamientos que registraron mayores medias referente

al peso seco total fueron **S80E1**, **S80E2** y **S80E3** con valores de 4,492; 2,980 y 1,937 g respectivamente, contrastando así con los tratamientos a plena exposición solar **S0E1**, **S0E2** y **S0E3** que alcanzaron menores valores del peso seco total con 3,267; 0,812 y 0,570 g correspondientes a los tratamientos antes mencionados.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el peso seco total de plantas de *Coffea arabica* V. caturra al final de la evaluación en Yantzaza, 2014.

S	1 Época		2 Época		3 Época	
	x	л	x	л	x	л
80	4.492	a	2.980	a	1.932	a
50	4.485	a	2.678	ab	1.788	a
30	4.091	a	2.276	b	1.727	a
0	3.267	b	0.812	c	0.570	b
ES	0.14		0.15		0.100	
CV	7.99		15.57		14.81	

Con respecto al peso total de plántulas de cafeto, en la figura 16 se indica los valores obtenidos entre los niveles de sombra y las épocas de siembra, en el mismo se observa la variabilidad que existe entre los tratamientos, evidenciándose los mejores resultados en los niveles de sombra del 80 y 50% en cada una de las épocas de siembra, en comparación a las plántulas de los niveles del 30 y 0% las cuales presentaron menor acumulación del peso seco total. Los valores más relevantes se obtuvieron en la primera época de siembra con el tratamiento **S80E1** con una media de 4,492 g, seguido del tratamiento **S50E1** con una media de 4,485 g; en la segunda época los mejores tratamientos fueron **S80E2** y **S50E2** con 2,980 y 2,678 g respectivamente; en la tercera época de siembra los tratamientos que acumularon mayor peso seco total fueron **S80E3** y **S50E3** con 1,932 y

1,788 g, contrario a esto los tratamientos que menor peso seco total acumularon fueron el **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**.

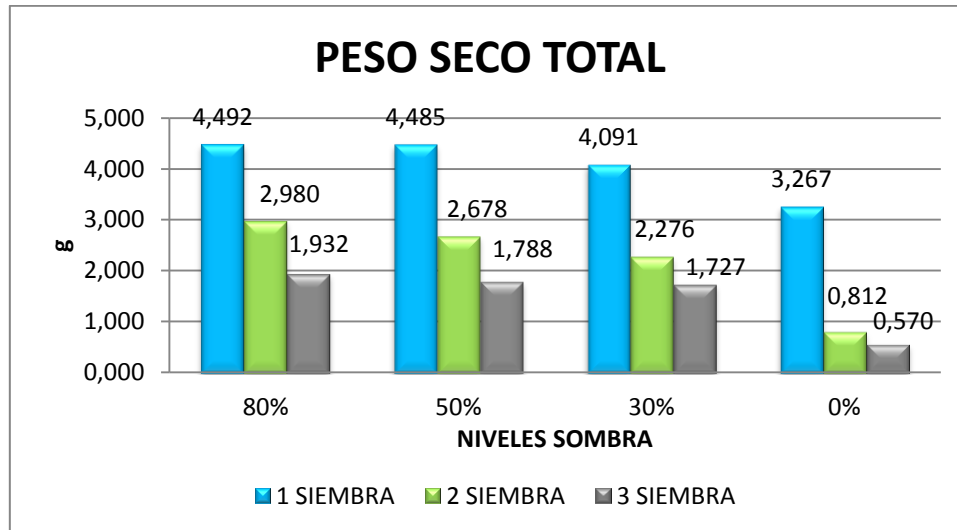


Figura 16. Promedio del peso seco total de plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación, Yantzaza, 2014.

La dinámica de crecimiento del peso seco total de plántulas en las tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra indicados en la figura 17 fue sigmoïdal, acumulando más peso seco total en los tratamientos **S80E1**, **S80E2** y **S80E3** a los 178, 161 y 140 días después de la emergencia (DDE) respectivamente, diferenciándose significativamente de los tratamientos **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**, mismos que acumularon menor peso seco total durante los DDE.

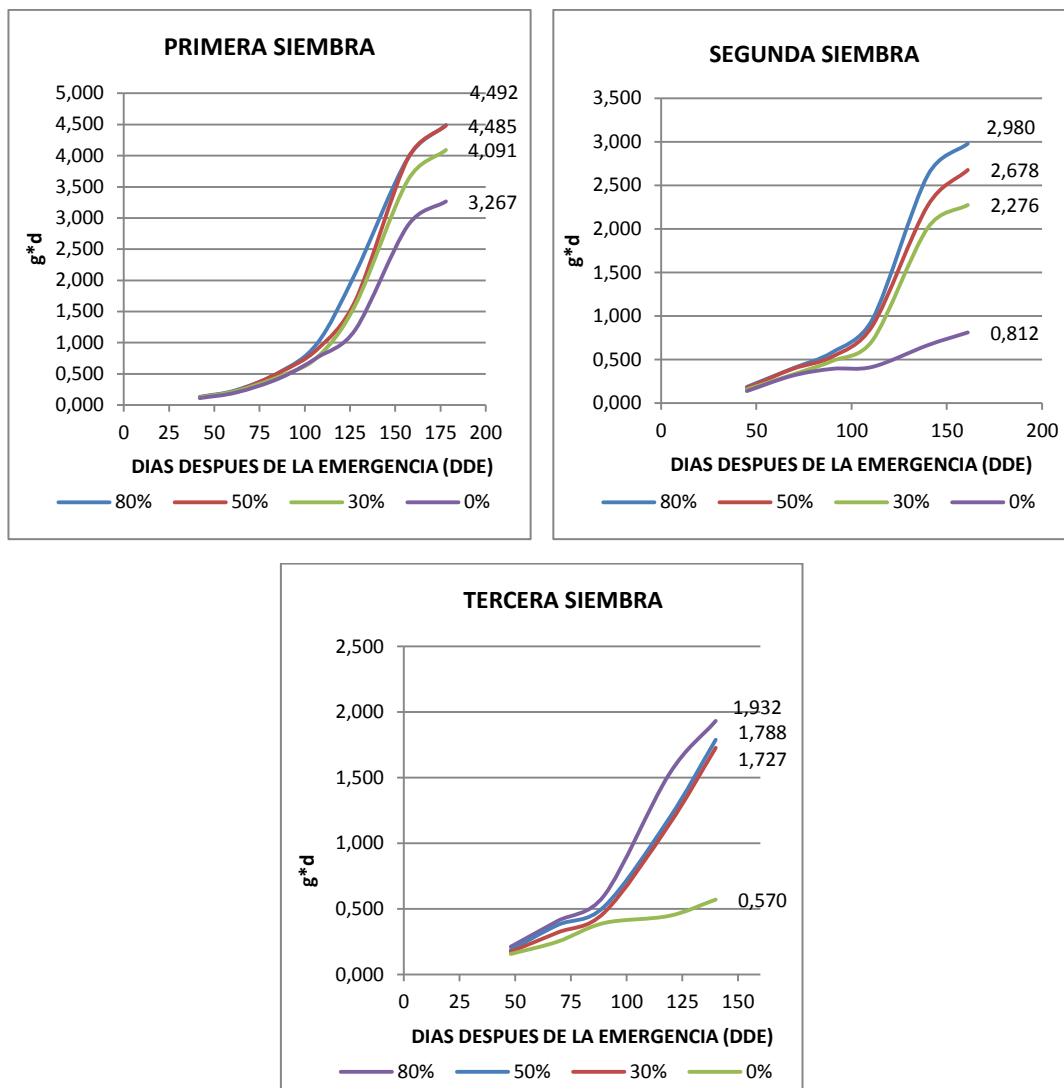


Figura 17. Dinámica de crecimiento del área foliar de plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los días después de la emergencia, Yantzaza 2014.

4.2. COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO

4.2.1. Localidad de Chaguarpamba

4.2.1.1. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) para la variable altura de planta

Al hacer el análisis de la TAC referente a las épocas de siembra y diferentes niveles de sombra, en la Figura 18 se observa independientemente de la época de siembra, que los tratamientos con mayor nivel de sombra alcanzan la TAC más rápidamente en comparación a los tratamientos de menor nivel. Lo mencionado anteriormente se lo puede explicar a través de la Figura 21, en la misma se puede observar el comportamiento de temperatura media durante el desarrollo del ensayo en Chaguarpamba, en el cual, en los primeros estadios del desarrollo de las plántulas se presentaron menores temperaturas mostrando una tendencia a ir aumentando con el tiempo. Es así que en la primera época de siembra, en la etapa inicial existe un crecimiento similar entre los tratamientos, esto ocurre aproximadamente hasta los 80 DDE; y a partir de ese momento los tratamientos del 80 y 50% de sombra alcanzan la TAC más rápidamente hasta los 178 DDE con tendencia a ir aumentando. Lo mismo sucede en la segunda y tercera época de siembra que alcanza la TAC a los 160 y 139 DDE respectivamente.

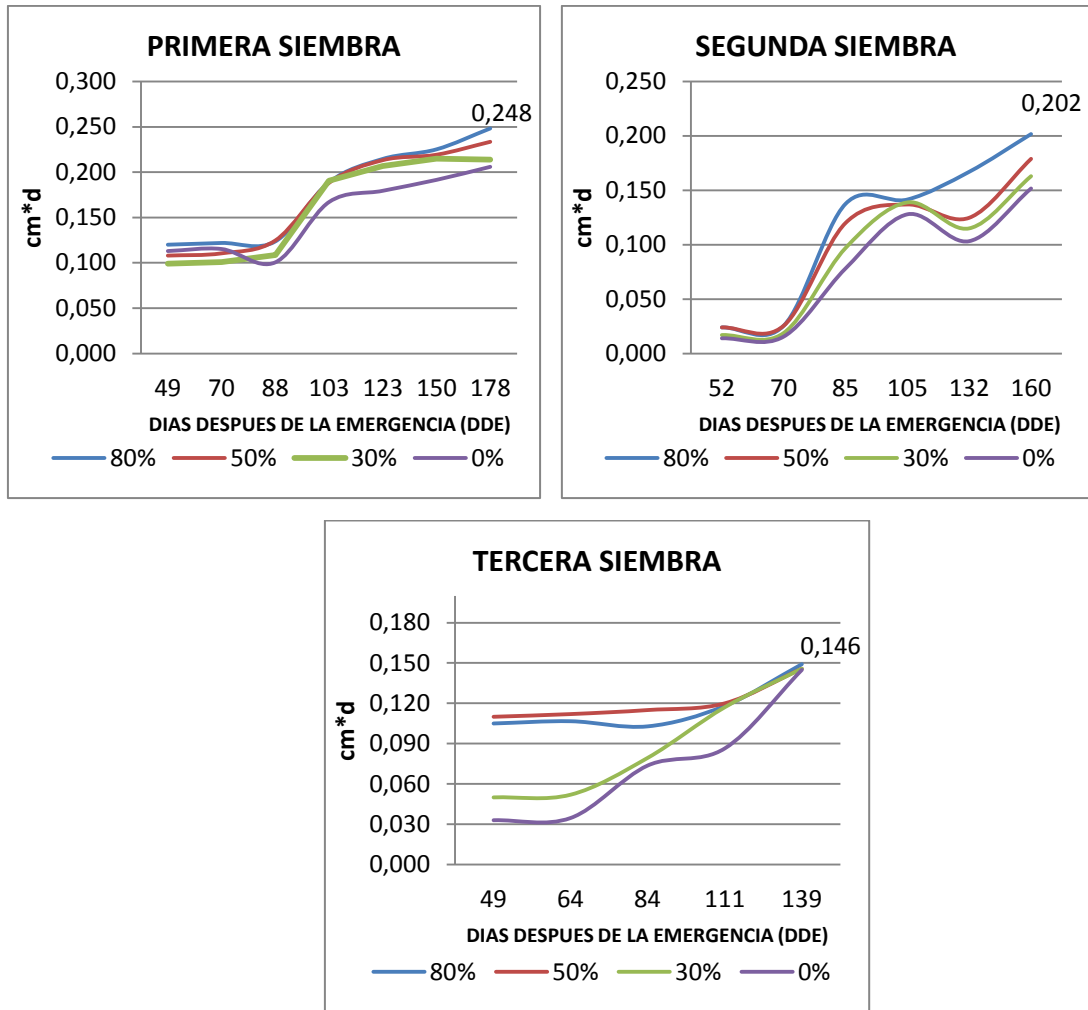
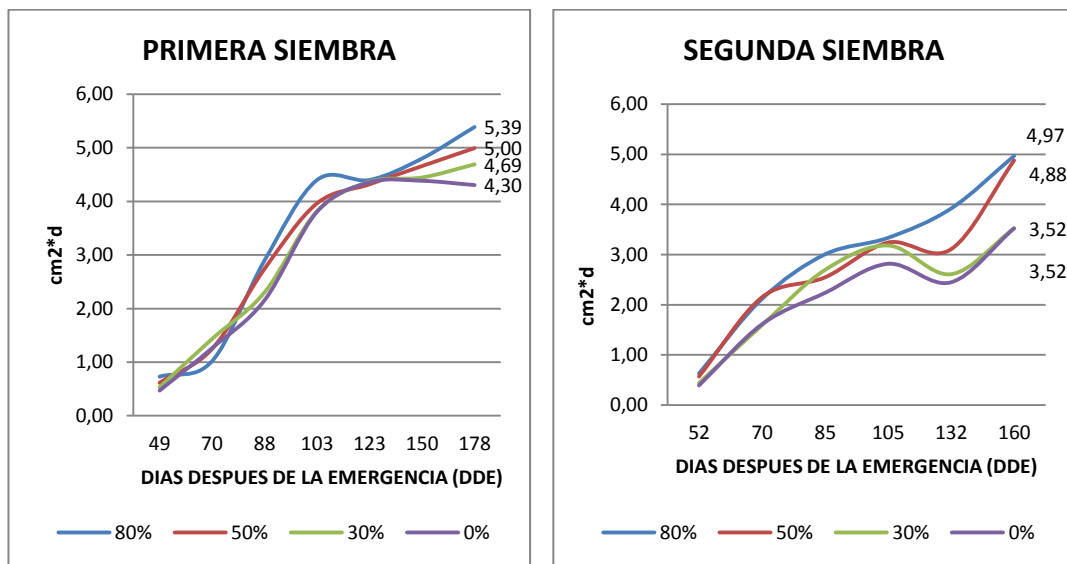


Figura 18. Dinámica de tasa absoluta de crecimiento (TAC) expresada en cm/día de la altura de las plantas de cafeto, bajo cuatro niveles de sombra y tres épocas de siembra en Chaguarpamba 2014.

4.2.1.2. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) para el área foliar

La dinámica de acumulación del área foliar en plantas de Chaguarpamba fue sigmoïdal, en la cual se evidencia en la Figura 19 el incremento de biomasa que tuvieron las plántulas desde la primera etapa hasta finalizar el ensayo. Los tratamientos más destacados fueron aquellos que mantuvieron mayor nivel de sombra, lo expuesto anteriormente se lo puede explicar a través de la Figura 21, en la misma se puede observar el comportamiento de la temperatura media durante el desarrollo del ensayo en Chaguarpamba, cuyos valores medios de temperatura van en aumento durante la etapa de acumulación de biomasa de las plantas de café. En las tres épocas de siembra se denota que existe una fase de rápida acumulación de área foliar iniciando desde los 49 hasta los 178 DDE la misma que tiene una tendencia a seguir incrementando.



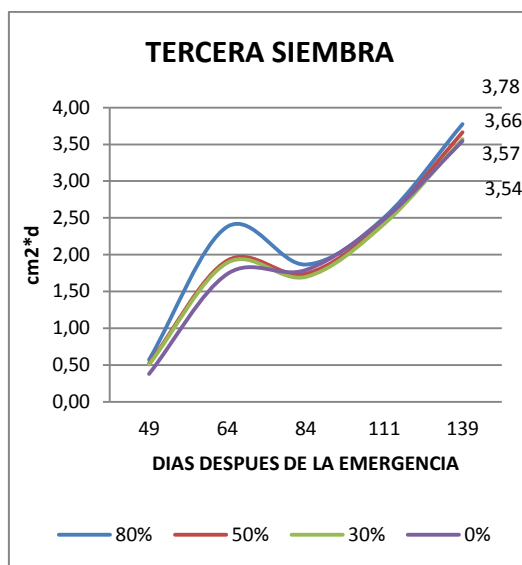


Figura 19. Dinámica de tasa absoluta de crecimiento (TAC) expresada en $\text{cm}^2/\text{día}$ del área foliar de plantas de cafeto, bajo cuatro niveles de sombra y tres épocas de siembra en Chaguarpamba.

