



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

*Área Agropecuaria y Recursos Naturales
Renovables.*

INGENIERÍA AGRÍCOLA

TÍTULO

*“Respuesta del tomate de mesa (*solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero al mejoramiento de las propiedades físicas del suelo mediante la aplicación de arena sílicea y láminas de riego en la estación experimental “la Argelia”.*

*Tesis previa a la obtención del
título de Ingeniero Agrícola*

AUTORES: BRAVO ESCUDERO EMILIA E.
ROSILLO GUARNIZO JUAN F.

DIRECTOR: ING. MIGUEL VILLAMAGUA

ASESOR: ING. FRANCISCO GUAMÁN

Loja- Ecuador

2010

**RESPUESTA DEL TOMATE DE MESA (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO INVERNADERO AL
MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE
ARENA SILÍCEA Y LÁMINAS DE RIEGO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL “LA ARGELIA”.**

TESIS

PRESENTADA AL COMITÉ CALIFICADOR COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

EN EL

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LOJA

APROBADA:

.....
Ing. Gonzalo Jaramillo González

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Pedro Guaya Pauta

VOCAL DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Marco Reinoso Acaro

VOCAL DEL TRIBUNAL



Ing. Miguel Villamagua

DOCENTE INVESTIGADOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Ing. Francisco Guamán

DOCENTE INVESTIGADOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CERTIFICAMOS

Que el presente trabajo de investigación titulada “RESPUESTA DEL TOMATE DE MESA (*Solanum Lycopersicum L.*) BAJO INVERNADERO AL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ARENA SILÍCEA Y LÁMINAS DE RIEGO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL “LA ARGELIA” de la autoría de los señores egresados Emilia Esperanza Bravo Escudero y Juan Fabricio Rosillo Guarnizo, ha sido debidamente revisada y concluida dentro del cronograma aprobado, por lo cual se autoriza su respectiva publicación y defensa.

Loja, abril del 2010.

.....

Ing. Miguel Villamagua

DIRECTOR

.....

Ing. Francisco Guamán

ASESOR



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

~ iv ~

AUTORÍA

Todos los criterios emitidos en la presente tesis de investigación denominada: “RESPUESTA DEL TOMATE DE MESA (*Solanum Lycopersicum L.*) BAJO INVERNADERO AL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ÁRENA SILÍCEA Y LÁMINAS DE RIEGO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL “LA ARGELIA”, son de absoluta responsabilidad de los autores.

.....
Emilia Esperanza Bravo Escudero
Egresada Carrera de Ing. Agrícola

.....
Juan Fabricio Rosillo Guarnizo
Egresado Carrera de Ing. Agrícola

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre presente y cuidarme en todas las adversidades de la vida. A mis amados padres: Gonzalo y Narcisa quienes con su amor y comprensión supieron llevarme por el camino del éxito y darme la oportunidad de alcanzar mis metas. A mis queridos hermanos: Natasha, Gonzalo y Lucas por estar siempre pendientes de mí y ser mi principal soporte. A mi adorada sobrina Kamilita por darle luz y alegría a mi vida. A mis abuelitos: Emiliano y Esperanza, Luz y Urbano por preocuparse de mi bienestar. A mis primos Camilo y Anita, mis tías Paulina y Rosa y mi amiga Cati quienes han estado presentes para apoyarme en los momentos difíciles.

Emilia Esperanza Bravo Escudero

"A, Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar adelante y seguir superando todas las barreras que se me presenten en el camino; Les agradezco a mis queridos padres Sra. Hilda Guarnizo y Sr. Juan Rosillo, por su apoyo incondicional y desinteresado. Dedicó todo mi esfuerzo y deseos de superación, a todos mis hermanos, por creer en mí en todo momento y darme palabras de aliento durante toda mi formación profesional".

Juan Fabricio Rosillo Guarnizo



AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y a la Carrera de Ingeniería Agrícola, en especial al cuerpo docente por habernos impartido durante nuestra vida estudiantil todos los conocimientos científicos y técnicos para así poder culminar con éxito nuestros estudios.

El agradecimiento al Ing. Miguel Villamagua, Director de la tesis y al Asesor: Ing. Francisco Guamán Díaz, por brindarnos todos sus conocimientos y habernos guiado hasta la culminación del trabajo investigativo.

Al tribunal calificador Ing. Gonzalo Jaramillo, Ing. Pedro Guaya e Ing. Marco Reinoso, quienes colaboraron con su inestimable aporte para culminar con la investigación.

De igual manera, expresamos nuestro agradecimiento al Ing. Walter Tene Ríos, Coordinador de la Carrera de Ingeniería Agrícola y a la Lcda. Inés Ortega Secretaria de la Carrera, por habernos apoyado en todo momento desde el inicio hasta la culminación de nuestro trabajo investigativo.

Gracias a todas las personas que estuvieron siempre presentes durante nuestro pasó por las aulas de la Universidad Nacional de Loja.

Los Autores.

INDICE GENERAL

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice general.....	vii
Índice de cuadros.....	xiii
Índice de figuras.....	xvi
Índice de anexos.....	xx
I. <u>RESUMEN Y SUMMARY</u>.....	1
II. <u>INTRODUCCIÓN</u>.....	9
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos.....	12
III. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>.....	13
3.1 Tomate de mesa.....	13
3.1.1 Generalidades.....	13
3.1.2 Necesidades nutricionales.....	13
3.2 Sustratos.....	16
3.2.1 Concepto.....	16
3.2.2 Propiedades de los sustratos de cultivo.....	17
3.2.2.1 Propiedades físicas.....	17
1. <u>Porosidad</u>.....	17
2. <u>Densidad</u>.....	18

3. Estructura	18
4. Granulometría	19
3.2.2.2 Propiedades químicas	19
1. Químicas	19
2. Físico-químicas	20
3. Bioquímicas	20
3.2.2.3 Propiedades biológicas	21
1. Velocidad de descomposición	21
2. Efectos de los productos de descomposición	21
3. Actividad reguladora del crecimiento	22
3.2.3 Tipos de sustratos	22
3.2.3.1 Según sus propiedades	22
3.2.3.2 Según el origen de los materiales	23
3.2.4 Arena	24
3.2.4.1 Concepto	24
3.2.4.2 Estructura	24
3.2.4.3 Formación u origen	25
3.2.4.4 Arena Silíceas	25
3.2.5 Carbón vegetal	26
3.2.5.1 Concepto	26
3.2.5.2 Propiedades químicas del carbón vegetal	26
3.2.5.3 Incremento del rendimiento de los cultivos con enmiendas de carbón vegetal	27
3.2.5.4 Enmiendas con carbón vegetal y retención de nutrientes	28

<u>3.2.3.5 Estructuras con carbón vegetal, retención de agua y estabilidad estructural del suelo.....</u>	29
3.3 Condiciones físicas del suelo.....	30
3.3.1 La Curvatura de retención del agua del suelo.....	30
<u>3.3.1.1 Principio.....</u>	30
<u>3.3.1.2 Factores que determinan la forma de la curvatura de retención de agua del suelo.....</u>	32
<u>3.3.1.3 Aplicaciones de la curva de retención de agua del suelo: puntos importantes.....</u>	34
<u>3.3.1.4 pF.....</u>	35
3.3.2 Puntos más importantes de la curva de pF.....	37
<u>3.3.2.1 Saturación.....</u>	37
<u>3.3.2.2 Coeficiente higroscópico.....</u>	37
<u>3.3.2.3 Capacidad de campo.....</u>	37
<u>3.3.2.4 Punto de marchitez permanente.....</u>	38
<u>3.3.2.5 Agua aprovechable.....</u>	39
<u>3.3.2.6 Porosidad.....</u>	39
<u>3.3.2.7 Porosidad total.....</u>	39
<u>3.3.2.8 Volumen inútil de poros.....</u>	40
<u>3.3.2.9 Porosidad de aireación.....</u>	40
3.3.3 Efectos de la aireación del suelo sobre las actividades biológicas.....	40
<u>Sobre los microorganismos.....</u>	40
<u>Sobre las actividades de las plantas.....</u>	41
3.3.4 Evaluación de las condiciones físicas del suelo.....	42
3.4 La Evaporación y la evapotranspiración.....	43

3.4.1	<i>La evaporación</i>	43
3.4.2	<i>La transpiración</i>	44
3.4.3	<i>La evapotranspiración (ETP)</i>	44
3.4.4	<i>Factores que determinan la evaporación</i>	44
3.4.4.1	<u><i>Método para calcular la ETP</i></u>	45
	Método del Tanque Evaporímetro clase "A"	45
3.4.4.2	<u><i>La Evapotranspiración de los cultivos</i></u>	46
3.4.4.3	<u><i>La Evapotranspiración del cultivo de referencia, ETp</i></u>	47
3.5	<i>Trabajos realizados</i>	47
3.6	<i>Comercialización de tomate de mesa bajo invernadero, Loja</i>	51
IV.	<u>METODOLOGÍA</u>	53
4.1	INFORMACIÓN GENERAL	53
4.1.1	<i>Ubicación política</i>	53
4.1.2	<i>Ubicación geográfica</i>	53
4.1.3	<i>Clima y ecología</i>	53
4.1.4	<i>Clasificación ecológica</i>	54
4.2	MATERIALES	54
4.2.1	<i>Materiales de campo</i>	54
4.2.2	<i>Materiales de oficina</i>	55
4.2.3	<i>Materiales de laboratorio</i>	55
4.3	METODOLOGÍA	55
4.3.1	<i>Agrotecnia del cultivo</i>	55
	<u><i>Preparación del suelo</i></u>	56
	<u><i>Construcción de las camas</i></u>	56
	<u><i>Transplante</i></u>	56

<u>4.3.1.4 Control de malezas</u>	57
<u>4.3.1.5 Fertilización</u>	58
<u>4.3.1.6 Tutoraje</u>	59
<u>4.3.1.7 Podas</u>	59
<u>4.3.1.8 Controles fitosanitarios</u>	60
<u>4.3.1.9 Riegos</u>	61
<u>4.3.1.10 Cosecha y comercialización</u>	62
4.3.2 <i>Diseño estadístico</i>	62
<u>4.3.2.1 Modelo matemático</u>	62
<u>4.3.2.2 Variables</u>	63
Variables independientes.....	63
Variables dependientes.....	64
Variables agronómicas.....	65
⇒ Hipótesis estadísticas.....	67
<u>4.3.2.3 Análisis de varianza</u>	68
<u>4.3.2.4 Especificaciones técnicas del diseño</u>	69
4.3.3 <i>Metodología para el primer objetivo</i>	69
4.3.4 <i>Metodología para el segundo objetivo</i>	74
4.3.5 <i>Metodología para el tercer objetivo</i>	79
<u>4.3.5.1 Descripción de cada una de las mediciones experimentales</u> ..	79
<u>4.3.5.2 Rentabilidad económica</u>	80
4.3.6 <i>Metodología para el cuarto objetivo</i>	80
V. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	82
5.1 RESULTADOS DEL PRIMER OBJETIVO	82
5.1.1 <i>Capacidad de aireación</i>	82

<u>5.1.1.1 Antes del ensayo</u>	82
<u>5.1.1.2 Después del ensayo</u>	84
5.1.2 Agua Aprovechable	88
5.1.3 Capacidad de aireación	88
5.1.4 Volumen de poros físicamente inerte	89
5.2 RESULTADOS DEL SEGUNDO OBJETIVO	90
5.2.1 Consumo del agua durante el ciclo del cultivo	90
5.2.2 Contenidos de humedad durante el ciclo del cultivo	99
5.2.3 Nivel de agotamiento del agua del suelo	116
5.3 RESULTADOS DEL TERCER OBJETIVO	121
5.3.1 Variables agronómicas	121
<u>5.3.1.1 Altura de las plantas</u>	121
<u>5.3.1.2 Altura a los racimos</u>	123
<u>5.3.1.3 Rendimiento en kg/planta/tratamiento (kg)</u>	126
5.3.2 Análisis Económico	129
5.4 RESULTADOS DEL CUARTO OBJETIVO	133
VI. CONCLUSIONES	134
VII. RECOMENDACIONES	135
VIII. BIBLIOGRAFÍA	136
IX. ANEXOS	139