4.2.1.3. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) para el peso seco total

La dinámica de acumulación de peso seco total en los tratamientos de la localidad de Chaguarpamba fue sigmoïdal, notándose en la Figura 20 el incremento de masa seca desde los primeros días hasta finalizar el ensayo, dicho incremento fue más notorio en los tratamientos con mayor nivel de sombra es decir S80E1, S80E2 y S80E3 logrando obtener la TAC rápidamente y la misma continúe en ascenso. Lo mencionado anteriormente se lo puede explicar a través de la Figura 21, en la misma se puede observar el comportamiento de temperatura media durante el desarrollo del ensayo en Chaguarpamba, en la cual los valores medios de temperatura van en aumento durante la etapa de acumulación de masa seca de plantas de café. En las tres épocas de siembra se demuestra que existe una fase de rápida

acumulación de peso seco total iniciando desde los 49 hasta los 178 DDE la misma que tiene una tendencia a seguir incrementándose.

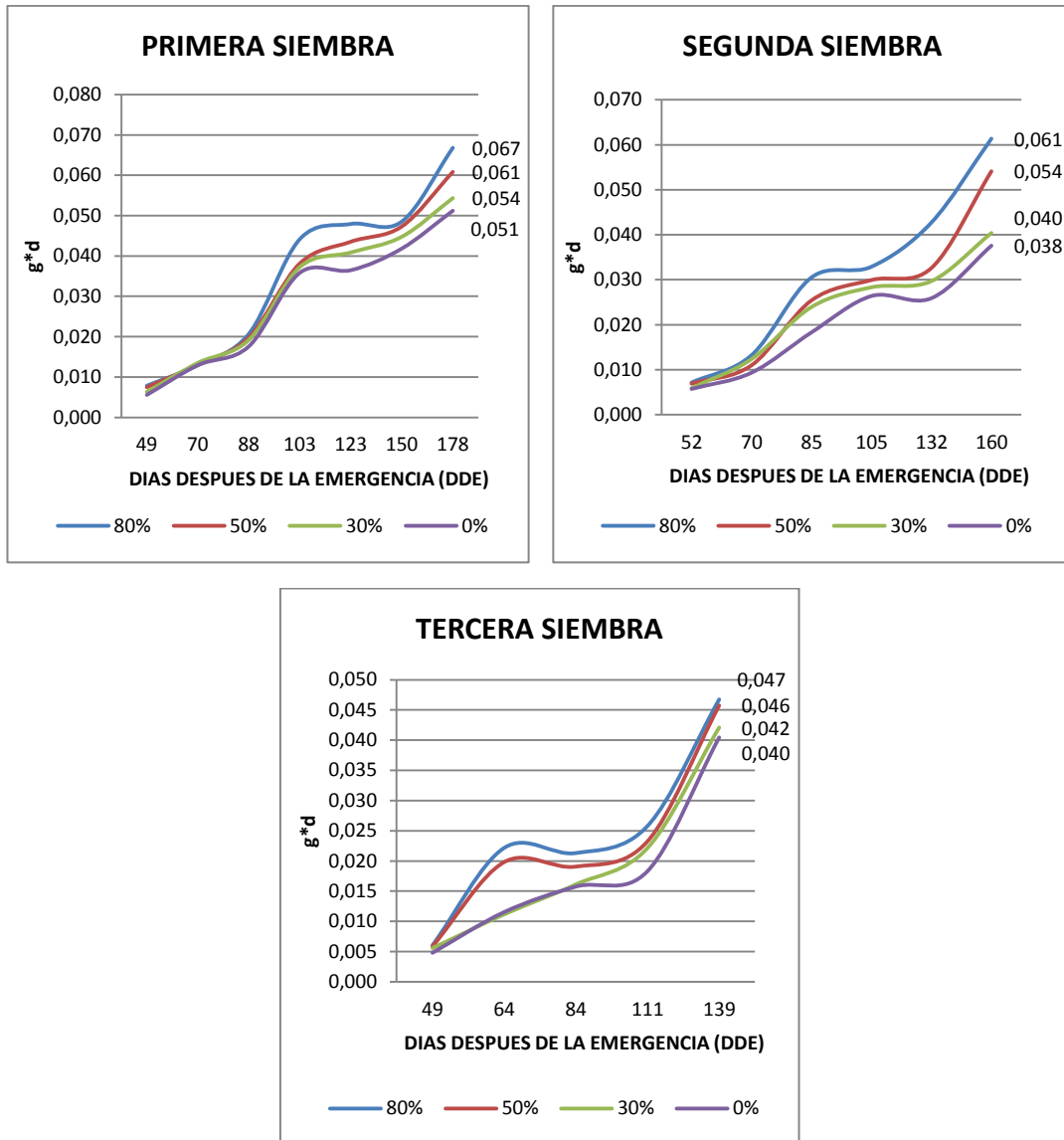


Figura 20. Dinámica de tasa absoluta de crecimiento (TAC) expresada en g/día del peso seco total de plantas de cafeto, bajo cuatro niveles de sombra y tres épocas de siembra en Chaguarpamba.

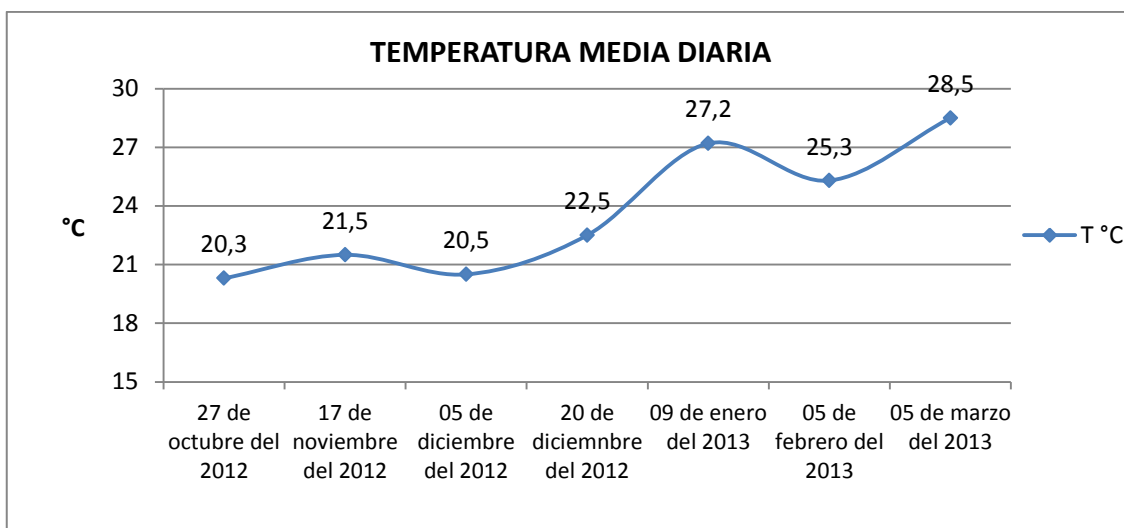


Figura 21. Comportamiento de la temperatura media durante el ensayo de Chaguarpamba.

En la Figura 21, se muestra el comportamiento de temperaturas medias en el desarrollo del experimento en la localidad de Lozumbe - Chaguarpamba, en la misma se observa una curva que tiende a ir incrementando, de la cual se ha obtenido una media de 23,7°C.

4.2.1.4. Área foliar específica (AFE)

Cuadro 13. Área foliar específica de plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Chaguarpamba.

ÉPOCA	NIVELES DE SOMBRA			
	80%	50%	30%	0%
1 SIEMBRA	167,16	163,58	181,40	168,43
2 SIEMBRA	162,75	170,77	181,56	195,57
3 SIEMBRA	169,25	167,56	175,84	177,78

En la Figura 22, se da a conocer los resultados obtenidos del área foliar específica de los diferentes tratamientos; destacando entre ellos los menores

porcentajes de sombra es decir los tratamientos **S30E1**, **S0E2** y **S0E3**, con valores de 181,40; 195,57 y 177,78 cm²/g respectivamente. Por otro lado los tratamientos que acumularon menor AFE fueron aquellos con mayor porcentaje de sombra, entre ellos se encuentra el **S50E1**; **S80E2** y **S50E3**, cuyos valores corresponden a 163,16; 162,75 y 167,25 cm²/g.

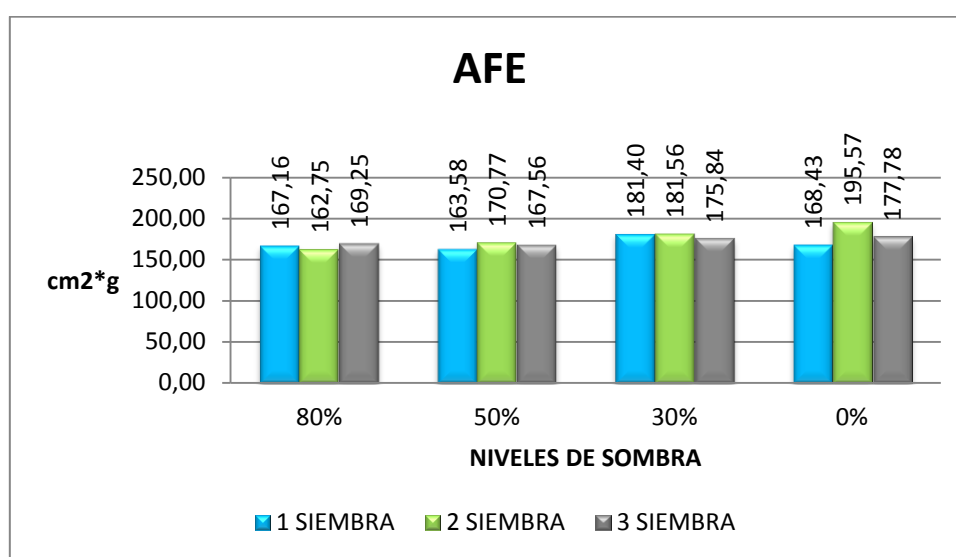


Figura 22. Área foliar específica (AFE, cm²/g) de plántulas de *Coffea arabica* V. caturra en tres épocas de siembra y distintos niveles de sombra, cantón Chaguarpamba.

4.2.1.5. Densidad estomática

Cuadro 14. Densidad estomática de plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Chaguarpamba.

ÉPOCA	NIVELES DE SOMBRA			
	80%	50%	30%	0%
1 SIEMBRA	12275	13250	13300	13400
2 SIEMBRA	10633	11600	13433	14850
3 SIEMBRA	9867	11533	13733	15066

Los resultados obtenidos en el análisis de densidad estomática se los presenta en la Figura 23; obteniendo la mejor densidad estomática en los tratamientos con menor porcentaje de sombra es decir los **S0E1**; **S0E2** y **S0E3** con densidades de 13400, 14850 y 15066 estomas/cm². Entre ellos los tratamientos que menor densidad estomática consiguieron, fueron los de mayor porcentaje de sombra, entre ellos se encuentra el **S80E1**, **S80E2** y **S80E3**, con densidades de 12275, 10633 y 9867 estomas/cm².

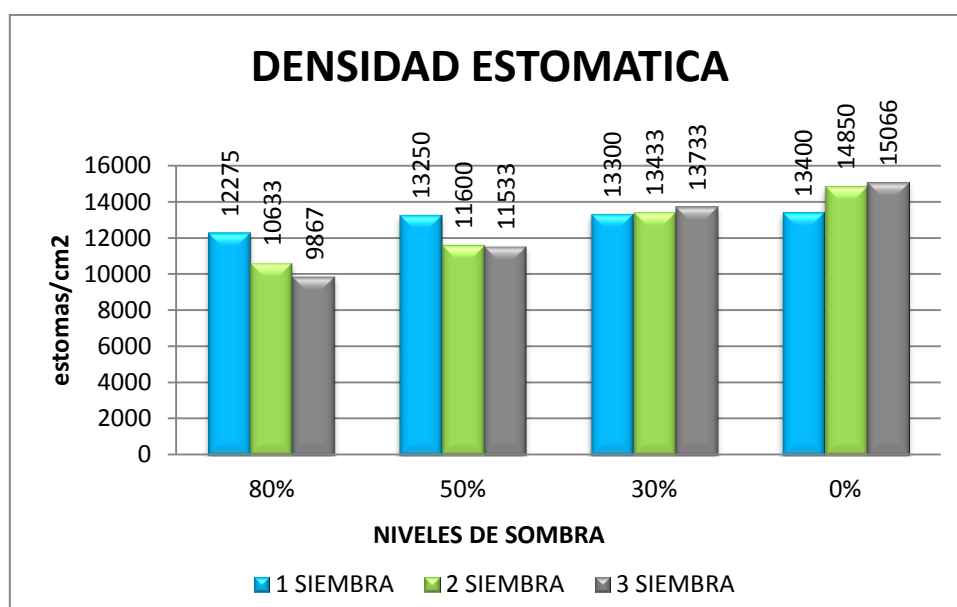


Figura 23. Densidad estomática expresada en estomas/cm² en plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Chaguarpamba.

4.2.1.6. Apertura estomática

Cuadro 15. Apertura de los estomas en plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Chaguarpamba.

EPOCA DE SIEMBRA	TRATAMIENTOS			
	CHAGUARPAMBA			
	80%	50%	30%	0%
1 SIEMBRA	4,62	3,42	3,32	2,48
2 SIEMBRA	4,46	3,68	3,66	3,12
3 SIEMBRA	5,16	4,32	3,06	2,66

Los resultados expuestos en la Figura 24 concerniente a la apertura estomática, indica que los tratamientos **S80E1**; **S80E2** y **S80E3** registraron mayores valores de apertura los mismos que fueron 4,62; 4,46 y 5,16 micras/estoma. Así mismo los tratamientos que registraron menor apertura estomática son el **S0E1**; **S0E2** y **S0E3** con 2,48; 3,12 y 2,66 micras/estoma.

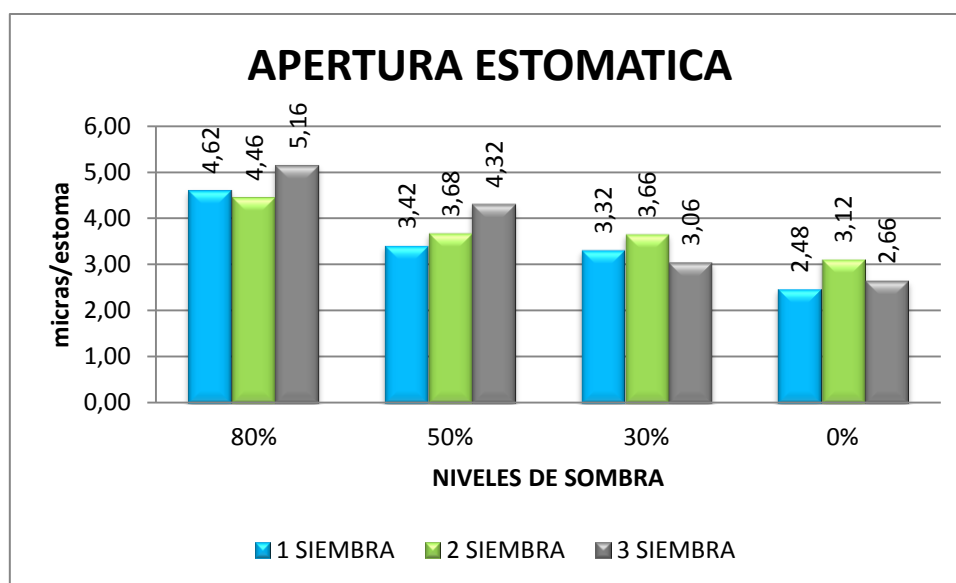


Figura 24. Apertura de los estomas expresado en micras/estoma, en plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra, Chaguarpamba.

4.2.1.7. Contenido relativo de agua (CRA)

Cuadro 16. Contenido relativo de agua en plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Chaguarpamba.