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Concentración deseada en ppm de los macro elementos en las diferentes etapas del cultivo de tomate de mesa.....	16
Cuadro 2.	Propiedades químicas del carbón vegetal.....	27
Cuadro 3.	Valores de succión: atmósferas/bares y cm de columna de agua; y, su equivalencia a valores de pF.....	36
Cuadro 4.	Puntos más importantes de la curva de pF.....	36
Cuadro 5.	Diámetro equivalente de los poros (DEP) en distintos puntos de la curva de retención de agua del suelo.....	41
Cuadro 6.	Combinación de los tratamientos utilizados durante el desarrollo del ensayo.....	66
Cuadro 7.	Análisis de varianza de la investigación.....	68
Cuadro 8.	Dosis de arena, carbón vegetal y bocashi en el cultivo de tomate riñón, Loja, Los Molinos, 2009.....	70
Cuadro 9.	Kc del cultivo por fase vegetativa.....	75
Cuadro 10.	Planificación del evento día de campo.....	81
Cuadro 11.	Propiedades físicas del suelo antes del ensayo de Álvarez P y Guailas D....	82
Cuadro 12.	Propiedades físicas del suelo después del ensayo.....	84
Cuadro 13.	Consumo del agua mm/mes del cultivo del tomate de mesa, Marzo Septiembre 2009, La Argelia.....	90
Cuadro 14.	Consumo del agua mm/día del cultivo del tomate de mesa, Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.....	91
Cuadro 15.	Consumo de agua lt/planta/día en el cultivo de tomate de mesa, Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.....	91

Cuadro 16.	Factores que incidieron en la determinación de la lámina de riego aplicada, 2007, La Argelia.....	92
Cuadro 17.	Consumo de agua promedio diario en el cultivo de tomate riñón bajo invernadero por cada valor del Kc, Marzo – Septiembre 2009, La Argelia....	93
Cuadro 18.	Contenido de humedad promedio antes del riego (% θ_m y % θ_v) por tratamiento, Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.....	98
Cuadro 19.	Contenido de humedad promedio después del riego (% θ_m y % θ_v) por tratamiento, Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.....	100
Cuadro 20.	Contenido de humedad promedio antes y después del riego (% θ_m y % θ_v) por sustrato, Marzo – Septiembre 2009; La Argelia.....	102
Cuadro 21.	Contenido de humedad promedio antes y después del riego (% θ_m y % θ_v) por lámina, Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.....	103
Cuadro 22.	Contenido de humedad (% θ_v) del S0/lámina antes y después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.....	105
Cuadro 23.	Contenido de humedad (% θ_v) del S1/lámina antes y después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.....	107
Cuadro 24.	Contenido de humedad (% θ_v) del S2/lámina antes y después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.....	110
Cuadro 25.	Contenido de humedad (% θ_v) del S3/lámina antes y después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.....	113
Cuadro 26.	Nivel de agotamiento del agua del suelo por tratamiento (%), Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.....	116
Cuadro 27.	Nivel de agotamiento del agua del suelo por sustrato (%), Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.....	118

Cuadro 28.	Nivel de agotamiento del agua del suelo por lámina (%), Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.....	119
Cuadro 29.	Análisis de varianza de altura final de plantas en cm por tratamiento, Octubre 2009, La Argelia.....	121
Cuadro 30.	Análisis de varianza de altura al primer racimo en cm por tratamiento, Abril 2009, La Argelia.....	124
Cuadro 31.	Altura del segundo al octavo racimo por tratamiento, Abril – Junio 2009, La Argelia.....	125
Cuadro 32.	Análisis de varianza del rendimiento Kg/planta/tratamiento, Junio – Septiembre 2009, La Argelia.....	126
Cuadro 33.	Costos de implantación de sustratos en el cultivo de tomate de mesa, Febrero – Septiembre 2009, La Argelia.....	129
Cuadro 34.	Ingresos por tratamiento en el cultivo de tomate de mesa, Febrero – Septiembre 2009, La Argelia.....	130
Cuadro 35.	Beneficio neto y análisis de dominancia por tratamiento en el cultivo de tomate de mesa, Febrero – Septiembre 2009, La Argelia.....	131
Cuadro 36.	Tasa de retorno marginal en el cultivo de tomate de mesa, Febrero – Septiembre 2009, La Argelia.....	132

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Curva de retención del agua del suelo.....	32
Figura 2.	Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo..	43
Figura 3.	Plántulas el día del transplante.....	57
Figura 4.	Plántulas dos semanas después.....	57
Figura 5.	Plántulas antes de la deshierba.....	57
Figura 6.	Plántulas después de la deshierba.....	57
Figura 7.	Deficiencia de calcio a nivel foliar en el tomate de mesa.....	58
Figura 8.	Deficiencia de magnesio a nivel foliar en el tomate de mesa.....	58
Figura 9.	Tutoraje al primer y quinto mes del transplante.....	59
Figura 10.	Podas debajo del primer ramillete.....	60
Figura 11.	Ataque y control de <i>Phytophthora infestans</i> en la hoja y tallo en el tomate de mesa.....	60
Figura 12.	Ataque y control de <i>Oídium</i> en el tomate de mesa.....	61
Figura 13.	Tanque evaporímetro clase A.....	61
Figura 14.	Aforo en lámina 1.....	61
Figura 15.	Esquema de la forma de aplicación de los sustratos.....	71
Figura 16.	Curva del pF de los sustratos S0, S1, S2 y S3 antes de la aplicación de los sustratos, 2008, La Argelia. (Tomado de Álvarez P & Guailas D).....	85
Figura 17.	Curva del pF de los sustratos S0, S1, S2 y S3 después de la aplicación de los sustratos, 2009, La Argelia.....	86
Figura 18.	Contenido de humedad (% θ_v) por tratamiento antes del riego, Marzo – Septiembre 2009.....	99

Figura 19.	Contenido de humedad (% θ_v) por tratamiento después del riego, Marzo - Septiembre 2009.....	101
Figura 20.	Contenido de humedad (% θ_v) por sustrato antes y después del riego, Marzo - Septiembre 2009.....	102
Figura 21.	Contenido de humedad (% θ_v) por lámina antes y después del riego, Marzo - Septiembre 2009.....	104
Figura 22.	Contenido de humedad (% θ_v) del S0/lámina antes del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.....	105
Figura 23.	Contenido de humedad (% θ_v) del S0/lámina después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.....	106
Figura 24.	Contenido de humedad (% θ_v) del S1/lámina antes del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.....	108
Figura 25.	Contenido de humedad (% θ_v) del S1/lámina después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.....	109
Figura 26.	Contenido de humedad (% θ_v) del S2/lámina antes del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.....	111
Figura 27.	Contenido de humedad (% θ_v) del S2/lámina después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.....	112
Figura 28.	Contenido de humedad (% θ_v) del S3/lámina antes del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.....	114
Figura 29.	Contenido de humedad (% θ_v) del S3/lámina después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.....	115
Figura 30.	Nivel de agotamiento del agua del suelo por sustrato.....	118
Figura 31.	Nivel de agotamiento del agua del suelo por lámina.....	120
Figura 32.	Altura final de plantas por lámina (m), Junio 2009, La Argelia.....	123

Figura 33.	Test de significancia de Tukey para el rendimiento Kg/planta/tratamiento, Junio –Septiembre 2009, La Argelia.....	127
Figura 34.	Preparación del material para la preparación del abono orgánico bocashi....	210
Figura 35.	Picado del material para la preparación del abono orgánico bocashi.....	210
Figura 36.	Colocación del Bocashi en los tratamientos.....	210
Figura 37.	Semilleros de la variedad Dominique.....	210
Figura 38.	Siembra de plántulas en los tratamientos.....	211
Figura 39.	Plántulas al mes del transplante.....	211
Figura 40.	Tutoraje de las plántulas al mes del transplante.....	211
Figura 41.	Ubicación del tanque evaporímetro clase A.....	211
Figura 42.	Podas fitosanitarias realizadas al cultivo.....	212
Figura 43.	Etapas de engrose del tomate de mesa de los primeros racimos.....	212
Figura 44.	Podas al primer racimo.....	212
Figura 45.	Producción de tomate antes de la maduración fisiológica.....	212
Figura 46.	Etapas de maduración.....	213
Figura 47.	Clasificación del tomate de la primera semana de cosecha.....	213
Figura 48.	Segunda semana de cosecha.....	213
Figura 49.	Peso del tomate de mesa previo a la venta.....	214
Figura 50.	Ataque de Oidium al cultivo.....	214
Figura 51.	Hoja con sintomatología de Phytophthora infestans.....	214
Figura 52.	Medición de distancia entre racimos de cada tratamiento.....	215
Figura 53.	Materiales usados en la preparación del frutifol.....	215
Figura 54.	Mezcla de materiales para la elaboración del frutifol.....	215
Figura 55.	Día de campo en la fase final del cultivo.....	215
Figura 56.	Asistentes realizando la visita al cultivo.....	215



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Figura 57. Director de tesis y asistentes al día de campo.....

216

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Análisis de Constantes Hidrofísicas del Laboratorio de Análisis Físico – Químico de Suelos, Aguas y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja, Noviembre 2009, La Argelia.....	139
Anexo 2.	Análisis Químico de sustratos antes del ensayo realizados en el Laboratorio NemaLab, Marzo 2009, La Argelia.....	140
Anexo 3.	Análisis Químico de sustratos después del ensayo realizados en el Laboratorio Agrobiolab, 2009, La Argelia.	142
Anexo 4.	Datos usados en la fertilización base, Febrero 2009, La Argelia.....	145
Anexo 5.	Análisis de nutrientes para 283,5 m ² , Febrero 2009, La Argelia.....	146
Anexo 6.	Cálculo de balance de nutrientes.....	146
Anexo 7.	Datos de campo usados en el cálculo de fertirrigación, Febrero 2009, La Argelia.....	147
Anexo 8.	Concentración de fertilizantes en el agua de riego en la fase inicial.....	145
Anexo 9.	Fertilizantes utilizados en la fertirrigación al inicio y al final de la investigación de campo.....	148
Anexo 10.	Concentración de fertilizantes en el agua de riego en la fase final.....	149
Anexo 11.	Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Marzo 2009, La Argelia.....	150
Anexo 12.	Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Abril 2009, La Argelia.....	150
Anexo 13.	Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Mayo 2009, La Argelia.....	152
Anexo 14.	Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Junio 2009, La Argelia.....	154

Anexo 15.	Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Julio 2009, La Argelia.....	156
Anexo 16.	Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Agosto 2009, La Argelia.....	158
Anexo 17.	Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Septiembre 2009, La Argelia.....	160
Anexo 18.	Contenido de humedad por tratamiento (θ_v) antes del riego, Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.....	163
Anexo 19.	Contenido de humedad por tratamiento después del riego (θ_v), Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.....	163
Anexo 20.	Promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en el invernadero y en la estación metereológica, Abril 2009, La Argelia.....	164
Anexo 21.	Promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en el invernadero y en la estación metereológica, Mayo 2009, La Argelia.....	164
Anexo 22.	Promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en el invernadero y en la estación metereológica, Junio 2009, La Argelia.....	165
Anexo 23.	Promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en el invernadero y en la estación metereológica, Julio 2009, La Argelia.....	165
Anexo 24.	Promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en el invernadero y en la estación metereológica, Agosto 2009, La Argelia.....	166
Anexo 25.	Promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en el invernadero y en la estación Metereológica, Septiembre 2009, La Argelia.....	166
Anexo 26.	Gráfico de variación de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en el invernadero y estación metereológica, 07h00, Abril – Septiembre 2009, La Argelia.....	167