EPOCA	NIVELES DE SOMBRA			
	80%	50%	30%	0%
1 SIEMBRA	80,14	75,56	77,90	83,16
2 SIEMBRA	75,56	72,89	72,24	80,24
3 SIEMBRA	78,68	82,50	85,70	82,69

En la Figura 25 se muestra los resultados del análisis del Contenido relativo de agua en los diferentes tratamientos y épocas de siembra; cuyos mejores resultados se evidencian en los tratamientos de menor nivel de sombra es decir el **S0E1**, **S0E2** y **S30E3** los mismos que contienen mayor porcentaje de CRA cuyos valores corresponden a 83,16; 80,24 y 85,70%. Contrario a esto los tratamientos con menor porcentaje del CRA fueron el **S50E1**; **S50E2** y **S80E3** con 75,56; 72,89 y 78,68%.

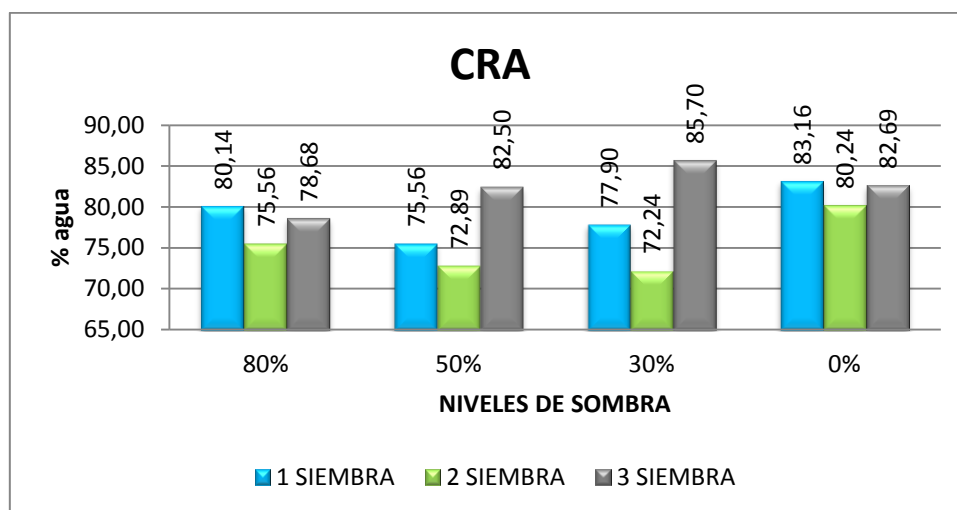
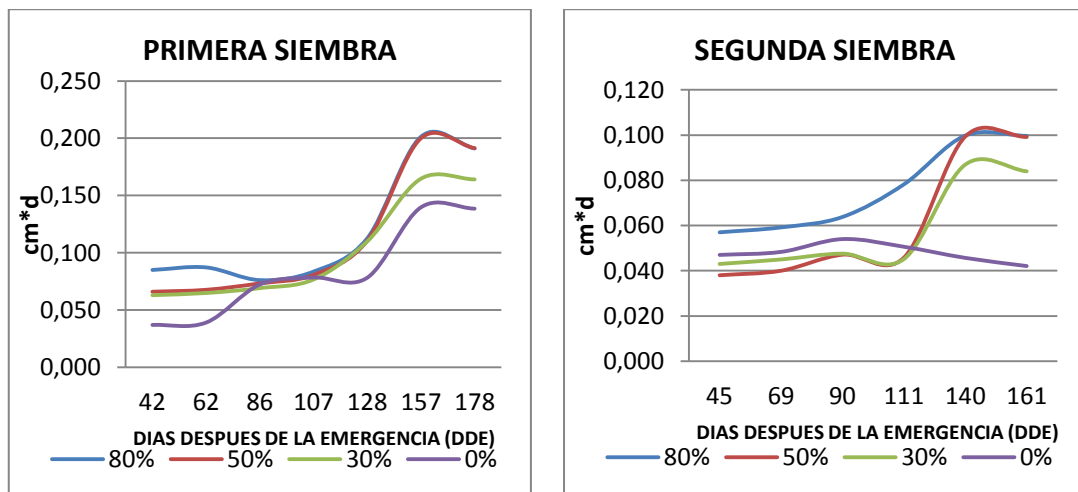


Figura 25. Contenido relativo de agua expresado en porcentaje, en plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra, Chaguarpamba.

4.2.2. Localidad de Yantzaza

4.2.2.1. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) para la altura de planta

Al hacer el análisis de la TAC referente a las épocas de siembra y diferentes niveles de sombra, en la Figura 26 se observa independientemente de la época de siembra, que los tratamientos con mayor nivel de sombra alcanzan la TAC más rápida en comparación a los tratamientos de menor nivel. Los tratamientos que necesitaron menor tiempo en alcanzar la TAC fueron los **S80E1**, **S80E2** y **S80E3**; los tratamientos que necesitaron de mayor tiempo para conseguir la TAC fueron los **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**. Lo mencionado anteriormente se lo puede explicar a través de la Figura 29, en la misma se puede observar el comportamiento de la temperatura media durante el desarrollo del ensayo en Yantzaza, en el cual, en los primeros estadios del desarrollo de las plántulas se presentó una fase de lento crecimiento, seguido del periodo de rápido crecimiento y al final se observa la disminución de la velocidad de crecimiento.



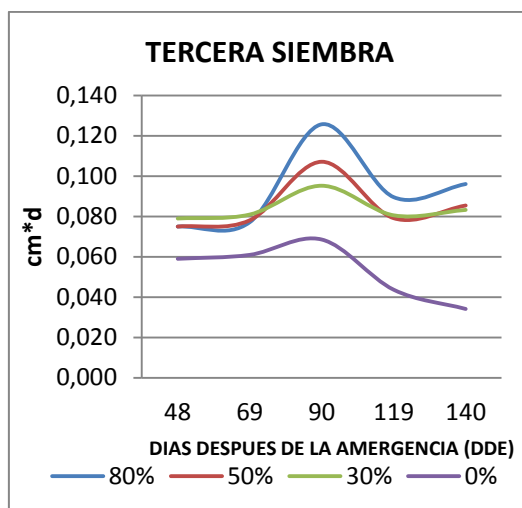


Figura 26. Dinámica de tasa absoluta de crecimiento (TAC) expresada en cm/día de la altura de las plantas de cafeto, bajo cuatro niveles de sombra y tres épocas de siembra en Yantzaza 2014.

4.2.2.2. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) para el área foliar

La TAC realizada para la variable del área foliar mostrada en la Figura 27, indica que los tratamientos con mayor nivel de sombra alcanzan la TAC más rápida en comparación a los tratamientos de menor nivel. Los tratamientos que necesitaron menor tiempo en alcanzar la TAC fueron los **S80E1**, **S80E2** y **S80E3**; los tratamientos que necesitaron de mayor tiempo para conseguir la TAC fueron los **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**. Lo mencionado anteriormente se lo puede explicar a través de la Figura 29, en la misma se puede observar el comportamiento de la temperatura media durante el desarrollo del ensayo en Yantzaza, en el cual, en los primeros estadios del desarrollo de las plántulas se presentó una fase de lento crecimiento, seguido del periodo de rápido crecimiento y al final se observa la disminución de la velocidad de crecimiento.

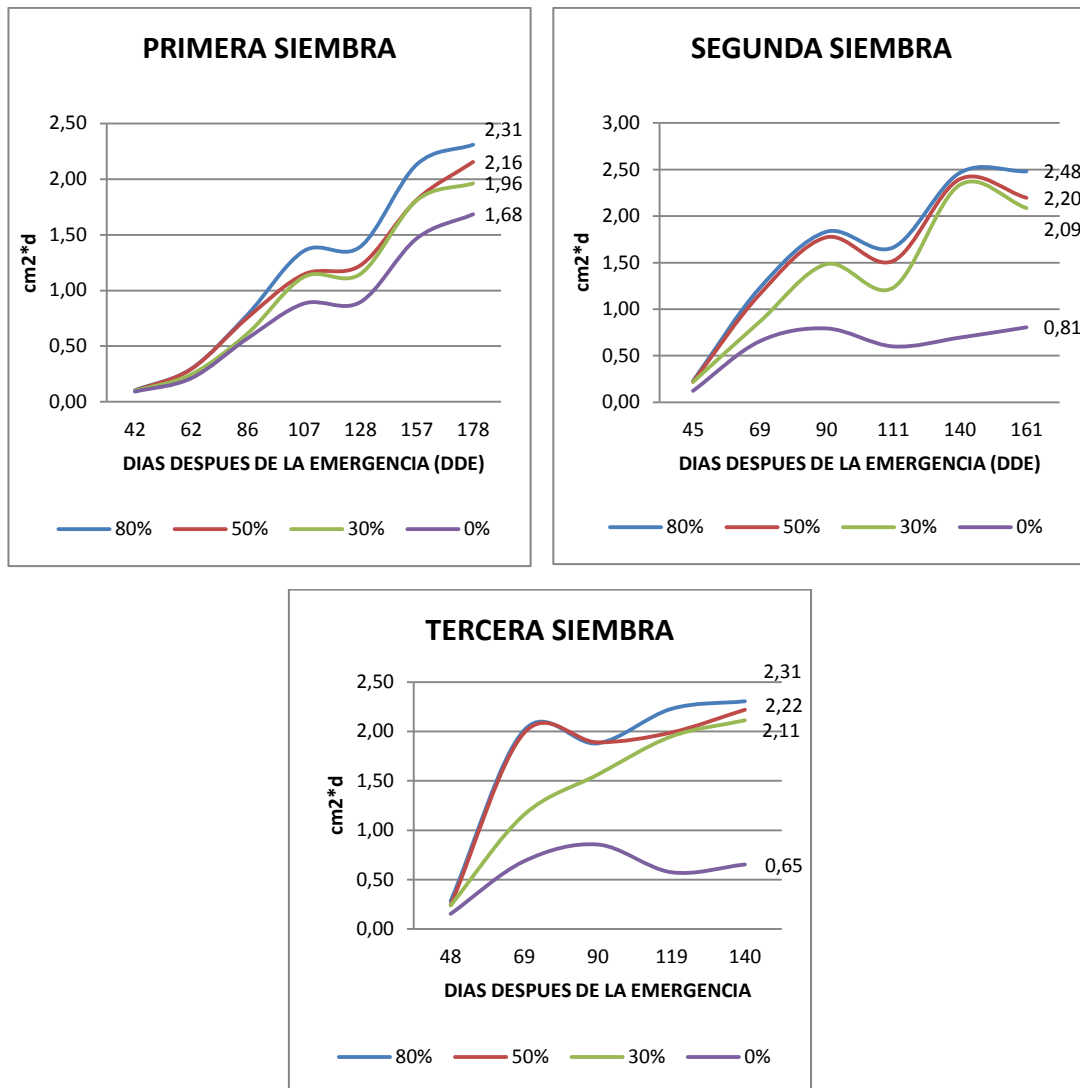


Figura 27. Dinámica de tasa absoluta de crecimiento (TAC) expresada en $\text{cm}^2/\text{día}$ del área foliar de las plantas de cafeto, bajo cuatro niveles de sombra y tres épocas de siembra en Yantzaza 2014.

4.2.2.3. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) para el peso seco total

La TAC realizada para la variable del peso seco total expuesta en la Figura 28, indica que los tratamientos con mayor nivel de sombra alcanzan la TAC más rápida en comparación a los tratamientos de menor nivel. Los tratamientos que necesitaron menor tiempo en alcanzar la TAC fueron los **S80E1**, **S80E2** y **S80E3**; los tratamientos que necesitaron de mayor tiempo

para conseguir la TAC fueron los **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**. Lo mencionado anteriormente se lo puede explicar a través de la Figura 29, en la misma se puede observar el comportamiento de temperatura media durante el desarrollo del ensayo en Yantzaza, en el cual, en los primeros estadios del desarrollo de las plántulas se presentó una fase de lento crecimiento, seguido del periodo de rápido crecimiento y al final se observa la disminución de la velocidad de crecimiento.

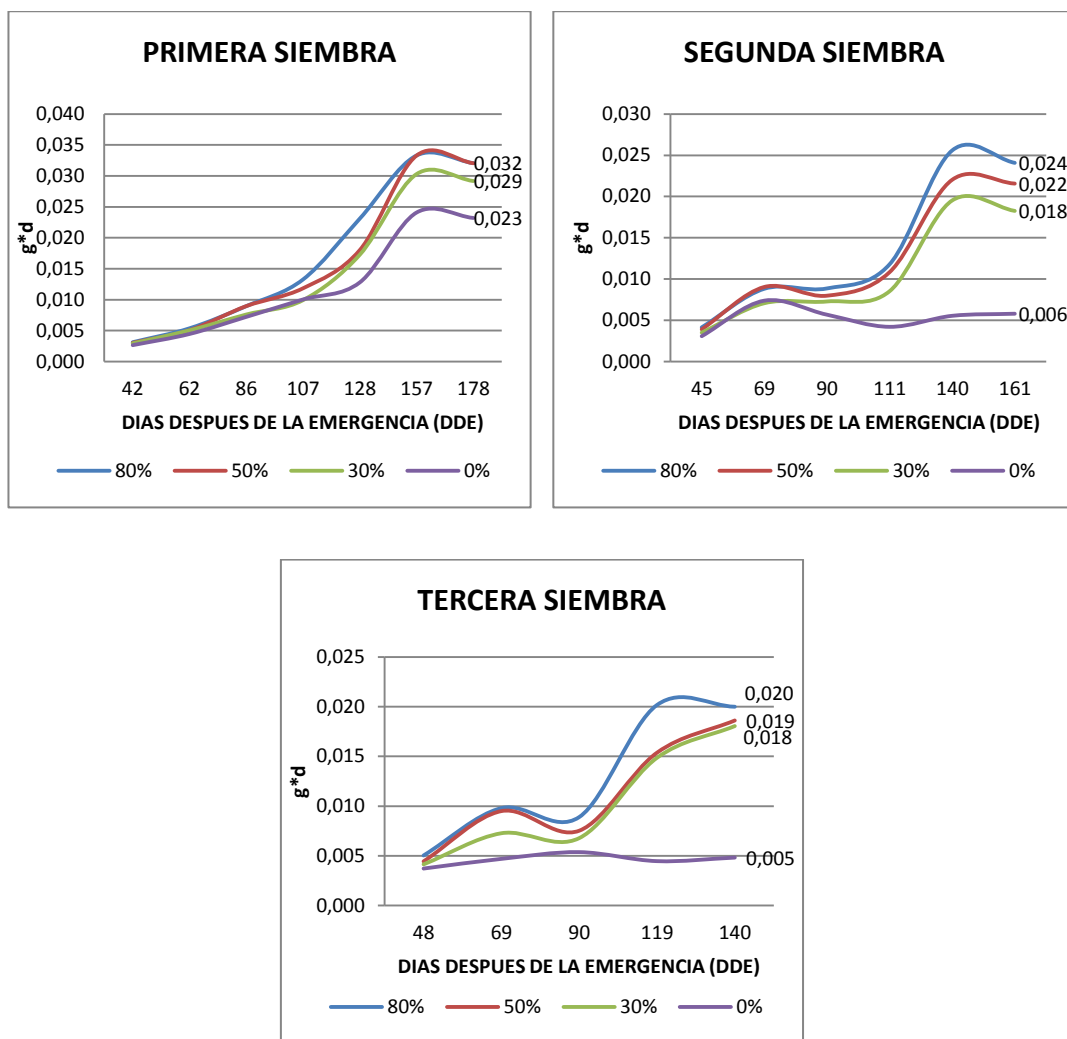


Figura 28. Dinámica de tasa absoluta de crecimiento (TAC) expresada en g/día del peso seco total de la planta de cafeto, bajo cuatro niveles de sombra y tres épocas de siembra en Yantzaza 2014.