Anexo 27.	Gráfico de variación de temperatura (°C) en el invernadero y estación metereológica, 13h00, Abril – Septiembre 2009, La Argelia.....	167
Anexo 28.	Gráfico de variación de temperatura (°C) en el invernadero y estación metereológica, 18h00, Abril – Septiembre 2009, La Argelia.....	168
Anexo 29.	Gráfico de variación de temperatura (°C) en el invernadero y estación metereológica, Abril – Septiembre 2009, La Argelia.....	168
Anexo 30.	Gráfico de variación de humedad relativa (%) en el invernadero y estación metereológica, Abril – Septiembre 2009, La Argelia.....	169
Anexo 31.	Detalle de ventas del tomate de mesa, Junio – Septiembre 2009, La Argelia...	170
Anexo 32.	Precio promedio del tomate de mesa, Junio – Septiembre 2009, La Argelia.....	171
Anexo 33.	Costos de producción para el tomate de mesa, Febrero – Septiembre 2009, La Argelia.....	171
Anexo 34.	Registro de fumigaciones en el cultivo de tomate de mesa, 02 de Marzo – 12 de Julio 2009, La Argelia.....	174
Anexo 35.	Folletos y trípticos diseñados para el día de campo, Julio 2009, La Argelia.....	176
Anexo 36.	Cuadro de altura de plantas (cm) por bloque y tratamiento, 27 de Marzo 2009, La Argelia.....	188
Anexo 37.	Cuadro de altura de plantas (cm) por bloque y tratamiento, 16 de Abril 2009, La Argelia.....	188
Anexo 38.	Cuadro de altura de plantas (cm) por bloque y tratamiento, 06 de Mayo 2009, La Argelia.....	189
Anexo 39.	Cuadro de altura de plantas (cm) por bloque y tratamiento, 26 de Mayo 2009, La Argelia.....	189
Anexo 40.	Cuadro de altura de plantas (cm) por bloque y tratamiento, 21 de Junio 2009, La Argelia.....	190

Anexo 41.	Cuadro de altura mensual de las plantas por tratamiento (m), Marzo –Junio 2009, La Argelia.....	190
Anexo 42.	Cuadro de altura de plantas (m) por sustrato, Marzo – Junio 2009, La Argelia.....	191
Anexo 43.	Cuadro de altura de plantas (m) por lámina, Marzo – Junio 2009, La Argelia.	191
Anexo 44.	Cuadro de altura al primer racimo (cm) por bloque y tratamiento, Abril 2009, La Argelia.....	192
Anexo 45.	Altura al primer racimo (cm) por tratamiento, Abril 2009, La Argelia.....	192
Anexo 46.	Figura de altura del primer racimo por tratamiento (cm).....	193
Anexo 47.	Altura del primer racimo por lámina y sustrato (cm), Abril 2009, La Argelia.	193
Anexo 48.	Figura de altura del primer racimo por sustrato (cm).....	194
Anexo 49.	Figura de altura del primer racimo por lámina (cm).....	194
Anexo 50.	Cuadro de altura al segundo racimo (cm) por bloque y tratamiento, Abril 2009, La Argelia.....	195
Anexo 51.	Cuadro de altura al tercer racimo (cm) por bloque y tratamiento, Mayo 2009, La Argelia.....	195
Anexo 52.	Cuadro de altura al cuarto racimo (cm) por bloque y tratamiento, Mayo 2009, La Argelia.....	196
Anexo 53.	Cuadro de altura al quinto racimo (cm) por bloque y tratamiento, Junio 2009, La Argelia.....	196
Anexo 54.	Cuadro de altura al sexto racimo (cm) por bloque y tratamiento, Junio 2009, La Argelia.....	197
Anexo 55.	Cuadro de altura al séptimo racimo (cm) por bloque y tratamiento, Junio 2009, La Argelia.....	197

Anexo 56.	Cuadro de altura al octavo racimo (cm) por bloque y tratamiento, Junio 2009, La Argelia.....	198
Anexo 57.	Cuadro de altura de racimos (m) por sustrato, Abril – Septiembre 2009, La Argelia.....	198
Anexo 58.	Cuadro de altura de racimos (m) por lámina, Abril – Septiembre 2009, La Argelia.....	199
Anexo 59.	Cuadro sobre rendimiento en Kg/planta/tratamiento (Kg), Junio – Septiembre 2009, La Argelia.....	199
Anexo 60.	Figura sobre el rendimiento en Kg/planta/tratamiento (Kg), Junio – Septiembre 2009, La Argelia.....	200
Anexo 61.	Rendimiento en Kg/planta/sustrato, Junio – Septiembre 2009, La Argelia....	200
Anexo 62.	Figura sobre el rendimiento en Kg/planta/sustrato, Junio – Septiembre 2009, La Argelia.....	201
Anexo 63.	Cuadro sobre el rendimiento en Kg/planta/lámina, Junio – Septiembre 2009, La Argelia.....	201
Anexo 64.	Figura sobre el rendimiento en Kg/planta/lámina (Kg), Junio – Septiembre 2009, La Argelia.....	201
Anexo 65.	Registro de producción por bloque y tratamiento (Kg/planta), Junio – Septiembre 2009, La Argelia.....	202
Anexo 66.	Cuadro del peso total del fruto de 1 ^{ra} , 2 ^{da} , 3 ^{ra} y 4 ^{ta} clase/sustrato (Kg), Junio – Septiembre 2009, La Argelia.....	203
Anexo 67.	Gráfico del peso promedio del fruto de 1 ^{ra} , 2 ^{da} , 3 ^{ra} y 4 ^{ta} clase/sustrato (Kg), Junio – Septiembre.....	203
Anexo 68.	Cuadro del peso total del fruto de 1 ^{ra} , 2 ^{da} , 3 ^{ra} y 4 ^{ta} clase/lámina (Kg), Junio – Septiembre 2009, La Argelia.....	204

Anexo 69.	Gráfico del peso promedio del fruto de 1 ^{ra} , 2 ^{da} , 3 ^{ra} y 4 ^{ta} clase/lámina (Kg), Junio – Septiembre.....	204
Anexo 70.	Vista lateral del invernadero donde se realizó el ensayo, tomado de Álvarez P & Guailas D, 2009.....	205
Anexo 71.	Vista frontal del invernadero donde se realizó el ensayo, tomado de Álvarez P & Guailas D, 2009.....	206
Anexo 72.	Corte lateral BB' del invernadero donde se realizó el ensayo, tomado de Álvarez P & Guailas D, 2009.....	207
Anexo 73.	Corte lateral AA' del invernadero donde se realizó el ensayo, tomado de Álvarez P & Guailas D, 2009.....	208
Anexo 74.	Sistema de riego implantado en el sitio del ensayo, tomado de Álvarez P & Guailas D, 2009.....	209
Anexo 75.	Croquis del diseño. Tomado de Álvarez P y Guailas D, 2009.....	210
Anexo 76.	Fotografías durante el ciclo del cultivo.....	211

I. RESUMEN.

En el sector Los Molinos ubicado en la Ciudadela Guillermo Falconí Espinoza, provincia y cantón Loja de latitud sur 04°01'47" y longitud oeste 79°11'40" a una altitud de 2100 m.s.n.m., se realizó la investigación denominada: "Efecto de diferentes dosis de arena silíceas, combinada con carbón vegetal, materia orgánica y láminas de riego en el cultivo de tomate riñón", durante junio del 2007 a febrero del 2008, ejecutada por Álvarez P. y Guailas D (primera fase). La investigación denominada: "Respuesta del tomate de mesa (*Solanum lycopersicum* L) bajo invernadero al mejoramiento de las propiedades físicas del suelo mediante la aplicación de arena silíceas y láminas de riego en la Estación Experimental "La Argelia", durante el periodo comprendido entre febrero y septiembre del 2009 (segunda fase), pretende dar continuidad a la investigación realizada por Álvarez P & Guailas D, con el objetivo de corroborar u objetar los resultados expuestos en esta primera fase de investigación. Ambas investigaciones están enfocadas al mejoramiento de las propiedades físicas de los suelos y el manejo del recurso agua para así incrementar el rendimiento de los cultivos de mayor demanda en los mercados local, nacional e internacional.

Para cumplir con la investigación (segunda fase) antes señalada se cumplió con los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar las propiedades físicas del suelo mediante la aplicación de diferentes dosis de arena silíceas, (15%, 20%, 25%).
- Determinar la lámina óptima de agua de riego a través del tanque evaporímetro en el cultivo de tomate de mesa.

- Determinar la rentabilidad económica de los tratamientos.
- Difundir los resultados y experiencias generadas en la presente investigación a los estudiantes y agricultores interesados.

Para cumplir con el primer objetivo se evaluó diferentes niveles de arena sílicea tales como: Sustrato 0 = Testigo (8% bocashi), sustrato 1 = 15 % arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi, sustrato 2 = 20 % arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi y sustrato 3 = 25 % arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi; para determinar la lámina óptima de agua se evaluó tres niveles de láminas de riego: Lámina 1 = 1,40 ETC, lámina 2 = 1,55 ETC y lámina 3 = 1,70 ETC; el diseño estadístico utilizado es el de parcelas divididas en diseño de bloques al azar con cinco réplicas, al combinar láminas con sustratos se obtuvieron 60 tratamientos los mismos que fueron evaluados durante el desarrollo del proyecto de investigación. En cuanto a la disponibilidad de agua aprovechable (AA) para los sustratos S0 (8% bocashi), S2 (20% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) y S3 (25% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) hubo una variación de 28 a 31% θ_v , 26 a 28% θ_v y 25 a 26% θ_v respectivamente, mientras que para S1 (15% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) se mantiene con un 27% θ_v antes y después del ensayo con lo que se concluye que la aplicación de la mezcla de los diferentes sustratos no incrementa significativamente la cantidad de AA, pero sin embargo cabe señalar que desde el punto de vista físico, todos estos valores se consideran aceptables para que exista una adecuada disponibilidad de agua para el cultivo.

Refiriéndonos al mejoramiento de la capacidad de aireación (CA) el mejor sustrato que registró un cambio significativo fue el S3 (25% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) el mismo que paso del 10% θ_v (antes del ensayo) a 15% θ_v (después del ensayo),

al mismo se lo analizó con el diagrama triangular y el cuál pertenece a una CA alta, mientras que para los sustratos S0, S1 y S2 pasaron de bajo a medio, de lo cual se deduce que la aplicación de la arena sílicea, carbón vegetal y bocashi contribuye significativamente al mejoramiento de la capacidad de aireación de los suelos.

Desde el punto de vista del VPFI, los sustratos que mejores condiciones presentaron son sustrato 0 = Testigo (8% bocashi) y S3 = 25% de arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi, realizando un análisis general de las propiedades físicas de cada uno de los sustratos, se concluye que el mejor es el sustrato 3, debido a la disminución de la cantidad de VPFI, que corresponde a los poros menores a 0,2 micras los mismos que no proveen agua ni aire al sistema radicular y mientras menos cantidad exista el suelo presentará mejores características para la aireación y disponibilidad de agua para las plantas.

En cuanto al contenido de humedad se nota que para la interacción sustrato - lámina el tratamiento que mayor contenido de humedad presenta antes y después del riego es L3S0 (Lámina 3 = 1,70 ETc y S0 = 8% bocashi), con el 36,8 y 48,5% θ_v respectivamente. Analizando el nivel de agotamiento del agua del suelo el valor más alto del 53% θ_v se presentó en el tratamiento L1S3 (Lámina 1 = 1,40 ETc y Sustrato 3 = 20% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) mientras que el menor valor se presentó en el tratamiento L3S0 integrado por L3 (Lámina 3 = 1,70 ETc) aporta una mayor cantidad de agua al suelo y el S0 (8% bocashi) el cuál permite una mayor retención del agua en el suelo al no estar mezclado con la arena y el carbón vegetal. Comparando los datos obtenidos en la primera fase de investigación en donde los tratamiento L2S1 (L2 = 1,40 ETc y S1 = 15% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) y L3S1 (L3 = 1,55 ETc y

S1 = 15% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) presentaron la tasa de retorno marginal (TRM) más alta del 114 y 112% respectivamente (Álvarez P & Guailas D, 2008) mientras que los datos que se obtuvieron para la segunda fase de investigación nos señalaron que L3S2 (L3 = 1,70 ETc y S2 = 20% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) presenta la TRM con el 20%.

Realizado el análisis de varianza para la altura de plantas se observa que existe diferencia significativa al 5% para láminas y no significativo para sustratos y la interacción, de acuerdo al análisis para altura al primer racimo se observa que no existe diferencia significativa al 5% para sustratos, láminas y la interacción sustrato - lámina. En cuanto al rendimiento en kg por planta, el tratamiento L3S2 (Lámina 3 = 1,70 ETc y Sustrato 2 = 20% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) presento mayor productividad con 7,86 kg/planta, el menor rendimiento se presentó en L1S0 (Lámina 1 = 1,40 ETc y Sustrato 0 = 8% Bocashi) con 6,84 Kg/planta. Al realizar la prueba de significancia de Tukey para la interacción sustrato - lámina que resultó altamente significativo, se determinó que L3S2 (L3 = 1,70 ETc y S2 = 20% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi), es el tratamiento que presentó el mejor rendimiento esto se debe a la aplicación de una mayor cantidad de arena mezclada con carbón vegetal y bocashi, así como la aplicación de una mayor lámina de agua al suelo, lo que hizo que se mantuviera un contenido de humedad aceptable para que la planta se desarrolle con normalidad.

SUMMARY

The present study was carried out in Los Molinos area, located in Guillermo Falconí Espinoza neighborhood, in Loja Province at 04°01'47" South latitude and 79°11'40" West longitude and at a altitude of 2100 m.a.s.l. (meters above the sea level). This study was divided into two phases. The first one named: "Effects of different doses of silica sand, combined with vegetal carbon, organic matter and irrigation lamina in growing tomato", during June 2007 and February 2008, carried by Alvarez P. and Guailas D. The second phase named: "Response from tomato (*Solanum lycopersicum L*) grown inside nursery to the improvement of soil physical properties through the application of silica sand and irrigation lamina in the Experimental Station "La Argelia", during the time frame between February and September, 2009. This second phase intends to continue with the research done by Alvarez P. & Guailas D. with the goal in mind of verifying or objecting the results exposed in this first research phase. Both research studies are focused on the improvement of soils physical properties and the management of water as a resource, in order to make the most from crop fields and meet the demands in local, national and international markets.

As a way to get the above mentioned research study completed (second phase), the following objectives were achieved.

- Evaluate the soil physical properties through the application of different doses of silica sand, (15%, 20%, 25%).
- Determine the optimum irrigation lamina for the irrigation through a evaporation pan during tomato growth.

- Determine the economic profitability of the treatments.
- Spread out the results and experiences generated in the present research study to students and farmers.

In order to achieve the first objective, different levels of silica sand were evaluated, among those: Substrate 0 = Testigo (8% bocashi), substrate 1 = 15% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon + 8% bocashi, substrate 2 = 20% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon + 8% bocashi and substrate 3 = 25% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon + 8% bocashi. For determining the optimal irrigation lamina, three levels of irrigation lamina were evaluated: Lamina 1 = 1,40 ETc, lamina 2 = 1,55 ETc and lamina 3 = 1,70 ETc. The statistic design used is the one of the divided lots in random block design with 5 replicas, when those lamina were combined with substrates, 60 treatments were obtained, which were evaluated during the development of the research study. As off the availability of usable water (UW) for the Substrates S0 (8% bocashi), S2 (20% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon + 8% bocashi) and S3 (25% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon + 8% bocashi) there was a variation of 28 to 31% θ_v , 26 to 28% θ_v and 25 to 26% θ_v respectively, where as fot S1 (15% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon + 8% bocashi) is stable with a 27% θ_v before and after the experiment, which information helped us to conclude that the application of the mixture of different substrates does not increase significantly the amount of usable water (UW). It is critical to remark that from the physical perspective, all these values are considered acceptable for the adequate availability of water for the crop fields exists.

In reference to the improvement in the capacity of aeration (AC) the best substrate in registering a significant change was of S3% (25% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon + 8% bocashi) which went from 10% θ_v (before the experiment) to 15% θ_v (after the

experiment). This results were analyzed by with the triangular diagram and which has a high AC, while for the substrates S0, S1 and S2 went from low to medium, here that we deduct that the application of silica sand, vegetal carbon and bocashi significantly contributes to the improvement of the aeration capacities of the soils.

From the point of view of the PIPV (Physically Inert Pore Volume), the substrates that presented the best conditions with substrate 0 = Testigo (8% bocashi) and S3 = 25% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon + 8% bocashi. After a general analysis of the physical properties of each one of the substrates, we conclude that the best is the substrate 3, due to the reduction of the quantity of PIPV, which corresponds to the minor pores to 0,2 micra which provide neither water nor air to the radicular system and the less quantity exists in the soil, the better characteristics for aeration and water availability for the plants.

As of the humidity content, it is noticed that for the interaction substrate-lamina the treatment with the highest humidity content before and after the irrigation is L3S0 (Lamina 3 = 1,70 ETc and S0 = 8% bocashi), with the 36,8 and 38,5% θ_v , respectively. By analyzing the level of water exhaustion from the soil, the highest value of 53% θ_v was present in the L1S3 treatment (Lamina 1= 1,40 ETc and Substrate 3 = 20% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon + 8% bocashi), where as the minor value was present in the treatment L3S0 integrated by L3 (Lamina 3 = 1,70 ETc) provides a higher quantity of water to the soil and S0 (8% bocashi) which allows a better water retention in the soil for not being mixed with the sand and vegetal carbon.

Comparing the data obtained in the first phase of the research study, where the treatment L2S1 (L2 = 1,40% ETc and S1 = 15% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon + 8%

bocashi) and L3S1 (L3 = 1,55 ETc and S1 = 15% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon + 8% bocashi) presented the highest marginal return rate (MRR) of 114 and 112% respectively (Alvarez P. & Guailas D., 2009) while the data obtained for the second research phase taught us that L3S2 (L3 = 1,70 ETc and S2 = 20% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon and 8% bocashi) presented the MRR with the 20%.

By going through the analysis of the variation for the plant height, it has been observed that there is a significant difference of 5% for lamina and not significant for substrates and the interaction, according to the analysis for height to the first cluster it is observed that there is no significant difference to 5% for substrates, laminas and interaction substrate – lamina. In reference with a performance in Kg per plant, the treatment L3S2 (Lamina 3 = 1,70 ETc and Substrate 2 = 20% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon + 8% bocashi) presented the higher productivity with 7,86 Kg/plant, the lowest performance presented in L150 (Lamina 1 = 1,40 ETc and Substrate 0 = 8% Bocashi) with 6,84 Kg/plant.

When applying the Tukey test of significancy for the interaction substrate-lamina which resulted highly significant, it was determined that L3S2 (L3 = 1,70 Etc and S2 = 20% sand + 1,5 Kg/m² vegetal carbon + 8% bocashi) is the treatment that presented the best performance, this due to the application of a higher quantity of sand mixed with vegetal carbon and bocashi, as well as the application of a higher water lamina to the soil, which provoked that an acceptable level of humidity was maintained for the plant to develop in the normal parameters.

II. INTRODUCCIÓN.

La producción mundial de tomate de mesa (tanto fresco como procesado) alcanzó 108 millones de toneladas en el año 2002, lo que implica un crecimiento del 291% sobre el total producido en el año 1961. En el mismo período 1961 - 2002, el rendimiento promedio mundial del tomate por unidad de superficie incrementó un 64%, llegando a las 36 tn/ha. La mayor parte del incremento de la producción se concentró en Asia, región que participó con un 50% de la producción global en 2002. Los principales países productores de tomate de mesa son: China, Estados Unidos, India, Turquía, Egipto, Italia, España, Brasil, Irán y México. Dentro de Sudamérica el principal exportador de tomate de mesa es Brasil con un valor de 3 millones de toneladas durante el periodo de 1961 al 2002.

Según datos del MAGAP, en el Ecuador la mayor producción de tomate de mesa se da en las provincias de la Sierra ocupando del total del territorio un 84,25% de las cuales Bolívar tiene una mayor participación con un 15,28% y la provincia de Loja con 6,67%.

En estudios realizados por el PEAR (Plan Estratégico Ambiental Regional) en la Región Sur del Ecuador, 2008, determinaron que la situación actual del deterioro de la productividad en la provincia de Loja se debe a la predominancia de topografías fuertes que constituye una de las principales limitantes para el desarrollo agropecuario. Las características topográficas de la provincia hacen que sus suelos sean susceptibles a la erosión, la cual se incrementa debido a la pérdida de la cobertura vegetal, incendios, manejo inapropiado de sistemas de riego, así como por las variaciones climáticas. La contaminación del suelo por el uso de agroquímicos es otro de los problemas que influyen en el deterioro de la calidad y productividad del suelo.

Frente a estos problemas es importante recalcar que desde hace dos décadas en el cantón y provincia de Loja, se viene desarrollando cultivos bajo invernadero con el objetivo de mejorar la producción, mediante la utilización de diferentes sustratos y la optimización de los recursos agua y suelo, a través de la implementación de invernaderos, pero se dispone de poca información sobre cultivos bajo invernadero en el cantón Loja por lo que la Universidad Nacional de Loja ha venido realizando diferentes ensayos en los suelos del sector Los Molinos de la Quinta experimental La Argelia, pero al igual que la mayoría de los suelos de la provincia y de la hoya de Loja, son ácidos (pH 4,5), con bajos contenidos de fósforo y materia orgánica; de textura arcillosa y franco arcillosa y de baja capacidad de aireación en un rango del 9 al 12% (BUSTOS P; CARTUCHE C. 2003), lo cual limita el intercambio de O₂ y CO₂ a nivel de la zona radicular; lo que determina una baja producción y productividad de los cultivos.

Por otro lado, la aplicación inadecuada del agua de riego, determina condiciones temporales de exceso o deficiencia hídrica en los cultivos, ocasionando en el primer caso la falta de oxígeno y consecuentemente la proliferación de enfermedades, tales como, *Phytophthora infestans* (lancha tardía), *Botrytis* (pudrición de la flor), *Erwinia carotovora* (pudrición del tallo); en tanto que en el segundo caso - stress de humedad - hay la aparición de enfermedades, tales como el *Oídium*. Todo ello se traduce en bajos niveles de productividad, mayores costos de producción; y, la oferta al mercado con frecuencia de un producto altamente contaminado.

En lo que se refiere a las propiedades físico-químicas de los suelos de la zona, una investigación realizada por Valarezo et al (1998), ha evidenciado que existen algunas limitaciones en el suelo que impiden el normal crecimiento de las plantas; las que desde el

punto de vista químico son, la fuerte acidez, y la baja disponibilidad de N y P; y desde el punto de vista físico son, la baja capacidad de aireación (que según Ortega, M; Chapa, C. 2006 es de 9,2 %), producto del bajo contenido de materia orgánica y de la textura arcillosa a franco arcillosa que no proporciona un volumen de poros suficiente para que exista un adecuado intercambio de CO₂ y O₂ a nivel de la zona radicular.

La corrección de la acidez se la realiza mediante la aplicación de cantidades adecuadas de cal agrícola; así mismo las deficiencias de N y P se solucionan mediante la aplicación de éstos elementos generalmente mediante el sistema de fertirrigación; en cambio el mejoramiento de las condiciones físicas de los suelos es una tarea ardua y no se cuenta con mayor información sobre el tema. En este sentido, la Universidad Nacional de Loja viene desarrollando una serie de trabajos que permitan obtener información y generar tecnologías para el mejoramiento de las propiedades físicas de los suelos.