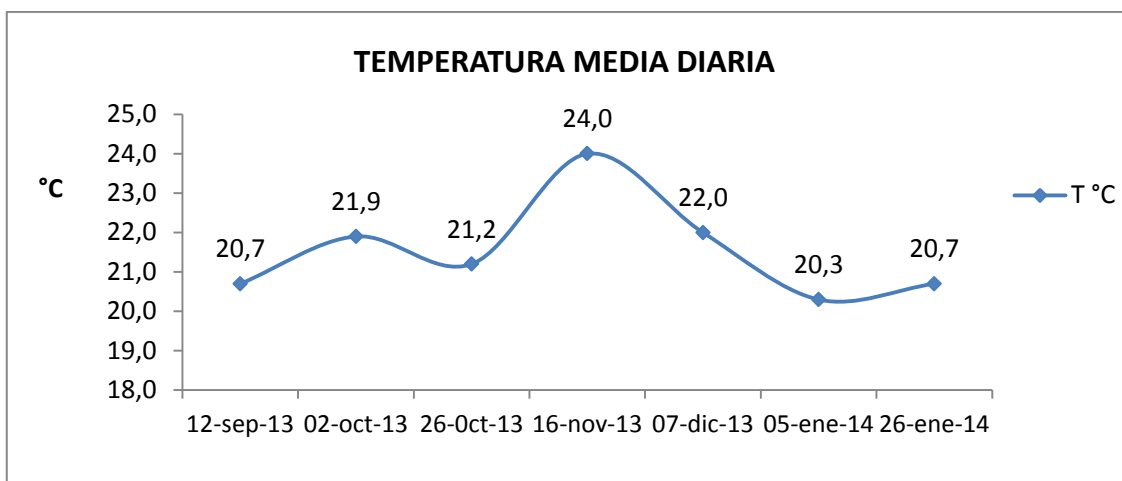


Figura 29. Comportamiento de temperatura media durante el ensayo de Yantzaza.

En la Figura 29, se muestra el comportamiento de temperaturas medias en el desarrollo del experimento en la localidad de Muchime - Yantzaza, en la misma se observa una curva que tiende a ir incrementando, de la cual se ha obtenido una media de 21,5°C.

4.2.2.4. Área foliar específica (AFE)

Cuadro 17. Área foliar específica de plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Yantzaza 2014.

EPOCA	NIVELES DE SOMBRA			
	80%	50%	30%	0%
1 SIEMBRA	136,38	132,93	138,22	146,90
2 SIEMBRA	151,53	154,55	172,37	208,03
3 SIEMBRA	196,81	198,91	199,46	212,90

En la Figura 30, se da a conocer los resultados obtenidos del área foliar específica de los diferentes tratamientos; destacando entre ellos los menores porcentajes de sombra es decir los tratamientos **S0E1**, **S0E2** y **S0E3**, con valores de 146,90; 208,03 y 212,90 cm²/g respectivamente. Por otro lado los

tratamientos que acumularon menor AFE fueron aquellos con mayor porcentaje de sombra, entre ellos se encuentra el **S50E1**; **S80E2** y **S80E3**, cuyos valores corresponden a 132,93; 151,53 y 196,81 cm²/g.

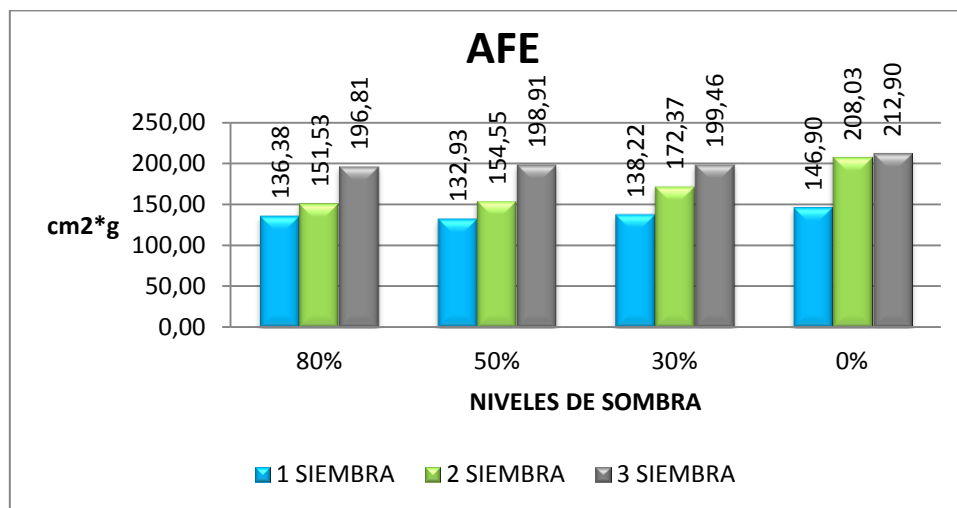


Figura 30. Área foliar específica (AFE, cm²/g) de plántulas de *Coffea arabica* V. caturra en tres épocas de siembra y distintos niveles de sombra, cantón Yantzaza 2014.

4.2.2.5. Densidad estomática

Cuadro 18. Densidad estomática de plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Yantzaza 2014.

EPOCA	NIVELES DE SOMBRA			
	80%	50%	30%	0%
1 SIEMBRA	16589	16987	17534	17989
2 SIEMBRA	11226	11989	12996	18014
3 SIEMBRA	10458	11259	14265	15214

Los resultados obtenidos en el análisis de densidad estomática se los presenta en la Figura 31; obteniendo la mejor densidad estomática en los tratamientos con menor porcentaje de sombra es decir los **S0E1**; **S0E2** y

S0E3 con densidades de 17989, 18014 y 15214 estomas/cm². Entre ellos los tratamientos que menor densidad estomática registró, fueron los de mayor porcentaje de sombra, entre ellos se encuentra el **S80E1**, **S80E2** y **S80E3**, con densidades de 16589, 11226 y 10458 estomas/cm².

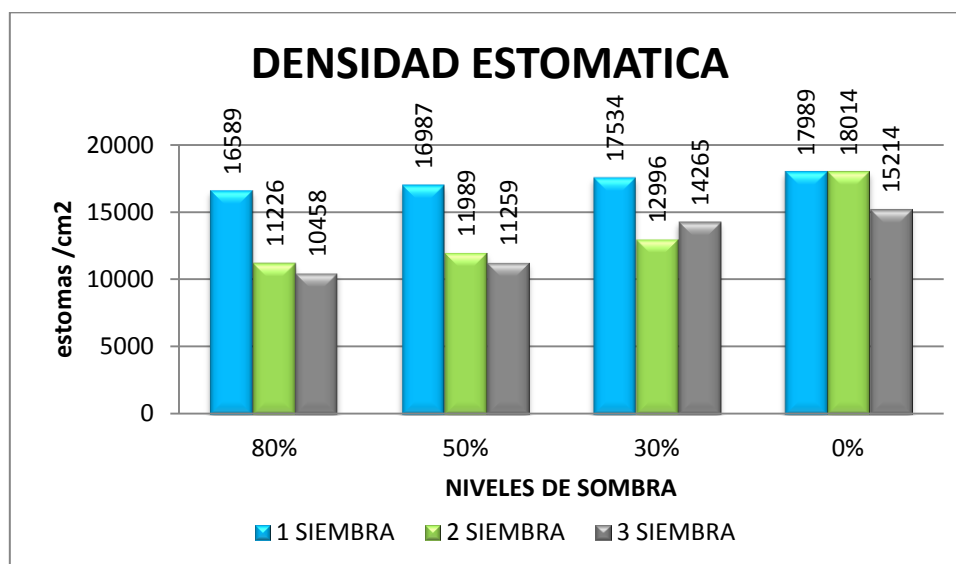


Figura 31. Densidad estomática expresada en estomas/cm² realizada en plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Yantzaza 2014.

4.2.2.6. Apertura estomática

Cuadro 19. Apertura de los estomas en plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Yantzaza 2014.

EPOCA	NIVELES DE SOMBRA			
	80%	50%	30%	0%
1 SIEMBRA	5,22	4,98	4,04	2,40
2 SIEMBRA	5,08	4,32	4,26	2,62
3 SIEMBRA	4,94	2,94	2,84	2,20

Los resultados expuestos en la Figura 32 concerniente a la apertura estomática, indica que los tratamientos **S80E1**; **S80E2** y **S80E3** registraron mayores valores de apertura los mismos que fueron 5,22; 5,08 y 4,94 micras/estoma. Así mismo los tratamientos que registraron menor apertura estomática son el **S0E1**; **S0E2** y **S0E3** con 2,40; 2,62 y 2,20 micras/estoma.

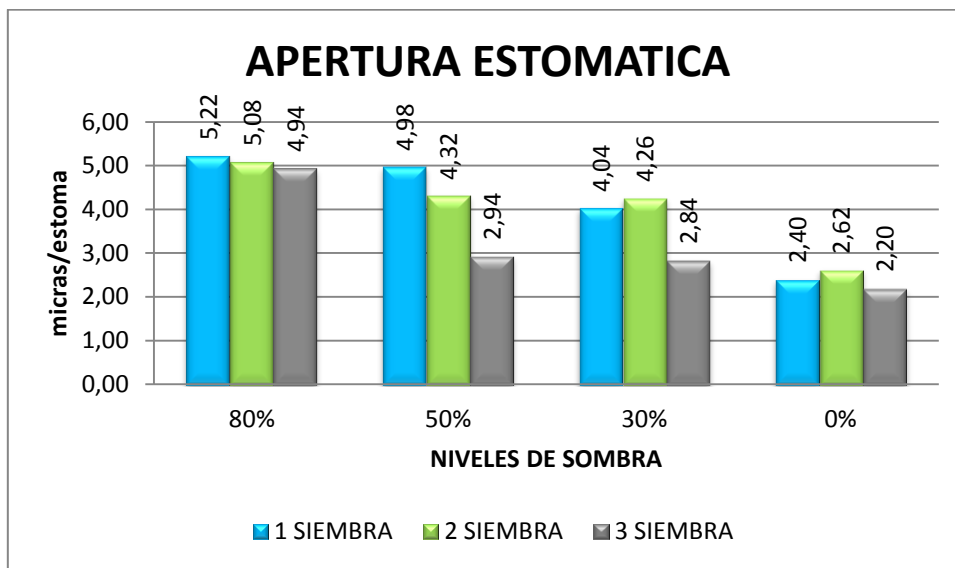


Figura 32. Apertura de los estomas expresado en micras/estoma, en plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra, Yantzaza 2014.

4.2.2.7. Contenido relativo de agua (CRA)

Cuadro 20. Contenido relativo de agua en plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Yantzaza 2014.

EPOCA	YANTZAZA			
	80%	50%	30%	0%
1 SIEMBRA	82,18	80,13	85,56	92,22
2 SIEMBRA	79,13	72,82	89,90	81,98
3 SIEMBRA	80,20	83,75	86,10	82,10

En la Figura 33 se muestra los resultados del análisis del CRA en los diferentes tratamientos; cuyos mejores resultados se evidencian en los tratamientos de menor nivel de sombra es decir el **S0E1**, **S30E2** y **S30E3** los mismos que contienen mayor porcentaje de CRA cuyos valores corresponden a 92,22; 89,90 y 86,10%. Contrario a esto los tratamientos con menor porcentaje del CRA fueron el **S50E1**; **S50E2** y **S80E3** con 80,13; 72,82 y 80,20%.

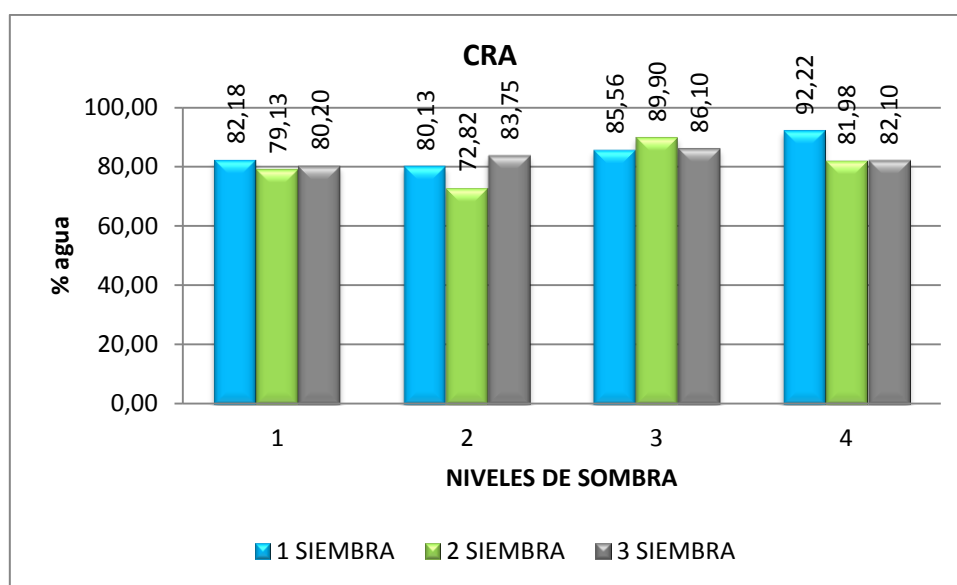


Figura 33. Contenido relativo de agua expresado en porcentaje, en plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra, Yantzaza 2014.

4.2.2.8. Clorofila

Cuadro 21. Clorofila de plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación a los niveles de sombra y época de siembra al final de la evaluación en Yantzaza 2014.

EPOCA DE SIEMBRA	TRATAMIENTOS			
	80%	50%	30%	0%
1 SIEMBRA	26,38	22,36	19,48	17,59
2 SIEMBRA	38,13	21,91	26,56	18,50
3 SIEMBRA	34,99	23,61	20,66	22,26

En la Figura 34 se indica los valores del análisis de clorofila en los diferentes tratamientos; cuyos mejores resultados se evidencian en los tratamientos de mayor nivel de sombra es decir el **S80E1**, **S80E2** y **S80E3** los mismos que contienen mayor contenido de clorofila cuyos valores corresponden a 26,38; 38,13 y 34,99 mg/g. Contrario a esto los tratamientos con menor contenido de clorofila fueron el **S0E1**; **S0E2** y **S30E3** con 17,59; 18,50 y 20,66%.

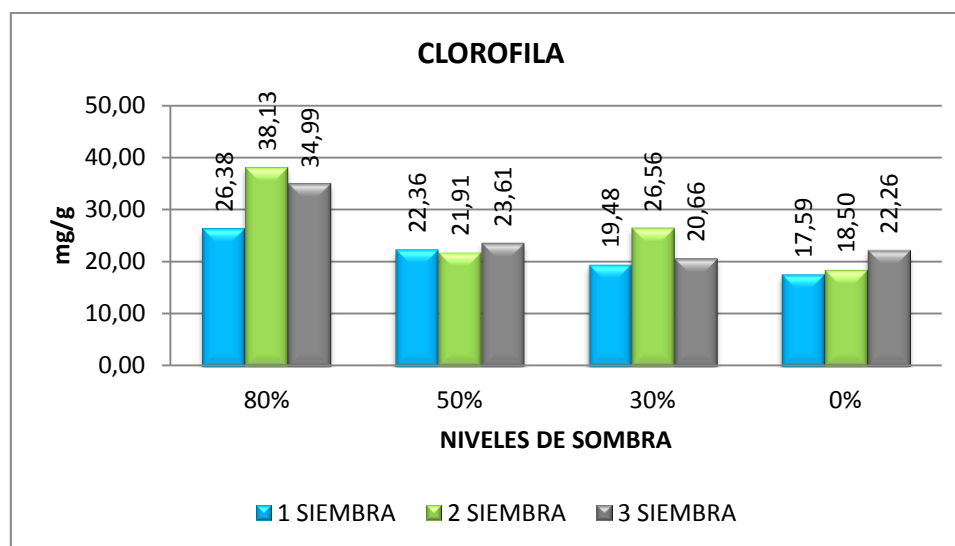


Figura 34. Clorofila expresada en mg/g, en plantas de *Coffea arabica* V. caturra en relación tres épocas de siembra y diferentes niveles de sombra, Yantzaza 2014.

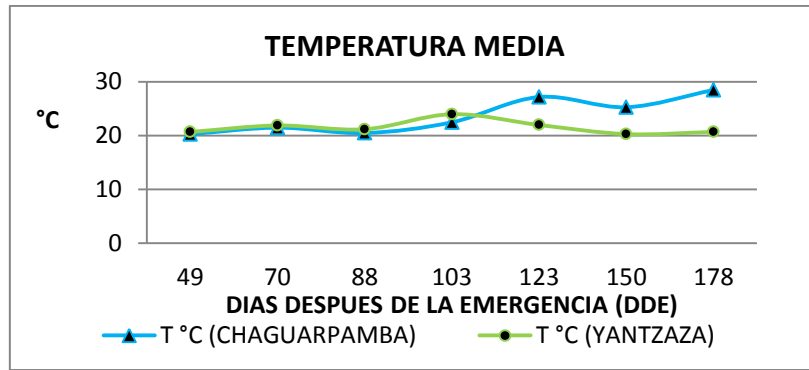


Figura 35. Temperatura media durante el ensayo en Chaguarpamba y Yantzaza.