En la investigación realizada por Álvarez P. y Guailas D (2009), probaron el “Efecto de diferentes dosis de arena silíceo combinada con carbón vegetal, materia orgánica y láminas en el riego de cultivo de tomate de mesa”, en lo referente a las propiedades físicas del suelo, se pudo determinar que en todos los sectores donde se tomó las muestras existe un suelo con baja capacidad de aireación (9%), y por lo tanto un suelo de clase pobre ya que no existe una adecuada disponibilidad de agua y aire. En lo concerniente a las propiedades de los sustratos, es decir después de aplicar las diferentes dosis de arena silíceo, se pudo determinar que en todos los tratamientos se tiene una capacidad de aireación media (13,8%), incluso en el testigo, por lo cual se deduce que la arena contribuye notablemente a mejorar la capacidad de aireación.

Consecuentemente, el presente estudio pretende la comprobación de la información de la primera fase de investigación con respecto a los datos sobre el estudio de sustratos y láminas a fin de difundir la tecnología con un mayor nivel de confianza, lo cuál permitirá mejorar las condiciones físicas del suelo y optimizar el uso del agua de riego para incrementar la productividad, a través de diferentes combinaciones de arena silíceo, carbón vegetal y materia orgánica, y la aplicación de diferentes láminas de riego en el cultivo de tomate de mesa mediante el uso del tanque evaporímetro Clase A.

Objetivo General.

Evaluar una tecnología para mejorar las condiciones físicas de los suelos, mediante la aplicación de diferentes dosis de arena silíceo (15%, 20%, 25%), y un manejo adecuado del agua de riego a fin de incrementar el rendimiento en el cultivo de tomate de mesa bajo invernadero.

Objetivos Específicos.

- Evaluar las propiedades físicas del suelo mediante la aplicación de diferentes dosis de arena silíceo, (15%, 20%, 25%).
- Determinar la lámina óptima de agua de riego a través del tanque evaporímetro en el cultivo de tomate de mesa.
- Determinar la rentabilidad económica de los tratamientos.
- Difundir los resultados y experiencias generadas en la presente investigación a los estudiantes y agricultores interesados.

III. REVISIÓN DE LITERATURA.

3.1 Tomate de Mesa.

3.1.1 Generalidades.

La planta de tomate de mesa es originaria de la zona costera del Perú y ha sido domesticada en México. La temperatura ideal para el tomate está entre 18 y 25 °C. Por debajo del 10 o por encima de 30 °C, el crecimiento se detiene o es muy lento. Las heladas dañan a toda la planta.

Las plantas deben ubicarse en un lugar soleado y donde no se acumule agua. Es conveniente plantarlo en canteros bien levantados y agregar al suelo durante su preparación abundante compost o abono bien fermentado.

3.1.2 Necesidades Nutricionales.

Según Folquer (1979), la planta de tomate de mesa no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje (aireación), aunque prefiere suelos sueltos de textura silíceo- arcillosa y ricos en materia orgánica con buena fertilidad. En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos.

Según Fisher (1969), citado por Folquer (1979), como orientación básica, una cosecha de 67 toneladas extrae del suelo 322 kg de nitrógeno, 57 kg de P₂O₅, 442 kg de K, 159 kg de Ca y 54 kg de Mg.

Según Villareal (1982), en variedades mejoradas se utiliza los fertilizantes a razón de 120-150-120 de N- P₂O₅-K₂O respectivamente, con 20 t/ha de compost y 10

t/ha de mantillo (mulch). Se ha encontrado que la aplicación dividida de los fertilizantes es mejor que una sola aplicación.

Según Meir Shany (2003), “Cuando se fertiliza por el método cuantitativo, el cálculo se basa en las cantidades periódicas de los elementos que necesita la planta, es decir suministrar la cantidad de fertilizante por los días que han pasado desde el último riego. Sabemos que el cultivo de tomate de mesa requiere la cantidad de 250 – 300 r por día por 1000 m² de nitrógeno diario en su segunda etapa (floración hasta el cuaje del tercer racimo), y si el riego se realiza cada tres días, entonces la cantidad en cada riego será de 750-900 g de nitrógeno puro por cada 1000 m² (esta es la cantidad de elemento puro y hay que traducirla a términos de fertilizante comercial). En la tercera etapa (principal de la producción) la cantidad se duplica. Este cálculo se basa en la cantidad total del elemento que aprovecha la planta en un ciclo completo del cultivo, dividido en los días efectivos del cultivo, y ajustado a la etapa actual del cultivo. En tomate de mesa la cantidad total debe ser de 40-50 kg de nitrógeno puro por cada 1000 m² (los cálculos se basan en la cantidad de cada elemento en la materia seca de una planta desarrollada, multiplicada por el factor de la eficiencia del elemento en el suelo).

En hortalizas las relaciones recomendadas entre los elementos principales son: **N:P:K:Ca:Mg** es **2:1:3:2:1**. En la primera etapa del cultivo (post transplante) mantenemos la relación de NPK a 1:1:1 y las cantidades son bajas (1000 g de N por día por cada 1000 m²). Una parte significativa de los fertilizantes debe ser aplicada como fertilización de base, es decir debe ser incorporada al suelo antes del transplante.

La fertilización base es una práctica muy importante, su objetivo es dejar más tiempo a los elementos para que se establezcan y lleguen a un equilibrio con los demás componentes del suelo. Así mismo, es recomendable realizar antes de cada estación de cultivo un análisis de suelo, y a base de los resultados completar las deficiencias observadas.

La cantidad recomendada de micronutrientes que debe ser suministrada semanalmente por cada 1000 m² es de 100-200 g de un fertilizante completo de microelementos.

Mediante la fertilización proporcional, los nutrientes se suministran permanentemente a las plantas vía su presencia en la solución de fertirrigación. La fertilización proporcional se basa en la concentración de los diferentes macro y micro elementos en la solución de fertirrigación. Esta concentración va acorde con las diferentes etapas del cultivo. La concentración se expresa en ppm (partes por millón) del elemento puro en solución (1 ppm = 1 g de elemento puro en 1 000 l de agua; entonces 100 ppm = 100 g en 1 m³ de agua)".

Cuadro 1. Concentración deseada en ppm de los macro elementos en las diferentes etapas del cultivo de tomate de mesa.

ETAPA	N	P	K	Ca	Mg
Transplante hasta inicio de la floración	100-200	40-50	150-180	100-120	40-50
Floración hasta cuaje del tercer racimo	150-180	40-50	250-350	100-120	40-50
Principal cuaje y desarrollo de frutos	200-220	40-50	300-400	100-120	50-60
*En zonas o en épocas cálidas	150-180	35-40	250-300	100-120	40-50

* En zonas o en épocas cálidas, la cantidad total de los elementos que se suministran no varía, pero el volumen de agua regado se eleva y por eso se baja la concentración de los elementos en la solución, Meir Shany (2003).

3.2 Sustratos.

3.2.1 Concepto.

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta.

3.2.2 Propiedades de los sustratos de cultivo.

3.2.2.1 Propiedades físicas.

5. Porosidad.

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85 %, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones. La porosidad debe ser abierta, pues la porosidad ocluida, al no estar en contacto con el espacio abierto, no sufre intercambio de fluidos con él y por tanto no sirve como almacén para la raíz. El menor peso del sustrato será el único efecto positivo.

El espacio o volumen útil de un sustrato corresponderá a la porosidad abierta. El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato. Poros gruesos suponen una menor relación superficie/volumen, por lo que el equilibrio tensión superficial/fuerzas gravitacionales se restablece cuando el poro queda solo parcialmente lleno de agua, formando una película de espesor determinado.

El equilibrio aire/agua se representa gráficamente mediante las curvas de humectación. Se parte de un volumen unitario saturado de agua y en el eje de ordenadas se representa en porcentaje el volumen del material sólido más el volumen de porosidad útil. Se le somete a presiones de succiones crecientes, expresadas en centímetros de columnas de agua, que se van anotando en el eje de abscisas. A cada succión corresponderá una extracción de agua cuyo volumen es reemplazado por el equivalente de aire. De modo que a un valor de abscisas corresponde una ordenada de valor igual al volumen del material

sólido más el volumen de aire. El volumen restante hasta el 100 % corresponde al agua que aún retiene el sustrato.

6. Densidad.

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

La densidad real tiene un interés relativo. Su valor varía según la materia de que se trate y suele oscilar entre 2,5 - 3 gr/cm³ para la mayoría de los de origen mineral.

La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0,7 - 1 gr/cm³) y que garanticen una cierta consistencia de la estructura.

7. Estructura.

Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas.

8. Granulometría.

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

3.2.2.2 Propiedades químicas.

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

4. Químicas.

Se deben a la disolución e hidrólisis de los propios sustratos y pueden provocar:

- Efectos fitotóxicos por liberación de iones H^+ y OH^- .
- Efectos carenciales debido a la hidrólisis alcalina de algunos sustratos que provoca un aumento del pH y la precipitación del fósforo y algunos microelementos.
- Efectos osmóticos provocados por un exceso de sales solubles y el consiguiente descenso en la absorción de agua por la planta.

5. Físico-químicas.

Son reacciones de intercambio de iones. Se dan en sustratos con contenidos en materia orgánica o los de origen arcilloso (arcilla expandida) es decir, aquellos en los que hay cierta capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.). Estas reacciones provocan modificaciones en el pH y en la composición química de la solución nutritiva por lo que el control de la nutrición de la planta se dificulta.

6. Bioquímicas.

Son reacciones que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen sobre todo en materiales de origen orgánico, destruyendo la estructura y variando sus propiedades físicas. Esta biodegradación libera CO₂ y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica.

Normalmente se prefieren sustratos inertes frente a los químicamente activos. La actividad química aporta a la solución nutritiva elementos adicionales por procesos de hidrólisis o solubilidad. Si éstos son tóxicos, el sustrato no sirve y hay que descartarlo, pero aunque sean elementos nutritivos útiles entorpecen el equilibrio de la solución al superponer su incorporación un aporte extra con el que habrá que contar, y dicho aporte no tiene garantía de continuidad cuantitativa (temperatura, agotamiento, etc). Los procesos químicos también perjudican la estructura del sustrato, cambiando sus propiedades físicas de partida. (INFOAGRO, 22 de Septiembre de 2008, [TIPOS DE SUSTRATOS DE CULTIVO, www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm)).

3.2.2.3 Propiedades biológicas.

Cualquier actividad biológica en los sustratos es claramente perjudicial. Los microorganismos compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes. También pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas de partida. Generalmente disminuye su capacidad de aireación, pudiéndose producir asfixia radicular. La actividad biológica está restringida a los sustratos orgánicos y se eliminarán aquellos cuyo proceso degradativo sea demasiado rápido.

Así las propiedades biológicas de un sustrato se pueden concretar en:

4. Velocidad de descomposición.

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

5. Efectos de los productos de descomposición.

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

6. Actividad reguladora del crecimiento.

Es conocida la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo.

3.2.3 Tipos de sustratos.

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc.

3.2.3.1 Según sus propiedades.

- **Sustratos químicamente inertes.** Arena granítica o silíceo, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- **Sustratos químicamente activos.** Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

Las diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato. Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal.

3.2.3.2 Según el origen de los materiales.

1. Materiales orgánicos.

- **De origen natural.-** Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas).
- **De síntesis.-** Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.).
- **Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas.-** La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, serrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.).

2. Materiales inorgánicos o minerales.

- **De origen natural.-** Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).
- **Transformados o tratados.-** A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.).

- **Residuos y subproductos industriales.-** Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, etc.). (INFOAGRO, 22 de Septiembre de 2008, [TIPOS DE SUSTRATOS DE CULTIVO](#), www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm)

3.2.4 Arena.

3.2.4.1 Concepto.

La arena es un conjunto de partículas de [rocas](#) disgregadas. En [geología](#) se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 mm. Una partícula individual dentro de este rango es llamada [grano](#) de arena. Una roca consolidada y compuesta por estas partículas se denomina [arenisca](#). Las partículas por debajo de los 0,063 mm y hasta 0,004 mm se denominan [limo](#), y por arriba de la medida del grano de arena y hasta los 64 mm se denominan [grava](#). (WIKIPEDIA, 22 de Septiembre de 2008, [ARENA, es.wikipedia.org/wiki/Arena](http://ARENA.es.wikipedia.org/wiki/Arena))

3.2.4.2 Estructura.

- **Costra.-** Normalmente de cuarzo (sílice) con una pequeña proporción de mica, feldespato, magnetita y otros minerales resistentes.
- **Mica.-** Sus cristales pertenecen al sistema monoclinico y se caracterizan por una exfoliación basal perfecta que hace que se separen en hojas muy delgadas y un tanto elásticas.

- **Feldespatos.-** Se encuentran como cristales aislados o en masa y son una constituyente importante de muchas rocas ígneas y metamórficas, incluyendo el granito, el gneis y el basalto y otras rocas cristalinas. Aunque pueden pertenecer a los sistemas monoclinicos o cristalinos, todos los feldespatos contienen los mismos hábitos cristalinos y métodos de unión, así como planos de exfoliación inclinados los unos sobre los otros con ángulos cercanos a 90°.
- **Magnetitas.-** Es un potente imán, y cristaliza en el sistema cúbico, o isométrico, por lo general en masa s granúlales, aunque también en forma de cristales octaédricos.

3.2.4.3 Formación u origen.

Cuando las partículas acaban de formarse son angulosas y puntiagudas, haciéndose más pequeñas y redondeadas por fricción provocada por el viento y el agua. Es el producto de la desintegración química y mecánica de las rocas bajo meteorización y abrasión. (SECUNDARIA CEBECH, 22 de Septiembre de 2008, ARENA, redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi_rocas/arena.htm)

3.2.4.4 Arena Silícea.

Este es un caso especial, una aberración geológica por así decirlo. Es una arena muy fina, de grano bien uniforme y angular, compuesta prácticamente de un 100 % de cuarzo (CEDUCAPR, 22 de Septiembre del 2008, ARENA SILÍCEA, www.ceducapr.com/arena.htm).

3.2.5 Carbón vegetal.

3.2.5.1 Concepto.

El carbón vegetal es un producto sólido, frágil y poroso con un alto contenido en carbono (del orden del 80%). Se produce por calentamiento en ausencia de aire (hasta temperaturas de 400 a 700 °C) de madera y otros residuos vegetales. El poder calorífico del carbón vegetal oscila entre 29.000 y 35.000 kJ/kg, y es muy superior al de la madera que oscila entre 12.000 y 21.000 kJ/kg.

(Ángel Menéndez, INSTITUTO NACIONAL DEL CARBÓN, [2007. CARBÓN VEGETAL, www.oviedo.es/personales/carbon/curiosidades/carbon%20vegetal.htm](http://www.oviedo.es/personales/carbon/curiosidades/carbon%20vegetal.htm))

3.2.5.2 Propiedades químicas del carbón vegetal.

La información de las propiedades físicas – químicas del carbón vegetal es limitada, se asume que esta formado por un rango de materiales producidos por la combustión de la madera, con elevadas cantidades de carbón aromático elemental o grafito (Golberg, 1985; Schmid y Noack, 2000; citados por Valarezo M., C.A., 2004).

Cuadro 2. Propiedades químicas del carbón vegetal.

Nutriente	Valor	Unidad
Nitrógeno total (N total)	0,04	%
Fósforo P	0,08	%
Potasio K	0,75	%
Calcio Ca	0,46	%
Magnesio Mg	0,19	%
Azufre S	0,03	%
Materia Orgánica M. O	96,5	%
Boro B	9,08	ppm
Zinc Zn	12,3	ppm
Cobre Cu	16,3	ppm
Hierro Fe	293,1	ppm
Manganeso Mn	158,2	ppm
pH	9,5	

Fuente: Borrador de Tesis de: Egdo. Pablo Naula, citado por Álvarez P y Guailas D, 2009.

3.2.5.3 Incremento del rendimiento de los cultivos con enmiendas de carbón vegetal.

La aplicación de carbón vegetal al suelo puede incrementar significativamente la germinación de semillas, el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivo. En la germinación de las semillas incrementa en un 30%, en las

alturas de los brotes en un 24% y mayor producción de biomasa. (Chidumayo, 1994, citado por Valarezo M., C.A., 2004).

Sin embargo, también se ha reportado que grandes adiciones de carbón vegetal o de ácidos húmicos derivados de depósitos de carbón, podrían tener efectos perjudiciales sobre el desarrollo de los cultivos. (Kishimoto y Sugaira, 1985, citados por Valarezo M., C.A., 2004).

3.2.5.4 Enmiendas con carbón vegetal y retención de nutrientes.

Las aplicaciones de carbón vegetal no solamente incrementan el contenido de nutrientes si no también de estos en el suelo. Ello es especialmente importante en los suelos erosionados, los mismos que tienen baja capacidad iónica, según (Glaser, Lehmann y Zech, 2002) la mezcla de cantidades relativamente grandes de carbón de maderas duras con el suelo, incrementó en un 50% la CIC, frente al testigo no tratado, inclusive pequeñas aplicaciones de carbón vegetal también pueden incrementar la CIC del suelo. Una mayor retención de nutrientes también se puede lograr simplemente por la retención del agua del suelo en los meso y microporos; consecuentemente, si se reduce la percolación del agua a través del suelo, también disminuirá la lixiviación de nutrientes, estos resultados demuestran que el carbón vegetal pueden contribuir ha incrementar la retención de iones en el suelo; así como, disminuir la lixiviación de materia orgánica disuelta en los nutrientes orgánicos (Glaser, Lehmann y Zech, 2002, citados por Valarezo M., C.A., 2004).

3.2.5.5 Enmiendas con carbón vegetal, retención de agua y estabilidad estructural del suelo.

En muchos suelos agrícolas, los bajos contenidos de materia orgánica pueden ser la causa de una baja capacidad de agua aprovechable y de una estructura débil. El carbón vegetal no solamente puede cambiar las propiedades químicas del suelo, sino sus propiedades físicas, tales como, en la retención del agua y la agregación estos efectos pueden mejorar la disponibilidad del agua para las plantas y disminuir la erosión de los suelos (Picolo et.al, 1997, citado por Valarezo M., C.A., 2004).

El uso del carbón vegetal como enmiendas del suelo para una agricultura sostenible presenta las siguientes ventajas:

1. Alto contenido y elevada capacidad de retención de nutrientes, lo que determina una mayor disponibilidad de los mismos para las plantas y menores pérdidas por lixiviación. Se asume que dos procesos están involucrados en esta situación:
 - Los nutrientes son físicamente atrapados en los pequeños poros de los materiales amorfos carbonizados.
 - La oxidación biológica lenta genera unidades carboxílicas en los bordes de la cadena aromática condensada del carbón vegetal, con el concomitante incremento de la CIC.
2. En la transformación del carbón de la materia orgánica de las plantas en formas estables del carbón, lo cual reduce la liberación del CO₂ a la atmósfera como gas de

invernadero durante el proceso de roza del terreno, incrementado su secuestro en el suelo.

3. Tanto los agricultores como otras personas de bajos ingresos pueden producir el carbón vegetal en forma relativamente fácil a partir de la vegetación de barbecho o de los residuos orgánicos. La técnica de producción es bien reconocida y las herramientas y los recursos son de amplia disponibilidad.
4. Las investigaciones que se requieren se debería orientar tanto ha probar las enmiendas del carbón vegetal en parcelas experimentales bajo condiciones de campo, como a desarrollar el conocimiento de las propiedades físicas y químicas de la superficies del carbón vegetal; también será necesario estudiar la efectividad agronómica y la facilidad económica (Glaser, Lehmann y Zech, 2002, citados por Valarezo M., C.A., 2004).

3.3 Condiciones físicas del suelo.

3.3.1 La curvatura de retención del agua del suelo.

3.3.1.1 Principio.

Según Valarezo C. (1998), cada vez que se disminuye el contenido del agua del suelo aumenta exponencialmente el trabajo necesario para extraer una cantidad adicional de agua. El trabajo que se requiere ejercer para extraer el agua del suelo será numéricamente igual, pero opuesto en signo, al potencial de agua del suelo. Cada suelo se caracteriza por tener una relación diferente entre el contenido del agua y el trabajo necesario para extraer un pequeño incremento de agua.

También se puede decir que cuando la carga de presión del agua del suelo cambia, también varía el contenido de humedad del suelo. El gráfico que representa la relación entre la carga de presión negativa y el contenido de humedad, se lo conoce con el nombre de **curva de retención del agua del suelo** o curva característica de la humedad del suelo. (Valarezo C., 1998).

Cuando el trabajo necesario para extraer una unidad de agua se expresa en términos de trabajo por volumen de agua, se obtiene unidades de presión, y este trabajo se le conoce con el nombre de succión de humedad del suelo o tensión de humedad del suelo, que es igual al potencial de agua volumétrico pero con signo contrario. (Valarezo M., 1998).

Estando relacionados funcionalmente el contenido del agua del suelo y el potencial mátrico, ambos varían ampliamente en el espacio y en el tiempo conforme el suelo es humedecido por lluvia o riego, drenado por gravedad, o secado por evaporación y extracción por las raíces. (Valarezo C., 1998).

La pendiente de curvatura de retención de agua del suelo, que es el cambio del potencial mátrico, por unidad de cambio del contenido de agua, se la conoce con el nombre de característica del agua del suelo, o capacidad diferencial del agua **C**. (Valarezo C., 1998).

$$C = \frac{d\psi}{d\theta}$$

Esta es una propiedad importante en relación con el almacenamiento y la disponibilidad de agua para las plantas. El valor de C depende del rango de humedad, de la textura y del efecto de histéresis. (Valarezo C., 1998)

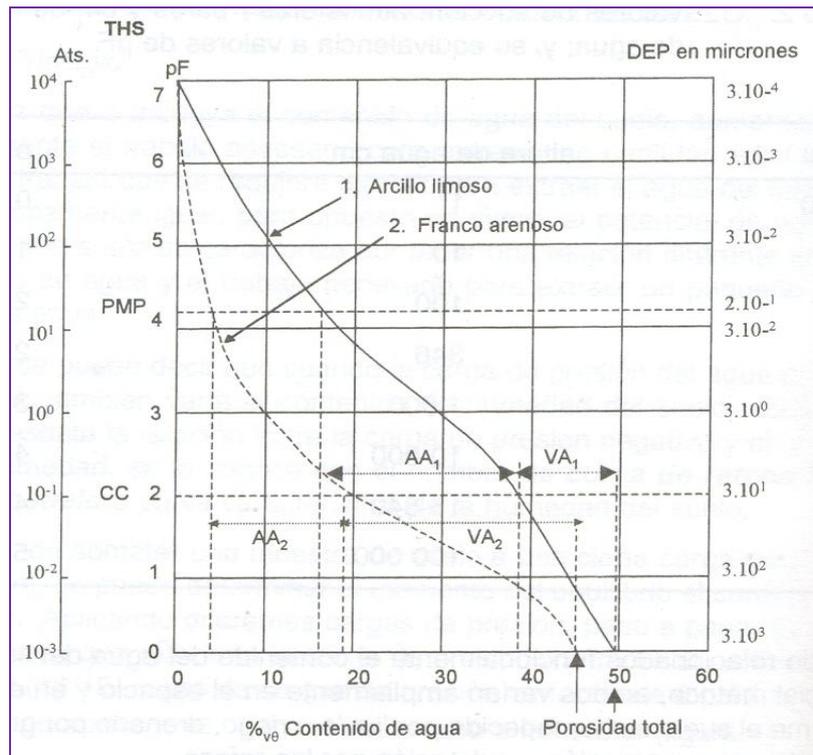


Figura 1. Curva de retención del agua del suelo.