4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DOS ZONAS DE ESTUDIO

Para realizar el análisis comparativo de los dos sitios de estudio entre la localidad de Chaguarpamba y Yantzaza, se tomó en cuenta la época y tratamiento más relevante de cada localidad, con la finalidad de buscar diferencias, sobre todo en el factor de la temperatura, el cual presenta variaciones entre los dos sitios, influyendo en el ritmo de crecimiento de plántulas de cafeto.

En el cuadro 22 se expresa los valores de la TAC de las variables: Altura planta, área foliar y peso seco total de los dos sitios, tomando en cuenta que no todas las épocas de siembra coinciden, considerando para el análisis los dos mejores tratamientos, tales como **S80E1** correspondiente al mes de julio para Chaguarpamba y **S80E1** referente al mes de mayo para Yantzaza. En los mencionados tratamientos se evidencia que en el sitio de Chaguarpamba existe un mayor ritmo de crecimiento en las plántulas, alcanzando la TAC máxima de 0,248 cm*d, comparado para Yantzaza que obtuvo 0,201 cm*d; respecto al área foliar las plántulas de Chaguarpamba obtuvieron 5,39 cm²*d

y las plántulas de Yantzaza registraron 2,31 cm²*d; y en lo que concierne al peso seco total, las plántulas de Chaguarpamba alcanzaron 0,067 g*d y 0,032 g*d en Yantzaza.

Cuadro 22. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) de las variables: Altura de la planta, área foliar y peso seco total de las dos zonas de estudio, al final de la evaluación, 2014.

Localidad	Altura planta (cm*d)	Área foliar (cm ² *d)	Peso seco total (g*d)
Chaguarpamba	0,248	5,39	0,067
Yantzaza	0,201	2,31	0,032

Se puede deducir que la temperatura fue el factor que determinó las diferencias entre los dos sitios de estudio, como se indica en la figura 35 evidenciándose las mayores temperaturas se encontraron en el ensayo de Chaguarpamba cuya temperatura promedio fue de 23,7°C y las menores temperaturas se registraron en el ensayo de Yantzaza con un promedio de 21,5°C.

4.4. DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Para la socialización de los resultados, se organizó el día de campo en el barrio “Muchime” del cantón Yantzaza, con la participación agricultores y personas interesadas en la temática. La difusión estuvo a cargo de los señores Leonardo González y Wilson Villagómez quienes mediante la técnica de exposición oral, participativa y demostrativa, dieron a conocer el tema investigado, objetivos, metodología, resultados y conclusiones de dicha investigación; además de dicha exposición se entregó un folleto divulgativo a las personas asistentes, mismo que contiene las temáticas tratadas.

5. DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvieron en el análisis estadístico, indican que existe diferencia entre los tratamientos aplicados en el experimento, tanto para el factor A (niveles de sombra) como para el factor B (épocas de siembra), debido a la incidencia de la temperatura y luminosidad mismos que influyeron en el crecimiento de las plántulas de cafeto, por lo que se interpretará los resultados de acuerdo a la afectación de estos factores en la fisiología del cafeto.

Al comparar cada indicador de crecimiento de plántulas de café, en los cuatro niveles de sombra en las dos localidades, se evidenció que existe influencia significativa de este factor sobre el crecimiento de las plántulas, razón por la cual las plántulas a nivel de vivero necesitan de un sombreado inicial, es así que en las condiciones de Cuba, comúnmente se practica regular la sombra en los viveros, con el objetivo de aclimatar a las pequeñas plántulas y lograr éxito en el establecimiento de la plantación, además se recomienda comenzar la regulación cuando las pequeñas plantas tengan dos pares de hojas y realizar esta labor paulatinamente hasta que queden totalmente expuestas al sol con uno o dos meses antes de efectuar el trasplante, en este momento los cafetos se encuentran con un desarrollo adecuado y con una robustez tal que les permite enfrentar el cambio brusco que se produce al trasladarlas del vivero al campo definitivo (Cuba, MINAG, 1987), lo mismo ratifica García y Saraguro (2011) y Valencia (1998). La influencia de la luz solar se manifiesta en los vegetales por el efecto de dos

variables: duración (fotoperiodo) e intensidad (irradiancia). De estas la que mayor influencia tiene sobre el comportamiento del género *Coffea* es la intensidad luminosa (Carvajal, 1984), y este efecto se manifiesta desde cambios en el crecimiento vegetativo, en dependencia del nivel de exposición a la radiación solar, hasta diferencias marcadas en los rendimientos, así como en variaciones en las producciones anuales.

Además de la incidencia que ejerce los mayores niveles de sombra sobre el crecimiento de las plántulas, también se evidencia como influye las condiciones climáticas y las épocas de siembra, la cual esta correlacionada con las temperaturas presentes en dichos meses, es así que el ensayo de las dos localidades se las desarrollo tomando en cuenta que son zonas cafetaleras (Duicela, G. *et al.*, 2002) y presentan diferentes características edafoclimáticas; entre ellas consta el ensayo de la localidad de Lozumbe perteneciente al cantón Chaguarpamba, que se encuentra a 760 msnm y registra una temperatura media de 23,7°C, contrastando con el ensayo en Muchime del cantón Yantzaza situada a 800 msnm y temperatura media de 21,5°C. De los ensayos mencionados, la primera época de siembra sobresale de las demás, debido a que las fechas correspondientes a la época presentan mayores niveles de temperatura, destacando entre ellas la localidad de Chaguarpamba misma que registró una temperatura media superior a la otra, esto se debe a que La temperatura media disminuye con la altitud (Goldsworthy y Fisher, 1984 y Arcila, 1988). Para Amaya *et al.* (1988) la temperatura constituye uno de los factores limitantes para el cultivo del cafeto; Valencia (1998), considera que la temperatura y las

precipitaciones son los factores que más afectan el cultivo del café. La temperatura promedio en las regiones productoras de café árabe es de 12,7°C como mínimo y de 26,6°C como máximo y una media de 21,1°C (Haarer, 1969). Una gran cantidad de autores definen el rango de temperatura adecuado para el crecimiento y la producción del cafeto entre 16°C y 25°C (Camargo, 1977; Jaramillo y Guzmán, 1984; Rena, 1986; Mitchell, 1988; Noriega, 1988; Gutiérrez, 1989; Pérez, 1989; Castillo Gladis, 1997; Ramírez, 1999 y Valencia, 1999, entre otros).

Al hacer un análisis de la variable del volumen radical, independientemente del sitio de ensayo, se obtuvo mayores valores en el nivel de sombra del 80% perteneciente a la primera época de siembra en comparación a los tratamientos de menor nivel, destacándose entre ellos el ensayo realizado en Yantzaza, esto probablemente sucede por algunos factores tal como lo indica (Devices y Albrigo, 1999), el cual menciona que el crecimiento y desarrollo de las raíces está regulado por la temperatura, conclusiones similares dice (Hepp, M.A., 1994), indicando que el crecimiento radical está condicionado por el ambiente, específicamente por la temperatura, la humedad aprovechable y la concentración de oxígeno. También se puede explicar el aumento de volumen radical en relación al crecimiento de las plántulas, pues se dice que además de existir una relación directa entre raíz y parte aérea en términos de tamaño, (Rogers y Booth, 1959; Kolesnikov, 1971; Atkinson, 1980) citados en (Sánchez *et al.*, 2001), la parte radical y la aérea, están estrechamente interrelacionadas, tanto sinérgicamente por las aportaciones de cada parte al metabolismo vegetal y al desarrollo de toda la

planta, así como también, antagónicamente, en razón de la competencia que existe entre ambas partes, significando que si una de las partes está en crecimiento activo, la otra detiene su crecimiento parcial o totalmente (letargo) donde son almacenados y, eventualmente, utilizados para la reiniciación del crecimiento vegetal (Becerril *et al.*, 1995) en Sánchez *et al.* (2001). Situación similar dice (Arcila, 2001), exponiendo que algunas especies la raíz puede servir como órgano de almacenamiento. Por otro lado la temperatura del suelo limita tanto la expansión del sistema radical como su proliferación (Kaspar y Bland, 1992).

Referente a la tasa absoluta de crecimiento (TAC), realizada en las variables altura, área foliar y peso seco total de los dos ensayos, se observó en los tratamientos que existen las tres fases de crecimiento de un vegetal: la inicial o fase de lento crecimiento, seguido por el período de rápida acumulación de biomasa y al final la disminución de unos tratamientos y estabilización en otros (Soto C, 2010). Además se observó que la primera época de siembra con mayor nivel de sombra, a medida que el ritmo de crecimiento es mayor desde el inicio, la curva de crecimiento de biomasa alcanzó el punto de inflexión más rápido que los tratamientos de menor nivel, alcanzando la TAC de altura, área foliar y peso seco total en menor tiempo comparado a los tratamiento de menor nivel de sombra, concordando con lo reportado por Ofelia y Morales (1983), los cuales mencionan que ha plena exposición solar la intensidad de transpiración es mayor, estando los tallos y las hojas menos hidratados, asimismo Lerch *et al.* (1970), compararon el crecimiento de plántulas de cafeto a plena exposición solar y bajo sombra, concluyendo que

las posturas de cafetos sombreados superaron los índices de crecimiento de las cultivadas al sol, a estas mismas conclusiones arribaron Nápoles (1985) y Nápoles *et al.* (1994). El comportamiento de la Tasa Absoluta de Crecimiento de la biomasa permite afirmar desde el punto de vista práctico, que éste es un indicador importante para poder definir cuando una plántula ha cumplido su ciclo de aviveramiento y está lista para ser trasplantada al campo definitivo, se considera que cuando disminuye la TAC indica que a partir de ese punto máximo se manifiestan factores como: luz, agua, nutrientes que limitan el crecimiento de las plántulas; si éstas permanecen por más tiempo en el vivero comienzan a disminuir los incrementos de masa seca, área foliar y disminuye su calidad y por ende sufrirán más en el momento del trasplante con las consiguientes pérdidas (Soto C, 2010). La explicación que se puede dar para que las plántulas de la primera época alcanzaran la TAC más rápido que en las demás épocas, se lo explica a través de la temperatura, debido a que en dicha época se presentaron temperaturas medias más elevadas que en las demás, haciendo que las plántulas permanezcan menos tiempo en el vivero. Según Da Matta *et al.* (2007) como regla general indica, que si la temperatura es favorable, el crecimiento del árbol de café arábica muestra una periodicidad que acompaña a la distribución de las precipitaciones (Maestri y Barros, 1977; Rena *et al.*, 1994), además confirma con lo planteado por Fitter y Hay (1987), que el efecto primario sobre las plantas cuando crecen a bajas temperaturas es la reducción de las tasas de crecimiento y de los procesos metabólicos, consecuentemente, la longitud del tiempo requerido para completar su ciclo

de crecimiento se incrementa en la medida que el clima se hace más frío, esto lo ratifica Fernández (1980), Morales y Duc Son (1982) , Morales y Jerez (1982) y Ofelia Sam y Morales (1983), cuyos resultados muestran que, aun cuando las pequeñas plántulas al crecer bajo sombra durante sus primeros estadios alcanzaron un mayor desarrollo en relación con las crecidas al sol, éstas últimas alcanzaron un crecimiento adecuado para el trasplante cuando se mantuvieron un mes más en el vivero, resultados similares reportó Soto (1994), aunque plantea que la permanencia en el vivero debe ser de alrededor de 15 días más, resultados similares en cuanto a la extensión del ciclo de aviveramiento fueron reportados por Valencia (1973) en las condiciones de Colombia. De éste análisis se desprende la importancia que para el cafeto tiene la temperatura, sombra y demás factores que inciden en el crecimiento de las plantas, los mismos que explicarían el aumento considerable de las variables altura, área foliar y peso total durante las últimas evaluaciones.

Al estudiar el área foliar específica (AFE), independientemente de las épocas de siembra, se comprobó que en los dos ensayos, los mayores valores de AFE se obtuvieron en los tratamientos de menor cobertura de sombra, los cuales pueden ser explicados a través del nivel de luz, así lo indica Bjorkman (1981) y Cuffer (1987), citados por (Benetti *et al.*, 1992), mencionando que la estructura de las hojas de cafeto puede ser influenciada por el nivel de luz a que estén sometidas durante el crecimiento. Un aumento en el nivel de luz proporciona incrementos en el grosor de la hoja, masa foliar específica, desarrollo del parénquima y número total de células de las hoja, los mismo

confirma (Lichtentalier, 1985), deduciendo que son las hojas de pleno sol las que mayor masa seca por unidad de superficie presentan en su relación con las de sombra, lo cual se debe precisamente a que las hojas bajo estas condiciones desarrollan, a través de un proceso de adaptabilidad, una doble capa de parénquima de empalizada o clorofílico, lo cual las hace mucho más gruesas (Lichtentalier, 1985) como un mecanismo de protección contra el exceso de luz (Bernardes, 1987); también Lee JH, Heuvelink E. (2003), indica que la AFE varía con la intensidad lumínica o época del año; señalando que las especies más demandantes de luz, presentan una elevada área foliar específica, además de elevadas concentraciones de N en hojas. Así mismo se observó que los tratamientos de mayor nivel de sombra en los dos ensayos, obtuvieron valores bajos en AFE, lo cual indica que la reducción en AFE se atribuye a una alteración en la estructura de la hoja, o bien al incremento en la concentración de nutrimentos o carbohidratos no estructurales en la misma (Lee JH, Heuvelink E., 2003), similar situación afirma Anten NPR, Hirose T. (1999) señalando que la AFE disminuye al incrementarse la altura de la planta, esto podría explicar la disminución de la AFE en los tratamientos que obtuvieron mayor altura de planta, debido a que en la cuarta semana de crecimiento, la AFE comienza a disminuir en la medida que se incrementa el peso seco de las hojas y la madurez de la planta (Witkowski ETF y Lamont BB, 1991). Tomando en cuenta los criterios mencionados anteriormente, se concluye que el área foliar específica disminuye con forme la planta madura, como resultado de un mayor peso de la hoja, y en la medida en que se incrementa esta área foliar, se incrementa

el contenido de nitrógeno en hoja, y este se diluye conforme la planta madura a lo largo del proceso de crecimiento, producto de la acumulación de la materia seca (Pérez Amaro, J. *et al.*, 2004).

En los análisis sobre la cuantificación de estomas realizadas en los dos ensayos, se determinó que existe mayor densidad de estomas por centímetro cuadrado en los tratamientos con menor nivel de sombra, ante esto se menciona a Weaver y Clemente (1914), el cual indica que en las hojas de sol los estomas eran más numerosos, pero de tamaño reducido, similar situación reporta Founier (1983), afirmando que por la arquitectura de las plantas cultivadas a pleno sol poseen mayor número de estomas por hoja que las cultivadas bajo sombra, asimismo IICA (1959), asevera que los estomas se presentan únicamente en la cara inferior (hoja hipostomática), y su número varía según la intensidad luminosa desde 10 000 hasta 17 000 por cm² y desde 300 000 hasta 650 000 por hoja. En lo que concierne a la apertura de los estomas, independientemente de las épocas de siembra, existe una mayor apertura de los estomas en los tratamientos de mayor nivel de sombra, debido a que los estomas en el café son muy sensibles a la intensidad de la radiación, un cierre mayor de los estomas provoca una disminución en la intensidad de la transpiración de la hoja (IICA, 1959 y Mahotiere Sauveur, 1967); de igual forma Oppenheimer (1960), indicando que en *Coffea arabica* L. la transpiración cuticular no pasa del 25%. Entonces, el comportamiento de los estomas es un factor importante en la economía de agua de la planta; por otro lado Mahotiere Sauveur (1967), presume que la temperatura de la hoja tiene efecto sobre la apertura de los

estomas. Todo esto se ratifica cuando Maestri *et al.* (2001) en Saraguro (2011), nos indica que las alteraciones en la sombra disminuiría el déficit de presión de vapor de la hoja al aire, que a su vez permitiría apertura de estomas favoreciendo así absorción de CO₂.