3.3.1.2 Factores que determinan la forma de la curvatura de retención de agua del suelo.

La cantidad de agua retenida a valores relativamente bajos de succión mátrica (0 y 1 bar), depende primeramente del efecto capilar y de la distribución del tamaño de poros; en consecuencia, es fuertemente afectada por la **estructura** del suelo. Por otro lado, la retención del agua en el rango más alto de succión en forma creciente se

debe adsorción, siendo por consiguiente, menos afectada por la estructura pero más por la **textura**; en otras palabras, por la superficie específica del material del suelo. (Valarezo C., 1998).

La **textura** se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla del suelo. La clasificación de estas partículas se hace de acuerdo a su tamaño. La arena representa las partículas con diámetro de 2,00 - 0,05 mm, el limo de 0,05 - 0,002 mm y arcilla menores de 0,002 mm. La mayoría de los suelos contienen una mezcla de arena, limo y arcilla. Los suelos francos tienen textura media. (Valarezo C., 1998).

La **estructura** se refiere al arreglo espacial y grado de agregación de las partículas del suelo, y a la naturaleza y cantidad de espacio poroso resultante entre y dentro de estas partículas; es decir, la fracción del volumen del suelo que esta ocupada por aire y agua. (Valarezo C., 1998).

En general, la curva característica de humedad es fuertemente afectada por la textura del suelo; así, mientras a mayor contenido de arcilla, mayor será el contenido de agua retenida a cualquier succión particular y más gradual será la pendiente de la curva. En un suelo arenoso, la mayoría de los poros son relativamente grandes; por lo que, una vez que estos poros han sido vaciados a una cierta succión, solamente queda retenida una pequeña cantidad de agua. (Valarezo C., 1998).

En un suelo arcilloso, la distribución de poros es más uniforme, estando la mayoría de agua adsorbida, de forma tal que, el aumento de la succión causa una disminución más gradual del contenido de agua. (Valarezo C., 1998).

También el contenido de materia orgánica tiene influencia sobre la forma de la curvatura y la retención de agua del suelo. El aumento en el contenido de materia orgánica del suelo, se refleja en el incremento de la capacidad total de retención del agua. (Valarezo C., 1998).

En el cuadro 3 se representan los valores de retención de agua para varias succiones, en suelos de diferente textura.

3.3.1.3 Aplicaciones de la curva de retención de agua del suelo: puntos importantes.

La información que se obtiene de la curva permite:

- Conocer el volumen total de poros y la distribución de los poros por rangos de tamaño.
- Determinar la capacidad de aireación del suelo para las raíces y el espacio poroso drenable.
- Determinar el rango de agua aprovechable para las plantas y el volumen de agua rápidamente aprovechable
- Conocer el espacio poroso físicamente inerte

Disponiendo de los valores de los parámetros indicados es posible avanzar a:

- Monitorear los cambios de la estructura del suelo en función del tiempo.
- Evaluar las condiciones físicas del suelo como medio de crecimiento de las plantas

La información así generada es de relevante importancia, por cuanto se la utiliza en: a) el diseño de proyectos de riego y drenaje; b) el manejo y la conservación de suelos y agua; c) la operación del riego y d) la evaluación de los cambios de la porosidad total y de los rangos de los tamaños de los poros, en respuesta a diferentes opciones de manejo del suelo. (Valarezo C., 1998).

3.3.1.4 pF.

Debido a que la energía (trabajo) necesaria para extraer el agua del suelo aumenta exponencialmente, mientras que el contenido de agua aumenta linealmente, para tener facilidad en la graficación e interpretación se prefiere utilizar el logaritmo de la tensión de humedad del suelo expresado en función de cm. de una columna de agua, que se conoce con el nombre de pF (p = potencial y F = energía libre). Así $1 \text{ atm} \approx 1 \text{ bar} \approx 1000 \text{ cm. de agua}$; $pF \approx 3$ (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores de succión: atmósferas/bares y cm de columna de agua; y, su equivalencia a valores de pF.

atm/bar	Altura de agua cm	pF
1/1000	1	0,0
1/100	10	1,0
1/10	100	2,0
1/3	346	2,54
1	1000	3,0
10	10 000	4,0
15	15 849	4,2
100	100 000	5,0

Fuente: Valarezo C., et al. 1998.

Los puntos más importantes de la curva de pF se representan en el cuadro siguiente:

Cuadro 4. Puntos más importantes de la curva de pF.

pF	atm	Puntos
4,40	±28,80	Agua higroscópica
4,20	15,00	Punto de Marchitez Permanente (PMP)
2,52	0,33	Capacidad de campo (CC)
2,00	0,10	
0,00	0,001	Saturación

Fuente: Valarezo C., et al. 1998.

3.3.2 Puntos más importantes de la curva de pF.

Según Valarezo, C.; et al (1998), los puntos más importantes de la curva de pF son los siguientes:

3.3.2.1 Saturación.

El punto de intersección de la curva con el eje de las abscisas (contenido de agua en unidades de volumen) corresponden a un valor de tensión de un cm (pF = 0), equivale al contenido de agua del suelo en la condición de saturación, lo cual significa que este valor es prácticamente similar a la porosidad total.

3.3.2.2 Coeficiente higroscópico.

Es la cantidad de agua que el suelo contiene cuando ha alcanzado el equilibrio bajo las siguientes condiciones: 98% de HR, una atmósfera estándar de presión y a la temperatura ambiente. Se estima que el valor del potencial mátrico para tales condiciones es de -2780 julios/kg, o 27,8 bar (pF = 4,4).

3.3.2.3 Capacidad de campo.

Se define como la cantidad de agua que un suelo retiene contra la gravedad cuando se le deja drenar libremente. En un suelo bien drenado por lo general se llega a este valor a los dos días después de saturar el mismo.

El concepto de CC tradicionalmente ha sido considerado como el límite superior del agua aprovechable para las plantas; sin embargo, por no representar un

valor de contenido de agua exacto para una saturación dada, se prefiere remplazarlo con otros más precisos.

Así, la **CC** para el Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América (USDA) corresponde al contenido de agua que el suelo retiene a una succión de 1/3 de atm (333,3cm de columna de agua, ó pF de 2,52). En cambio, para la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (SICS), la **CC** corresponde al contenido de agua que el suelo retiene cuando ha sido sometido a una succión de 1/10 de atm (100 cm de columna de agua, o pF 2). (Valarezo C., 1998).

Cabe señalar que el movimiento descendente de agua en el suelo no cesa cuando el suelo alcanza la capacidad de campo, sino que continúa por largo tiempo a una tasa menor.

3.3.2.4 Punto de marchitez permanente.

Se conoce como el contenido de agua del suelo cuando las plantas se marchitan permanentemente; es decir, que no se recobran en una atmósfera saturada, sin adición de agua al suelo.

El **punto de marchitez permanente** (PMP), al igual que la capacidad de campo, es un valor dinámico que depende del suelo, de las plantas y el clima; por ello, en su lugar es preferible referirse a un valor de equilibrio entre succión y contenido de humedad. Numerosos experimentos han demostrado que las plantas (mesofíticas) se encuentran en el rango de marchitez permanente cuando el potencial promedio del agua del suelo es de cerca de -1500 a -1600 julios/kg (15 o 16 bar de succión equivalente, pF = 4,2) que corresponde al **límite inferior de agua aprovechable** en el

suelo. El diámetro equivalente de los poros es de 0,2 micras. El volumen de agua a PMP, representa el volumen útil de poros del suelo.

3.3.2.5 Agua aprovechable.

La cantidad de agua retenida en el suelo entre capacidad de campo (pF 2,0 ó 2,52) y punto de marchitez permanente (pF 4,2) se la define como el **agua aprovechable (AA)** que; en general, forma la solución del suelo y es la principal fuente de agua para el desarrollo de las plantas. Teóricamente el rango del diámetro equivalente de poros que ocupa el **AA**, va de 0,2 a 30 micras. (Valarezo C., 1998).

3.3.2.6 Porosidad.

El espacio poroso es importante porque los poros del suelo están completamente llenos de agua y aire. El agua y el aire también se mueven a través de los espacios de poros.

Así pues, la provisión de agua y de oxígeno para el crecimiento de las plantas y la tasa de movimiento del agua en el suelo está relacionada con la cantidad y tamaño de poros del mismo (MILLER *et al* 1975, citado por Álvarez P & y Guillas D.).

3.3.2.7 Porosidad total.

Corresponde al índice del volumen relativo de poros. Es el valor que resulta de la relación entre el espacio poroso y el volumen total de una muestra inalterada; o también, es el volumen total no ocupado por los sólidos. Se expresa en porcentaje (%). (Valarezo C., 1998).

3.3.2.8 Volumen inútil de poros.

Denominado volumen físicamente inerte. Corresponde al valor del contenido volumétrico de agua en el punto de marchitez permanente. Comprende aquellos poros menores a 0,2 micras, que no proveen de aire ni de agua para las raíces.

3.3.2.9 Porosidad de aireación.

Los poros del suelo que están ocupados por aire a capacidad de campo, constituyen la porosidad de aireación, que es importante para la difusión de oxígeno hacia las raíces. Cuando un suelo tiene menos del 10 al 12 % de espacio poroso, la renovación del oxígeno es extremadamente lenta y la mayoría de las plantas se ven afectadas, pero si la porosidad (capacidad) de aireación es mayor al 15 %, la aireación es satisfactoria para el crecimiento de las plantas. Desde este punto de vista del drenaje, esta porosidad corresponde al espacio poroso drenable también llamado porosidad efectiva. En todo caso, representa a los poros del suelo que tiene un diámetro equivalente (DEP) mayor a 30 micras.

3.3.3 Efectos de la aireación del suelo sobre las actividades biológicas.

Sobre los microorganismos.

Posiblemente el factor más importante de la pobre aireación de los suelos sobre los procesos microbiológicos es la disminución del coeficiente de oxidación de la materia orgánica, disminución que parece estar asociada con una carencia de oxígeno. (Valarezo, C.; et al. 1998).

Sobre las actividades de las plantas.

Las plantas son afectadas adversamente por lo menos en cuatro modos, por una pobre aireación:

- Disminución del crecimiento de la planta, y sobre todo de las raíces.
- Se reduce la absorción de nutrientes.
- Disminuye la absorción de agua.
- La formación y acumulación de ciertos compuestos tóxicos inorgánicos que actúan contra el crecimiento de las plantas. (Valarezo, C.; et al. 1998).

Cuadro 5. Diámetro equivalente de los poros (DEP) en distintos puntos de la curva de retención de agua del suelo.

Puntos	Diámetro equivalente de los poros (DEP)
PMP	0,2 micras
CC	30 micras
AA	0,2 - 30 micras
Volumen inútil de poros	< 0,2 micras
Porosidad (capacidad) de aireación	> 30 micras

Fuente: Valarezo et al. 1998.

3.3.4 Evaluación de las condiciones físicas del suelo.

Según Valarezo, C.; et al. (1998), citado por Álvarez P y Guillas D, La distribución de los volúmenes de las tres fases (sólido, líquida y gaseosa) a capacidad de campo sirve para estimar las condiciones físicas del suelo en relación con el crecimiento de las plantas.

Para tal efecto se utiliza el diagrama triangular, en base de este se encuentra los valores porcentuales del volumen de capacidad de aireación, cuyos poros tienen un diámetro mayor a 30 micras. En el lado derecho del triángulo se encuentran los valores porcentuales del agua aprovechable con un diámetro equivalente de poros de 0.2 a 30 micras, considerando como capacidad de campo el contenido de agua retenido a pF 2. El lado izquierdo del triángulo contiene los valores porcentuales del volumen físicamente inerte del suelo, que es igual al volumen de sólido más el volumen útil de poros.

El volumen útil de poros corresponde al valor del contenido volumétrico de agua en el PMP. Comprende aquellos poros menores a 0,2 micras, que no proveen de aire ni de agua a las raíces.