Los niveles obtenidos en el análisis de clorofila, indican que existe un mayor contenido en los tratamientos de mayor nivel de sombra, estos resultados podrían explicarse debido a la cantidad de luz la cual afecta a las plantas de varias maneras entre ellas la cantidad de clorofila (IICA, 1959); la luz absorbida por las moléculas de clorofila en las hojas puede ser utilizada para hacer funcionar la fotosíntesis o ser convertida a otras formas de energía no acumulable, disipar como calor el exceso de luz absorbida es una transformación que realizan las clorofilas (Krause; Weis, 1991; Maxwell; Johnson, 2000). Refiriéndose a la fotosíntesis se dice que es un proceso durante el cual las plantas con clorofila convierten la energía de la luz (energía electromagnética) en energía potencial química (IICA, 1959). Nutman (1937), fue el primero en plantear que la fotosíntesis del cafeto es mayor en condiciones de baja luminosidad en comparación con el pleno sol, éste fue atribuido a la alta radiación, ya que aparentemente ésta no se correlacionaba ni con el contenido de agua en las hojas, ni con la acumulación de fotosintatos, resultados similares fueron obtenidos por Tió (1962), similares resultados obtuvieron. Kumar y Tieszen (1980), los cuales compararon las tasas fotosintéticas de cafetos cultivados bajo sombra y a plena exposición solar concluyendo que las plantas sombreadas presentaron tasa fotosintética sustancialmente mayor. Por otro lado De Armas *et. al.*,

(1988), menciona que a bajas temperaturas las velocidades fotosintéticas son muy bajas; cuando la temperatura aumenta, se incrementa notablemente la velocidad de la fotosíntesis. Todo esto podría explicar el aumento del contenido de clorofila en los mayores niveles de sombra, lo cual está correlacionado con la mayor tasa fotosintética evidenciado en el crecimiento de las plantas.

Los resultados que se obtuvieron en el análisis del contenido relativo de agua (CRA) según la fórmula dada por Weatherley (1970), citado por (Rodríguez Ontiveros J.L., 1996), se registraron en los menores niveles de sombra pertenecientes al ensayo de Yantzaza, cuya explicación estaría influenciada por el nivel de humedad presente en el suelo y el grado de desarrollo que tengan las plantas (Jerez *et al.*, 1994). Algunos autores De Almeida y Maestri, (1997), aseguran que por efecto de déficit hídrico se han obtenido valores de CRA, en café, entre 50 a 70%. Cabe destacar que Da Matta *et al.* (1993), citando a varios autores, indican que las hojas de café, en comparación a otros cultivos, mantienen un alto contenido relativo de agua aún en condiciones de deshidratación y esto se atribuye a un eficiente control de apertura estomática.

6. CONCLUSIONES

- ◊ Los mayores niveles de sombra como 80 y 50% fueron los que favorecieron en el crecimiento de las plántulas de cafeto, tanto en la localidad de Chaguarpamba como en la de Yantzaza.
- ◊ La primera época de siembra es la mejor, tanto en la localidad de Chaguarpamba como en Yantzaza, debido a que las plántulas de café en las variables altura planta, área foliar y peso seco total, alcanzan la tasa absoluta de crecimiento (TAC) en menos tiempo.
- ◊ La localidad de Chaguarpamba resultó ser el sitio en que las plántulas se desarrollaron más, debido a que la temperatura promedio durante el ensayo fue mayor en comparación a Yantzaza.
- ◊ La TAC referente a las variables altura planta, área foliar y peso seco total en los dos sitios de ensayo resultó ser diferente, debido a la influencia que ejerce la temperatura en el crecimiento de las plántulas de cada localidad.
- ◊ La temperatura es el factor determinante en el crecimiento de las plántulas de café, influyendo directamente en la extensión del ciclo de permanencia a nivel de vivero, tanto en Chaguarpamba como en Yantzaza.
- ◊ Existe una interacción entre los factores sombra, época de siembra y temperatura, los cuales inciden directamente sobre el crecimiento de las plántulas de cafeto.

7. RECOMENDACIONES

- ◊ Para realizar la siembra de semillas de café en Chaguarpamba, considerar la época de siembra del mes de julio y para Yantzaza el mes de mayo, debido a que las altas temperaturas que se presentan en dichos meses favorecen al crecimiento de las plántulas de café a nivel de vivero.

- ◊ Prolongar la investigación a condiciones de campo, para determinar el comportamiento de las plantas en los niveles de 80 y 50%, debido a que estos niveles lograron mejores resultados.

- ◊ Realizar investigaciones en otras zonas cafetaleras con la finalidad de contrastar resultados.

8. BIBLIOGRAFÍA

Albrigo, L; Devices, F. 1999. Cítricos. Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España.

Amaya, F. *et al.* 1988. Paquete tecnológico para la producción de café. Series Paquetes Tecnológicos (6) Maracay (Venezuela). 307 p.

ANACAFE. 2007. Sombra del Café (*Coffea arábica*). Departamento de Asistencia y Cooperación Técnica Región IV. Guatemala. N° 292. pp. 23-28.

Anten NPR, Hirose T. 1999. Interspecific differences in above-ground growth patterns result in spatial and temporal partitioning of light among species in a tall-grass meadow. *J Ecol*;(87):583-597.

Arcila P., *et al.* 2001. Application of the “Extended BBCH - Scale” for the description of the growth stages of coffee *Coffea* sp. *Ann app. Biol.* In press.

Arcila, J. 2007. Crecimiento y desarrollo de la planta de café. Colombia, pp. 25,30.<http://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>. (Consultado Noviembre 2012).

Arcila, J. 1988. Tecnología del cultivo del café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia 2ª ed.

Atkinson, A. C. and Donev, A. N. 1992. *Optimum Experimental Designs*. Oxford: Clarendon Press.

Barrera J.; Suárez D.; Melgarejo L. 2012. Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Departamento de biología. Universidad Nacional de Colombia.

Barva. H. 2011. Guía técnica del café. Instituto del café Costa rica. ICAFE - CICAPE. 1ra ed. Costa Rica. p 72. En línea

<http://www.icafe.go.cr/icafe/anuncios/documentos/GUIA%20TECNICA%20V10.pdf>. Consulta [08-01-2014]

- Benetti, Q.V.R.; J.I. Fal; C. M. Carvalho. 1992: Variação na anatomía foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. Bras. Fis. Veg. 4(2): 99-105.
- Bernardes, M. S. 1987. Fotosíntesis no dossel das plantas cultivadas. E: Ecofisiología da Producao Agrícola. Piracicaba. Associacao Brasileira para Pesquisas da Potassa e do Fosfato. pp. 13.-48.
- Camargo, A. P. 1977. Zoneamento da aptidão climática para cafeicultura de arabica e robusta no Brasil. E: Fundação IBGE, Río de Janeiro. Recursos naturais, meio ambiente e poluição. pp 68-76.
- Cannell, M. G. R. 1985. Coffee: Botany, biochemistry and production of beans and beverage. Edited by M.N. Clifford & K. C. Willson, Ed. London, 457 p.
- Cañadas, L. 1983. El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. MAG-PRONAREG. Quito, Ecuador. 210 P.
- Carrasco, J. Tecnologías de desinfección de suelos y sustratos en hortalizas. Seminario: fitosanitario en hortalizas para la zona sur. 70 p. En línea <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR34579.pdf>. Fecha de consulta [consulta 19- 02-2014]
- Carter, T. 1989. Breeding for drought tolerance in soybean where do we stand World Soybean Conference. (4., 1989, Buenos Aires, Argentina). (en prensa).
- Carvajal, J.F. 1984. Cafeto, cultivo y fertilización. Instituto Internacional de la Potassa, Berna.

- Carvalho, A. Ferwerda, F. Frahm Leliveld, J. D. Medina, D; Mendes, A.: Manaco, L. 1987. Café. In: Genotecnia de cultivos tropicales perennes. Editores: Ferwerda, F.P y F. Wit. Primera edición en español. México.
- Castillo, Gladis et. al. 1997. Tecnología para la producción de café en México. INIFAP. Folleto Técnico Num. 8. 2ª. reimpresión. Abril. 90 p.
- Castro, G. 2005. <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/609/60911216.pdf>
- Cebolla, V. La solarización como método de desinfección del suelo. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Vol. N°3. 2 p. En línea http://www.ivia.es/otri/pdf/fichas/FT_HOR_3.pdf. Fecha de consulta [consulta 19- 02-2014]
- Charrier, A. and Berthaud. 1985. Botanical classification of coffee. In: Coffee “Botany, Biochemistry and Production of Beans and Bererage”. Edited by M.N. Clifford and K.C. Willson. Wesport, Connecticut. 1347 p.
- CONSEJO CAFETALERO NACIONAL - COFENAC. 2013. Situación del Sector Cafetalero Ecuatoriano. Portoviejo, Ec., 65 p. En línea <http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/09/situacion-sector-cafe-ecu-2013.pdf>. [consulta 11- 07-2013]
- CONSEJO CAFETALERO NACIONAL - COFENAC *et al.* 2003. Los cafés de especialidades de la mitad del mundo-Ecuador Manabí, Ecu. 124 p.
- Cuba, MINAG. 1987. Instrucciones Técnicas para el cultivo del Café y del Cacao. 208 p.
- Cueva, J.; Arteaga, A. Estudio de sustratos y tamaños de funda para la producción de plantas de café a nivel de vivero para la provincia de Loja. Tesis Ing. Agr. Loja, Ec. Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agrícolas. 75 p.

- Da Matta, F. M.; Maestri, M.; Barros, R. S; Regazzi, A. 1993. Water relations of coffee leaves (*Coffea arabica* and *C. canephora*) in response to drought. *Journal of Horticultural Science*: 68(5): 741 - 746.
- Da Matta, F.M. Y J.D.C. Ramalho. 2007. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Braz. J. Plant Physiol.* 1, 55-81.
- De Almeida, A.- A, F; Maestri, M. 1997. Photosynthetic oxygen evolution by four *Coffea arabica* genotypes subjected to a dehydration/rehydration cycle. *Journal of Horticultural Science* 72 (4) 593 - 599.
- De Armas, R., E. Ortega y Rosa Rodés. 1988. *Fisiología vegetal*. La Habana: Ed. Pueblo y Educación. 325 p.
- Duicela. 2011. *Manejo sostenible de fincas cafetaleras*. Manta, Ec., 26 p.
- Duicela, L. *et al.* 2003. Influencia de las abonadoras orgánicas sobre el crecimiento vegetativo de las plántulas de café en vivero. COFENAC. 3 p. En línea <http://cofenac.org/documentos/Viveros-de-Cafe.pdf>. Fecha de consulta [consulta 19- 07-2013]
- Duicela, L., Farfán, D., Cedeño, L., Palma, R., Sánchez, J., Villacís, J. 2002. *Zonificación Cafetalera del Ecuador para la Producción de cafés de especialidades*. COFENAC, ultramares el café, NESTLÉ, PROMSA. Ecuador. 99 p.
- El Agro. 2012. Buenas perspectivas para el café ecuatoriano. *Revista el Agro. Ec.* En línea <http://www.revistaelagro.com/2012/10/04/buenas-perspectivas-para-el-cafe-ecuatoriano>. Fecha de consulta [consulta 11- 07-2013]
- Enríquez, G. 1993. *Ecofisiología del Cultivo*. En: *Manual del Cultivo del Café*. INIAP, FUNDAGRO, GTZ. Quevedo, Ecuador. pp. 28-40
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO 2014. *Manejo de tejidos en el cultivo del café*. 3 p. En línea

<http://teca.fao.org/es/read/3774>. Fecha de consulta [consulta 11-07-2013]

Fernández, J. 1980. Estudio comparativo de diferentes modalidades de aviveramiento de plantas de cafeto. Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Café y Cacao (La Habana) 2 (2): 17-25.

Fischersworing, B; Robkamp R. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. Tercera edición actualizada. GTZ. Editorial López. Colombia. 153 p.

Fitter, A.H. 1987. An architectural approach to the comparative ecology of plant root systems. New Phytologist 106, 61-77.

Fournier, L.A.; Herrera de Fournier, M. E. 1983. Una década de observaciones fenológicas en café (*Coffea arabica* L.) en Ciudad Colón, Costa Rica. Revista de Biología Tropical 31:307-310.

FUNSALPRODESE. 2000. Guía para el establecimiento de café. San Salvador. 7 p. En línea http://www.funsalprodese.org.sv/pdf/boletines_informativos/Establecimiento_y_Manejo_de_cafe.pdf. Fecha de consulta [consulta 09- 04-2014]

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE ZAMORA CHINCHIPE 2011. Yantzaza [Disponible en <http://www.zamora-chinchipe.gov.ec/>][Fecha e consulta: 20 de Diciembre de 2011]

Goldsworthy, P. R.; N. M. Fisher. 1984. The physiology of tropical field crops. New York: John Wiley and sons.

Gómez, L.F., Montoya, E.C., López; Riaño, N.M. 2001. Estimación de la fotosíntesis en plantas completas y validación de un modelo matemático para el cafeto *Coffea arábica* L. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, Valdivia, Chile.

- González de Miguel, C. 2007. Producción de café en Honduras: Modelado de las relaciones cafeto-arbolado. Universidad Politécnica de Madrid, escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos; Departamento de producción vegetal: Fitotecnia. 232 p.
- Gutiérrez, G. 1989. Modernización de la caficultura costarricense. 13 Coloquio Científico Internacional sobre el café. Paipa (Colombia) 21-25 Agosto P. 600-616.
- Guyot, B. et. al. 1996. Influence de l'altitude et l'ombrage sur la qualité des cafés arabica. Plantations, recherche, developpement. 3(4): 272-283.
- Guzmán, O. 1985. Verificación de medidas de temperatura del aire. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Chinchiná, Caldas, Colombia. CENICAFE. 36 (3): 103- 109
- Haarer, A. 1984. Producción Moderna de Café. Segunda edición revisada. Editorial Continental S. A. México. 622 p.
- Haarer, A. E. 1969. Producción moderna de café. La Habana. Ed. Revolucionaria. 652 p.
- Hepp, M.A. 1994. Water quality concerns in irrigated agriculture. p. 91-98. In: Williams, K.M. and T.W. Ley (Eds.) Tree Fruit Irrigation. Good Fruit Grower. Yakima, Washington, USA.
- IDESIA. 2002. Cambios en los contenidos de clorofila, proteínas y niveles de fluorescencia de clorofila en plantas de café *Coffea arábica* L. cultivadas en zonas áridas en diferentes condiciones de luminosidad. Chile. 20 (2): pp 111-118
- Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). 1959. Recientes progresos en nuestro conocimiento del árbol de café. Traducción de la edición especial de Coffee and Tea Industries 81(11). Nov. 1958. Turrialba, Costa Rica, pp. 11-23.

- Jaramillo, A; O. Guzmán. 1984. Relación entre la temperatura y el crecimiento en *Coffea arabica* L. Variedad Caturra. CENICAFÉ 35(8): 57-65.
- Jerez, E.; Torres, W.; Dell' Amico, J.; Morales, D. 1994. Comportamiento del cultivo de la papa sometida a diferentes niveles de humedad en el suelo. II Análisis del estado hídrico de las plantas. Cultivos Tropicales 15 (2):28 - 33.
- Kaspar, T.C; Bland, W.L. 1992. Soil temperature and root growth. Soil Science 154 (4), 290-299.
- Krause, G. H; Weis, E. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics. Annu. Rev. Plant Physiology 19: 223-232.
- Kropff, M. J.; C. J. T. Spitters. 1990. Introduction to crop ecology. Selected topics in vegetable production. Wageningen.
- Kumar, D.; Tieszen, L.L. 1980. Photosynthesis in *Coffea arabica* L. I. Effects of light and temperature. Exp. Agric. 16: 13 – 19
- La Lima.; Cortés. 2004. Producción de café con sombra de maderables. Fundación Hondureña de investigación Agrícola. Honduras. 24 p. En línea
http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/gpcafeconsombramaderables.pdf. Fecha de consulta [consulta 09- 04-2014]
- La Llana, V. H.; *et al.* 2004. Fisiología Vegetal. Crecimiento. Cátedra de fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. Oro Verde, Paraná. 21 p.
- Lee JH, Heuvelink E. 2003. Simulation of leaf area development base on dry matter partitioning and specific leaf area for cut *Crysanthemum*. Ann Bot (91):319-327.

- Lerch, G. *et al.* 1970. Café Caturra, crecimiento y desarrollo en el vivero experimental del Wajay. II. Crecimiento. Academia de Ciencias de Cuba. Biología 24:1-22.
- Lichtentalier, H.R. 1985. Differences in morphology and chemical composition of leaves grown at different light intensities and quality control of leaf growth, SEB.
- Maestri M, Santos-Barros R. 1977. Coffee. P. 249-78 In: Alvim P de T, Kozlowski TT (eds.). Ecophysiology of Tropical Crops. New York: Academic Press.
- Mahotiére Sauveur 1967. Efecto de la luz solar sobre temperatura y movimiento de estomas en las hojas del cafeto (*Coffea arabica* L.) Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA centro de Enseñanza e Investigación Turrialba, Costa Rica. 103 p.
- Mahotiére Sauveur, 1967. Efecto de la luz solar sobre temperatura y movimiento de estomas en las hojas de cafeto (*Coffea arabica* L.), IICA, Centro de Enseñanza e Investigación Turrialba, Costa Rica, 103 p.
- Marín, F.R.; *et al.* 2003. Solar radiation interception and its relation with transpiration in different coffee canopy layers. Revista Brasileira de Agro meteorología, Santa María, 11 (1): 1-6.
- Marín. G. 2012. Producción de cafés especiales. Centro de estudios y Promoción del desarrollo. DESCO. Perú; Lima. p 44. En línea En línea <http://www.scielo.org.co/pdf/rcca/v11n8/v11n8a1.pdf>. Consulta [08-01-2014]
- Maxwell, K; Johnson, GN. 2000 Chlorophyll fluorescence - a practical guide. Journal of Experimental Botany 51: 345, 659-668
- Mcgraw Hill 1998. Bioquímica, Interamericana, 2ª. Ed., España.

- Mitchell, W. 1988. Cultivation and harvesting of the arabica coffee tree. En: Coffee. Vol. 4. Agronomy. Ed. by R. J. Clarke and R. Macrae. Elsevier Applied Science. pp 43-90.
- Monge, M. A; Guevara, R. 1999. Agriculture in alliance with nature: CATIE's recent advances and conservation of plant genetic resources. Turrialba, CR, CATIE. 128 p. (Serie Técnica. Informe Técnico; CATIE; no. 315).
- Morales D.; N. Duc Son. 1982. Estudio comparativo de diferentes métodos para la obtención de plántulas de cafetos. Cultivos Tropicales 4(2): 281-292. Morales, D. y E. Jerez. Influencia de la humedad del suelo sobre el crecimiento del cafeto, medida a los ocho meses, en viveros al sol. Cultivos Tropicales 4(4):675-83.
- MUNICIPIO DE YANTZAZA 2011. Yantzaza. [Disponible en <http://www.yantzaza.gob.ec>][Fecha de consulta: 20 de Diciembre de 2011]
- Nápoles, S. 1985. Producción de posturas de café bajo sombra y a plena exposición solar. Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie Café y Cacao. 7(1): 81-88.
- Nápoles, S., L. A. Paneque, G. Tabares; Bárbara Cumbá. 1994. Influencia de tres especies de árboles de sombra sobre el comportamiento de plántulas de café producidas en vivero. IX Seminario Científico del INCA. Cultivos Tropicales. 15(3).
- Noriega, C. 1988. Determinación del material foliar representativo del estado nutricional del cafeto (*Coffea arabica* L.) var. Bourbón, Caturra y Mundo Novo; época de muestreo y levantamiento nutricional del cultivo en la Sierra Norte de Puebla. Tesis presentada como requisito para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. México. Univ. Autónoma de Chapingo. 122 p.

- Nutman, F.J. 1937. Studies on physiology of *Coffea arabica* L. II. Stomatal movements in relation to photosynthesis under natural conditions. *Annals of Botany*, 1(4): 681 – 693.
- OIRSA, 2001. Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional VIFINEX. Costa Rica. pp. 21-28. En línea <http://www.manualcafeorganico.com>. Fecha de consulta [consulta 09- 04-2014]
- OIRSA. 2005. Buenas prácticas de cultivo en café orgánico (para productores). OIRSA. El Salvador. 39 p. En línea <http://site.ebrary.com/lib/unlsp/docDetail.action?docID=10088786&p00=cafe%20caturre>. Fecha de consulta [consulta 09- 04-2014]
- Oppenheimer, H.R. 1960. Adaptation to drought: xerphytism. In United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Plant water relationships in arid and semi-arid conditions. Paris, UNESCO, pp. 105-133.
- Ordoñez, M. 2013. Producción de semilleros y viveros de café. 54 p. En línea [n%20de%20Semilleros%20y%20Viveros%20de%20Caf%C3%A9%20\(3\).pdf](#). Fecha de consulta [consulta 09- 04-2014]
- Pastor, J. 2000. Utilización de sustratos en viveros. En línea <http://compostamasvi.com.mx/ebooks/vivero.pdf>. Fecha de consulta [consulta 19- 07-2013]
- Pérez Amaro, José Alberto, *et al.* 2004. 42(3):447-458 Witkowski ETF, Lamont BB. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecol Téc Pecu Mex* 1991;(88):486-493.
- Pérez, E. 1989. Zonificación agroecológica del cultivo de café en la zona centro de Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 133 p.

- Ramírez, J. E. 1999. Manejo agronómico del cultivo de café en Costa Rica. Seminario del café. Tecnologías para producir altos rendimientos y buena calidad. Ciudad de Guatemala.
- Rena, A. B.; M. Maestri. 1986. Fisiología do cafeeiro. En: Cultura do cafeeiro. Factores que afectam a productividade. Sao Paulo. Potafos. pp 13-85.
- Rena, B.A; Barros, S.R; Maestri, M; Sondahl, M.R. 1994. Coffee. En: Handbook of enviromental phisiology of fruit crops. Volume II: Subtropical and tropical crops. CRC Press. pp 101-122.
- Rodríguez Larramendi Luis Alfredo. 2002. Efecto eco-fisiológico de diferentes niveles de irradiancia en la productividad biológica y agrícola del cafeto (*Coffea arabica* L.) en ecosistemas típicos de la Sierra Maestra. Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” Facultad de Agronomía Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov” La Habana. 124 p.
- Rodríguez Ontiveros, J. L. 1996. Taller de Fisiología Vegetal. Colegio de Postgraduados - IREGEP. México. 62 p.
- Rodríguez, R.; Orna, R.; Álvarez, A.; Reynoso, L.; Elourrieta, F. 1980. El Cultivo del Café en el Perú. Primera edición. Ministerio de Agricultura y Alimentación. Boletín Técnico Nº 6. Perú. 59 P. http://books.google.com.ec/books?id=Dn0zAQAAMAAJ&printsec=frontcover&dq=caf%C3%A9+en+vivero&hl=es&sa=X&ei=EF1NU_iYJKXi0gHD1IGICw&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q=caf%C3%A9%20en%20vivero&f=false. Fecha de consulta [consulta 09- 04-2014]
- Ruíz. M. *et al.* 2009. Los Mercados del Café y de los Cafés Especiales. Situación Actual y perspectivas. MIDAS. Ecuador. 60p
- Sam, Ofelia; D. Morales. 1983. Crecimiento de plántulas de cafeto (*Coffea arabica* L. Var. Caturra) al sol y bajo sombra controlada. I. Viveros en bolsa. Cultivos Tropicales 5(1):83-93, INCA.

- Sánchez, E. C. 2001. Uso y manejo de los hongos micorrizógenos arbúsculares y los abonos verdes en la producción de posturas de cafeto (*Coffea arabica* L.) en tres tipos de suelos representativos del macizo Guamuhaya. Tesis presentada para optar por el grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. UNAH-INCA, 100 p.
- Santos M. *et al.* 2010. Análisis del crecimiento y relación demanda de cuatro variedades de papa en el Municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. 63(1): 5253 – 5256.
- Saraguro, E.; García, M. 2011. Evaluación de microorganismos y niveles de sombra en la producción de plántulas de cafeto *Coffea arábica* L. V. Caturra en el cantón Chaguarpamba. Tesis Ing. Agron. Loja, Ec. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. pp 6-30.
- Saritamá 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. Tesis Ing. Agr. Loja, Ec., Universidad Nacional de Loja. Carrera de Ing. Agronómica 98 p.
- Schonfeld, M. A.; Johnson, R.C.; Carver, B.F.; Mornhinweg, D.W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Science 28:526-531.
- Sedano, G. *et al.* 2005. Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita. Revista Chapingo serie Horticultura, vol. 11, no. 002, p. 291-297.
- SICA-INEC-MAG. 2.002 III Censo Nacional Agropecuario. Ecuador. 36 p.
- Soto F. 1977. Cafeto. Algunos apuntes sobre su fisiología. CIDA. Boletín de Reseñas. Serie Agricultura. Vol. 4 No. 5. 1977. 53 p.

- Soto F. 2010. Ecofisiología del cafeto. Universidad Agraria de la Habana, Cuba. pp 81 - 137
- Soto, A.F.; Hernández, A.P.; Tejeda, T.; Zamora, E.; Chaterlán, Y.; Fugueredo, A.; Fuente, P.; González, H. 1999. Zonificación agroecológica preliminar del cafeto en el macizo montañoso Sgua-Nipe- Baracoa. Simposio Internacional de Café y cacao. CUBACAFÉ 99, Programa de Conferencias y Resúmenes. Santiago de Cuba, 25-27 de Noviembre.
- Soto, F. 1994. Crecimiento de posturas de cafetos (*C. arabica* L.) influido por diferentes condiciones de aviveramiento. Tesis de Grado (Dr. En Ciencias Agrícolas).- San José de las Lajas. INCA, 174p.
- Sotomayor, I. *et al.* 1988. Manual práctico de semilleros de café. Programa de café-estación experimental tropical Pichilingue. Segunda edición. Quevedo Ecu. 44 p.
- Suárez, J. 1972. El clima de la zona cafetera. En: Avances Técnicos de CENICAFÉ Tomo I. N° 15. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Chinchiná, Caldas, Colombia. pp 13-16.
- SUNMAP. 2011. Yantzaza, Ecuador [Disponible en: <http://www.sunmap.ec>][fecha de consulta: 20 de Diciembre de 2011]
- Tio, M. A. 1962. "Effect of light intensity on the rate of apparent photosynthesis in coffee leaves". *J. Agric. Univ. P. R.* 46, 159 – 166.
- Torres, W. 1985. Metodología del análisis del crecimiento en plantas, aplicado al estudio del desarrollo de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en diferentes fechas de plantación. Tesis de Grado (Dr. en Ciencias Agrícolas).- San José de las Lajas: INCA, 94p.
- Ureña, D. 2009. Manual de buenas prácticas agrícolas en los cultivos de café en asocio con aguacate. 53. p. En línea

<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00190.pdf>. Fecha de consulta [consulta 19- 07-2013]

Valencia, A.G. 1973. Relación entre el índice de área foliar y la productividad del cafeto. CENICAFÉ 24:79-89.

Valencia Aristizabal., G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. INPOFIOS. Quito (Ec.). p. 1-8.

Valencia, G. 1999. Fisiología de la producción de café, nutrición y fertilización. Seminario del café. Tecnologías para producir altos rendimientos y buena calidad. Ciudad de Guatemala.

Valencia, A. 1988. Nutrición mineral del cafeto, In: Tecnología del cultivo del café, Comitecafe-Caldas, CENICAFÉ. 2 ed. Colombia. Editorial INPOFOS. pp. (A).

Weaver, J. E.; Clements, F. E. 1914. Ecología vegetal. Traducción de la 2 ed. Inglesa por Ángel L. Cabrera. Buenos Aires, Acme Agency. 667 p.

Witkowski ETF, Lamont BB. 1991. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. Oecol; (88):486-493.

9. APÉNDICE

APÉNDICE 1

ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUSTRATO



LABORATORIO DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS, AGUAS Y
BROMATOLOGÍA
ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

LASAB

Provincia:	Loja – Zamora	FECHA DE INGRESO:	09 de septiembre de 2013
Cantón:	Chaguarpamba – Yanzatza	FECHA DE EGRESO:	11 de noviembre de 2013
Parroquia:	Lozumbe - Muchine	RESPONSABLE:	Tania Cabrera

1. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Cód. Lab.	Cód. Campo	pH	M.O.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
			%	ppm	ppm	ppm	meq/100 ml	meq/100 ml
1124	Cha.	5.9	11.4	66.9	113.5	321.1	7.97	0.86
1125	Yan.	5.6	14.4	123.8	129.5	490.9	8.30	0.83

2. INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS

Cód. Lab.	Cód. Campo	pH	M.O.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
			%	ppm	ppm	ppm	meq/100 ml	meq/100 ml
1124	Cha.	Medianamente ácido	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Bajo
1125	Yan.	Medianamente ácido	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo

APÉNDICE 2

PROTOCOLO DE LA TÉCNICA DE VERNON PARA DETERMINAR LA CLOROFILA “a”, “b” y Total EN ESPECIES VEGETALES MEDIANTE LECTURAS DE ABSORBANCIA EN EL ESPECTROFOTÓMETRO.

MATERIALES:

- Probeta de 100 ml.
- Papel filtro
- Vaso de 250 ml
- Mortero
- Pipeta de 10 ml
- Matraz aforado de 100 ml
- Embudo
- Espectrofotómetro
- Hojas de café

REACTIVOS:

- Acetona al 85%
- Na₂SO₄ anhidro

PROCEDIMIENTO:

- Pesar 5 g de muestras de hojas verdes, pasar a un mortero y agregar acetona al 85% hasta cubrir las hojas.
- Triturar las hojas con cuidado y reposar por 24 horas.
- Filtrar el líquido a través de papel filtro con una capa de sulfato de sodio anhidro, recogiendo el filtrado en un matraz aforado de 100 ml.
- Lavar la muestra con más acetona, hasta que quede sin color verde.
- Al final aforar a 100 con acetona y tomar la lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 660 y 642.5 nm usando como blanco acetona.

CÁLCULOS:

CLOROFILA TOTAL EN mg/g= $7.12 \times \text{Lec. Abs. A } 660 + 16.8 \times \text{Lec a } 642.5$

CLOROFILA a= $9.93 \times \text{Lec. Abs a } 660 - 0.777 \times \text{Leca bs } 642.5$

CLOROFILA b= clorofila total – clorofila a

APÉNDICE 3

PROTOCOLO DE LA TÉCNICA DE TURNER PARA DETERMINAR EL CONTENIDO RELATIVO DE AGUA (CRA)

MATERIALES:

- Sacabocados
- Balanza analítica
- Agua
- Recipiente
- Papel absorbente
- Estufa
- Hojas de café

PROCEDIMIENTO:

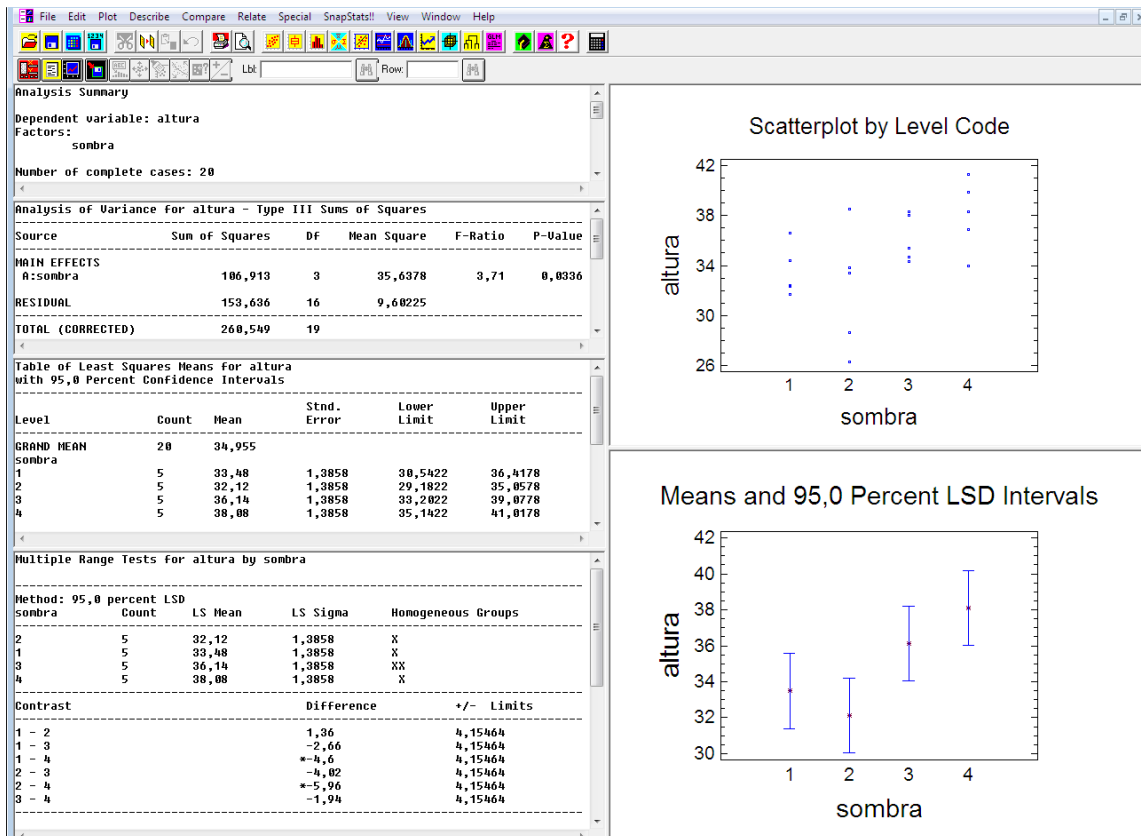
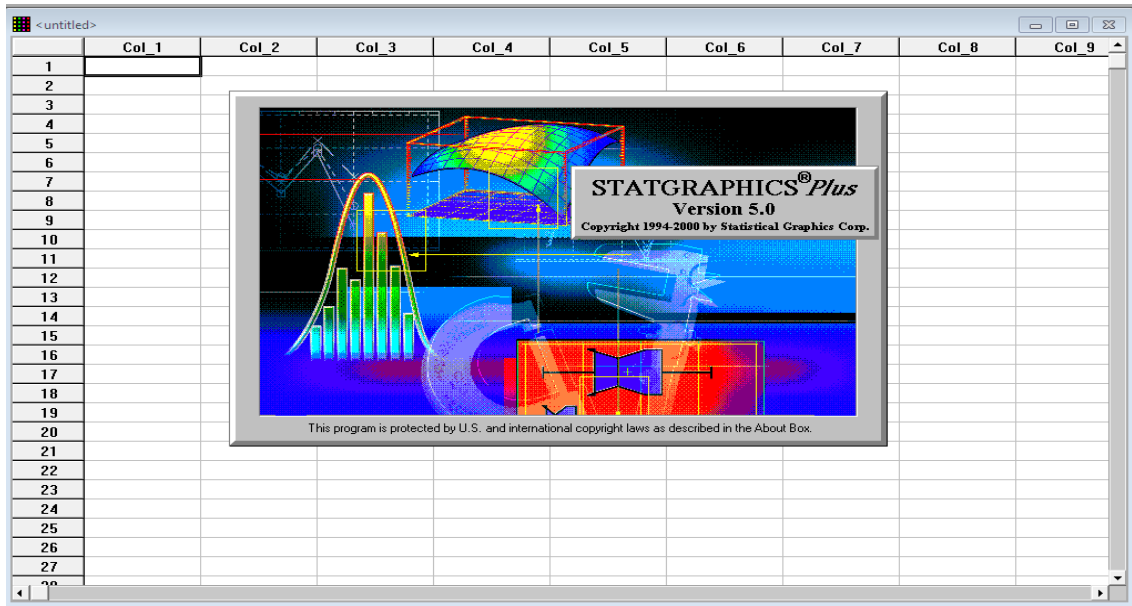
- Cortar hojas o discos de ellas con sacabocado, pesarlas para obtener el peso fresco (PF).
- Hacerlas flotar en agua durante 3 o 4 horas, para que alcancen su turgencia máxima. Este paso debe realizarse bajo una intensidad de luz correspondiente al punto de compensación para evitar la pérdida de materia seca por respiración o ganancia por fotosíntesis.
- Secar los diferentes discos de tejidos de hoja, con un papel absorbente, para eliminar el excedente de agua en la parte exterior y se vuelven a pesar obteniendo el peso fresco de turgencia (PFT).
- Posteriormente son llevadas a una estufa a 105°C por 24 horas, para su secado hasta que alcance peso constante (PS).
- Los tres valores obtenidos se usan para determinar el CRA, según la fórmula dada por Weatherley (1970), citado por Rodríguez Ontiveros J. L. 1996 cómo:

$$\text{CRA} = \frac{(\text{Peso fresco} - \text{Peso seco})}{\text{Peso fresco a máx. Saturación} - \text{Peso seco}} \times 100$$

APÉNDICE 4

SOFTWARE PARA DETERMINAR EL ANÁLISIS DE VARIANZA

Statgraphics: es un software que está diseñado para facilitar el análisis estadístico de datos.



APÉNDICE 5

Folleto del día de campo. Loja, 2014.

CONCLUSIONES

- La temperatura resultó ser el factor determinante en el crecimiento de las plántulas de café, Tanto en Chaguarpamba como en Yantzaza.
- Los niveles de sombra del 80 y 50% fueron los tratamientos que tuvieron el mayor crecimiento de plántulas en las dos localidades, resultando el 30 y 0 % como los tratamientos que presentaron menor crecimiento.
- Para Chaguarpamba y Yantzaza, la primera época de siembra correspondiente a julio y mayo resultaron ser las más adecuadas debido a que fueron favorecidas por las condiciones ambientales.

RECOMENDACIONES

- Para Yantzaza, sembrar entre mayo y junio; y en Chaguarpamba en el mes de julio, debido a que en estos meses la temperatura favorecen al crecimiento inicial de las plántulas.
- Realizar progresivamente las regulaciones de sombra a las plántulas de café hasta quedar las mismas a plena exposición solar. Un mes antes de ser llevadas a sus condiciones de campo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA:

INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL CRECIMIENTO Y COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ, SEMBRADAS EN TRES ÉPOCAS Y EN DOS CONDICIONES CLIMÁTICAS.

TESISTAS:

- Wilson Alexander Villagómez Calderón
- Leonardo Rodolfo González Salinas

DIRECTOR:

- Ing. Max Encalada Mg. Sc.

2014



INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, el sector cafetalero tiene relevante importancia en los órdenes económico, social y ecológico. La importancia económica del cultivo de café radica en su aporte de divisas al Estado y la generación de ingresos para las familias cafetaleras y otros actores de la cadena productiva; en lo social contribuye a la generación de empleo, directo e indirecto, para las familias de productores; en el orden ecológico, la importancia de la actividad cafetalera se relaciona con la amplia adaptabilidad de los cafetales a los distintos agro ecosistemas de las cuatro regiones del país: Costa, Sierra, Amazonía e Islas Galápagos (COFENAC, 2013).

Considerando lo antes mencionado, el Plan Nacional para el Buen Vivir, el Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC) y el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), contemplan la reactivación y el incremento de la producción nacional de la caficultura en las principales zonas productoras del Ecuador.

Dada la importancia señalada y las proyecciones de las políticas del Estado, se ha planteado el tema de investigación denominado "INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA, EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTULAS DE CAFÉ, EN TRES ÉPOCAS DE SIEMBRA Y DOS CONDICIONES CLIMÁTICAS" mismo que aportará con el desarrollo de una tecnología apropiada para la producción de plántulas de calidad en cada una de las zonas de estudio y aportará con los resultados que se obtendrán de la investigación.

OBJETIVOS



Evaluar el efecto de la temperatura en el crecimiento de las plántulas de café, variedad Caturra, sembradas en tres fechas en Chaguarpamba y Yantzaza.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS



- Evaluar el comportamiento morfológico de las plántulas de café sembradas en tres fechas y en dos sitios climáticamente distintos.
- Analizar el comportamiento fisiológico de las plántulas de café en función de la incidencia de la temperatura.

RESULTADOS PRELIMINARES



1ra SIEMBRA



Figura 6. Dinámica de crecimiento de la primera fecha de siembra, Chaguarpamba, 2014.

2da SIEMBRA



Figura 7. Dinámica de crecimiento de la segunda fecha de siembra, Chaguarpamba, 2014.

3ra SIEMBRA



Figura 8. Dinámica de crecimiento de la tercera fecha de siembra, Chaguarpamba, 2014.



RESULTADOS PRELIMINARES

3ra SIEMBRA



Figura 4. Dinámica de crecimiento de la tercera fecha de siembra, Yantzaza, 2014.

RESULTADOS CHAGUARPAMBA



Figura 5. Temperatura media mensual durante el periodo del experimento, Chaguarpamba, 2014.



MATERIALES Y METODOS

UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO



MATERIALES

MATERIALES DE CAMPO: Semillas de café var. caturra, sustrato, fundas de polietileno de 15 x 20 cm, polysombra (Sarón) de color negro de 80, 50 y 30%, postes madera para construcción de umbráculos, regla milimetrada, calibrador, termohigrómetro ambiental digital, luxómetro, libreta de campo, cámara fotográfica.

MATERIALES DE LABORATORIO: Computador, microscopio, estufa, balanza de precisión, material bibliográfico, disecador, pinzas, reactivos.

METODOLOGIA PARA EL PRIMER OBJETIVO

"Evaluar el comportamiento morfológico de las plántulas de café sembradas en tres fechas y en dos sitios climáticamente distintos"

Para el experimento se utilizó semillas de café variedad caturra, seleccionada por el COFENAC; se construyó umbráculos con su respectivo nivel de sombra. en cada unidad experimental se colocó 160 plántulas, con un total de 640 plántulas por cada época de siembra y un total de 1920 plántulas para todo el experimento.

RESULTADOS PRELIMINARES

YANTZAZA

Se evaluaron las siguientes variables en rango de 20 a 25 días aproximadamente:

- > Altura de la planta
- > Diámetro del tallo
- > Longitud de las raíces
- > Área Foliar
- > Peso seco de hojas, tallo y raíces



Se realizó tres regulaciones, cada una disminuyó un tercio de cada nivel de sombra, de tal forma que en el último mes anterior al trasplante todos los tratamientos estuvieron a plena exposición solar.

En cada regulación de luz, se evaluó las siguientes variables:

- > Densidad y apertura estomática
- > Contenido relativo de agua
- > Clorofila a, b y total
- > Distribución y volumen radical



METODOLOGIA PARA EL SEGUNDO OBJETIVO

"Analizar el comportamiento fisiológico de las plántulas de café en función de la incidencia de la temperatura"

Se realizó un análisis de crecimiento en función de los indicadores morfológicos y se determinó:

- o **La Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC)**. Es la diferencia de peso entre el momento inicial y final
- o **La Tasa Relativa de crecimiento (TRC)**. Es el crecimiento en materia seca a partir de un gramo de materia seca de la planta en un intervalo de tiempo, con relación a un tiempo inicial.
- o **La Tasa de Asimilación Neta (TAN)**
- o **Área Foliar Específica (AFE)**: Es la relación entre el área foliar total y la masa seca total por planta.

En este objetivo, se tomaron datos de temperatura media diaria de las localidades de Chaguarpamba y Yantzaza. Así mismo datos de temperatura bajo la cubierta de las distintas polisombras que cubren cada tratamiento en las diferentes regulaciones.

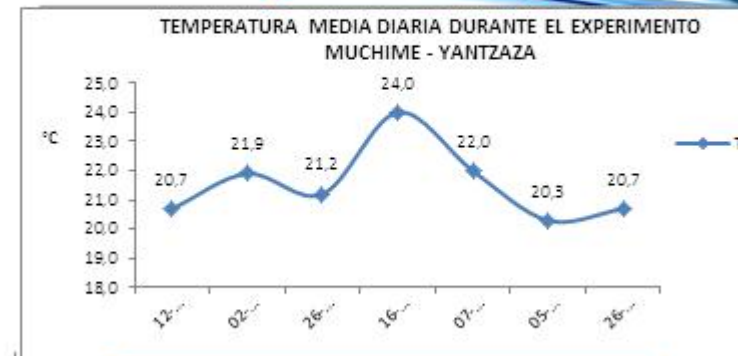


Figura 1. Temperatura media mensual durante el periodo del experimento, Yantzaza, 2014.

1ra SIEMBRA



Figura 2. Dinámica de crecimiento de la primera fecha de siembra, Yantzaza, 2014.

2da SIEMBRA



Figura 3. Dinámica de crecimiento de la segunda fecha de siembra, Yantzaza, 2014.

Apéndice 6

Evidencia fotográfica del trabajo investigativo. Loja 2014.

Tema: “Incidencia de la temperatura en el crecimiento y comportamiento fisiológico de plántulas de café, sembradas en tres épocas y en dos condiciones climáticas”.

Autores: Egdos. Leonardo Rodolfo González Salinas y Wilson Alexander Villagómez Calderón.

Director: Ing. Bolívar Peña Merino, Mg. Sc.

Siembra de semillas de café variedad caturra. Loja, 2013.



Figura 1. Selección de la semilla de café.



Figura 2. Siembra de semillas de café variedad caturra.



Figura 3. Germinación de las semillas en condiciones controladas.



Figura 4. Emisión de la radícula.



Figura 5. Estado de fosforito.



Figura 6. Estado de chapola.

Preparación de sustrato y trasplante. Loja, 2013.



Figura 4. Elaboración del sustrato.



Figura 5. Llenado de fundas con sustrato.



Figura 6. Trasplante en estado de chapola a fundas de polietileno.

Elaboración de umbráculos y colocación de plántulas en las dos localidades. Loja, 2013.



Figura 7. Colocación de postes de madera.



Figura 8. Alambre de púas para cercado del ensayo.



Figura 9. Cercado del ensayo.



Figura 10. Número de plantas por tratamiento.



Figura 11. Colocación de la polisombra.



Figura 12. Colocación de plántulas de los tratamientos.



Figura 13. Ensayo de la localidad de Chaguarpamba.



Figura 14. Ensayo de la localidad de Yantzaza.



Figura 15. Efecto de la polisombra en el tratamiento.

Procesamiento de las plántulas de café



Figura 16. Selección de las muestras a evaluar.



Figura 17. Muestras de los tratamientos a evaluar.



Figura 18. Eliminación del sustrato.



Figura 19. Limpieza del sistema radicular.



Figura 20. Plántula para la toma de datos.



Figura 21. Toma de datos de los tratamientos.



Figura 22. Medición de la altura de planta.



Figura 23. Medición del diámetro del tallo.



Figura 24. Enfundado y etiquetado de las muestras.



Figura 25. Estufa para secado de muestras.



Figura 26. DeseCADOR de muestras.



Figura 27. Pesado de las muestras.

Cálculo del volumen radical



Figura 28. Materiales utilizados para el volumen radical.



Figura 29. Preparación del sistema radical.



Figura 30. Medición del volumen radical

Obtención de la clorofila



Figura 31. Pesaje de la muestra



Figura 32. Preparación de muestras para el análisis.



Figura 33. Reposado de las muestras en acetona.



Figura 34. Filtrado de la muestra.



Figura 35. Clorofila extraída.



Figura 36. Lectura en el espectrofotómetro.

Obtención del contenido relativo de agua (CRA)



Figura 37. Toma de muestras para el análisis.



Figura 38. Discos tomados de las muestras para el pesaje.



Figura 39. Saturación de los discos en agua destilada.



Figura 40. Pesado de los discos.

Densidad y apertura de estomas



Figura 41. Técnica de la impronta.

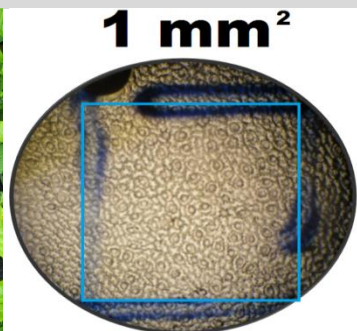


Figura 42. Cuantificación de estomas.

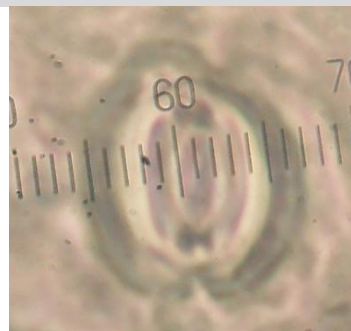


Figura 43. Apertura estomática.

Regulación de la sombra en los tratamientos



Figura 44. Cambio de la polisombra.



Figura 45. Medición de la sombra con el luxómetro.



Figura 46. Plántulas para campo definitivo.

Día de campo



Figura 47. Presentación y bienvenida a los asistentes.



Figura 48. Entrega de boletín informativo.



Figura 49. Exposición de resultados de campo.



Figura 50. Respuestas a inquietudes de los asistentes.



Figura 51. Entrega de plántulas a los caficultores.