Internamente el diagrama triangular se encuentra dividido en cinco zonas. La zona I, corresponde a una situación muy pobre de las condiciones físicas del suelo para las plantas. En tanto que la zona V da cabida a aquella combinación de disponibilidad de agua y aire que se la considera muy buena. Las zonas II, III y IV corresponden a las condiciones pobre, medio y bueno, respectivamente. Por debajo del triángulo se encuentran las líneas prolongadas de rangos de agua aprovechable y de la capacidad de aireación con su respectiva interpretación. (Valarezo, C., 1998).

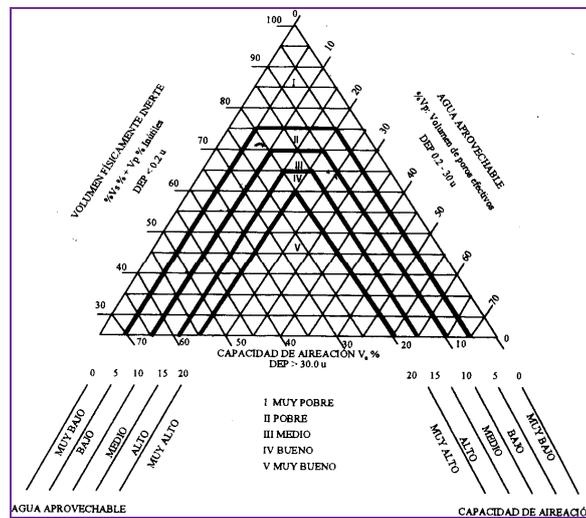


Figura 2. Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo (Tomado de ILACO, B.V. 1981, citado por Valarezo et al. 1998).

3.4 La Evaporación y la evapotranspiración.

3.4.1 La evaporación.

Es la cantidad total de agua evaporada de la superficie del suelo, cubierta vegetal y espejos de agua. Se expresa por el grosor en mm del estrato de agua evaporado en unidad de tiempo. La reducción de las pérdidas de agua por evaporación de la superficie del agua se puede realizar mediante cortinas forestales de protección alrededor de los lagos o a lo largo de los canales, por la reducción de la superficie del espejo de agua o protegiendo la superficie del agua con sustancias especiales. (EL RINCÓN DEL VAGO, 22 de Septiembre de 2008, EVAPORACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN, html.rincondelvago.com/evaporacion-y-evapotranspiracion.html).

3.4.2 La transpiración.

La mayor parte del agua evaporada por las plantas es agua que ha pasado a través de la planta, absorbida por las raíces, pasando por los tejidos vasculares y saliendo por las hojas, a través de los estomas, aunque a veces también ocurre a través de la cutícula. Esta evaporación de agua a través de las plantas es la denominada transpiración. (www.agua.uji.es/pdf/leccionRH04.pdf)

3.4.3 La Evapotranspiración (ETP).

Concepto climatológico de mucha importancia, presenta valores máximos cuando las plantas están óptimamente aprovisionadas con agua. Bajo estas condiciones la ETP obtiene valores potenciales para asegurar cosechas muy abundantes. La ETP se expresa en mm de columna de agua y varía de una zona climática a otra. Los principales factores que influyen la ETP son la energía radiante, temperatura del aire, déficit de saturación ($e_a - e_d$), grado de aprovisionamiento con agua, características del suelo y de la planta. Se puede determinar por métodos directos e indirectos.

3.4.4 Factores que determinan la evaporación.

a) Radiación solar.- Es el factor determinante de la evaporación ya que es la fuente de energía de dicho proceso.

b) Temperatura del aire.- El aumento de temperatura en el aire facilita la evaporación ya que: en primer lugar crea una convección térmica ascendente, que facilita la aireación de la superficie del líquido; y por otra parte la presión de vapor de saturación es más alta.

c) Humedad atmosférica.- Es un factor determinante en la evaporación ya que es necesario que el aire próximo a la superficie de evaporación no esté saturado.

d) El viento.- Después de la radiación es el más importante, ya que renueva el aire próximo a la superficie de evaporación que está saturado. La combinación de humedad atmosférica baja y viento resulta ser la que produce mayor evaporación. El viento también produce un efecto secundario que es el enfriamiento de la superficie del líquido y la consiguiente disminución de la evaporación.

e) Tamaño de la masa de agua.- El volumen de la masa de agua y su profundidad son factores que afectan a la evaporación por el efecto de calentamiento de la masa. Volúmenes pequeños con poca profundidad sufren un calentamiento mayor que facilita la evaporación.

f) Salinidad.- Disminuye la evaporación, fenómeno que sólo es apreciable en el mar.

3.4.4.1 Método para calcular la ETp.

Método del tanque evaporímetro clase "A".- Permiten medir el efecto combinado de la temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación (luz solar) sobre la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o). Los más conocidos son el Tanque Evaporímetro Clase "A" y el tanque enterrado de Colorado (tanque cuadrado). El primero que es el más utilizado en nuestro medio tiene un diámetro de 121 cm. y una profundidad de 25,5 cm., es de hierro galvanizado (calibre 22) o de metal Monel (0,8 mm). Se debe instalar perfectamente nivelado, a 15 cm. sobre el suelo.

La ETo se calcula con la siguiente relación:

$$E_{To} = K_t * E_T$$

Donde:

Kp = Coeficiente del tanque

ET = Evaporación del tanque

El Coeficiente del Tanque, Kp, depende de:

- El tipo de tanque usado
- El entorno del tanque: en medio de un barbecho o con una superficie de vegetación
- El clima, la humedad y la velocidad del viento

3.4.4.2 La evapotranspiración de los cultivos.

Existen varios métodos para estimar la evapotranspiración potencial de los cultivos. Algunos de ellos se basan directamente sobre el balance hídrico y otros emplean fórmulas las cuales relacionan el uso consuntivo a varios factores geográficos, climáticos y energéticos.

La evapotranspiración o uso consuntivo, representa la suma de la transpiración y de la evaporación.

Por el proceso de transpiración, el agua absorbida por las raíces de las plantas es emitida por las hojas en forma de vapor de agua y reintegrada a la atmósfera. La evaporación representa el agua evaporada de la superficie del suelo y del follaje (las

gotas del rocío y las de la lluvia deposita sobre las hojas de las plantas). El uso consuntivo del cultivo expresa mediante la tasa de evaporación la cual depende además de los factores del clima que afectan a la evaporación (la temperatura y la humedad del aire, el régimen de viento y la intensidad de la radiación solar), de las características fisiológicas de la cobertura vegetal y la disponibilidad de agua en el suelo para satisfacer la demanda hídrica de la planta.

3.4.4.3 La evapotranspiración del cultivo de referencia. E_{TP}.

La Evapotranspiración potencial, E_{TP} (mm/día), de un cultivo estándar o de referencia fue definida por Dorenbos & Pruit (1975) como:

“La tasa de evaporación (mm/día) de una extensa superficie de pasto (grama) verde, de 8 a 15 cm. de altura, en crecimiento activo, que sombrea completamente la superficie del suelo y que no sufre de escasez de agua”. (EL RINCÓN DEL VAGO, 22 de Septiembre de 2008, EVAPORACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN, html.rincondelvago.com/evaporacion-y-evapotranspiracion.html)

3.5 Trabajos realizados.

En lo que se refiere a la determinación de sustratos para mejoramiento de las propiedades físicas del suelo con la finalidad de incrementar los rendimientos del cultivo de tomate de mesa, se ha desarrollado las siguientes investigaciones.

Valarezo, L.; Villamagua, M. (2003), en un trabajo realizado en arena silíceica en la hoya de Loja, han obtenido resultados que demuestran que la incorporación de arena silíceica en dosis de 30 %, 40 % y 50 %, mejoraron la capacidad de aireación, pasando las

condiciones físicas del suelo de pobre a muy buenas, y logrando un aumento de 45% en la productividad del cultivo de tomate de mesa, 117 % en cebolla de bulbo y 59 % en pepino.

Villamagua et. al (2005), evaluaron la respuesta del tomate mesa a la aplicación de diferentes dosis de carbón vegetal de granulometría menor a 4,5 mm, para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, y la rentabilidad del cultivo de tomate de mesa bajo invernadero en la hoya de Loja. Los tratamientos fueron: T0 = 0 kg/m² (testigo), T1 = 1 kg/m², T2 = 1.5 kg/m², T3 = 2 kg/m² de carbón vegetal, a todos los tratamientos se adicionó el 6% de abono orgánico (bocashi). Los resultados indican que en las propiedades físicas los suelos pasaron de pobre a medio en todos los tratamientos, debido principalmente al incremento significativo de la capacidad de aireación. Las condiciones químicas del suelo con respecto a los sustratos variaron en el nitrógeno de muy bajo en el suelo original a medio en todos los tratamientos; y mientras que el fósforo y el potasio paso de bajo a alto en todos los tratamientos. El mejor rendimiento lo obtuvieron en el T₃ con 11,55 kg/planta en un período de cosecha de cuatro meses; mientras que el menor rendimiento se obtiene en el T0 (testigo) 9,95 kg/planta. Obteniendo un incremento de la productividad de 1,6 kg/planta equivalente al 16 %.

Ortega, M; Chapa, C. (2006), evaluaron diferentes sustratos utilizando abono orgánico en el cultivo de Zucchini en donde los tratamiento fueron; T0= suelo agrícola; T1= suelo agrícola + 6% de abono orgánico (bocashi); T2= suelo agrícola + 8% de abono orgánico (bocashi); T3= suelo agrícola + 10% de abono orgánico (bocashi). Los resultados indican que el suelo original de características físicas pobres pasó a bueno en T1 y T2 y Muy Bueno en T3. El mejor rendimiento se obtiene en el T3 con 18,43 kg/planta y el testigo 4,27 kg/planta.

Álvarez P; Guailas D. (2009), señalan: “La evaluación del efecto de los sustratos y las láminas de riego en el rendimiento en kg por planta, evidenció según el ADEVA que, no existe diferencia significativa al nivel del 5% para el factor A que son las láminas, lo cual indica que, a nivel estadístico la aplicación de las tres láminas no causa diferencia significativa en el rendimiento. Por el contrario, para el factor B, que son los sustratos, el ANAVA nos muestra que el efecto de esta variable en el rendimiento es altamente significativo, es decir que el factor que incide directamente en el rendimiento es los sustratos. En lo referente al efecto de la interacción sustratos-láminas (A x B) en el rendimiento, se determinó que no existe diferencia significativa en los tratamientos al nivel del 5%; y en ese sentido, se determinó que aunque el T10 conformado por la lámina 3 (155% ETc) y el sustrato S1 (15% arena) es el mejor tratamiento en cuanto a rendimiento con 8,2 kg/planta, este efecto se debe únicamente al factor sustrato.”

En este cultivo se han realizado varios trabajos enfocados a optimizar el uso del agua de riego ya que la aplicación del riego debe ser cuidadosa, ya que tanto la sequía como el exceso de agua repercuten en la calidad y producción del fruto. Se ha encontrado una correlación estrecha entre sequías intensas y rajaduras en el fruto. El exceso de agua se asocia con la presencia de enfermedades radicales de la planta y, por consecuencia, con bajos rendimientos (Manjarrez, 1980).

En Chile, específicamente en Talca, que presenta temperaturas promedio que oscilan entre 19,7 y 10,9 °C, se ha realizado un trabajo para determinar el “Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicum esculentum mill.* Cv. Fa-144) de invernadero”. Los tratamientos correspondieron a una reposición de 70, 100 y 150% de la evapotranspiración real (ETreal), T1, T2 y T3, respectivamente, y un

testigo que correspondió a las láminas de agua que el agricultor utiliza tradicionalmente en la zona. Los resultados de este estudio indicaron que el tratamiento T3 (150% de la ETreal) y el testigo presentaron el mayor rendimiento comercial con respecto a los tratamientos T1 y T2. Sin embargo, con el tratamiento T3 se obtuvo la mejor calidad de tomate comercial en comparación a los otros tratamientos y al testigo (Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Horticultura, 2001).

En un trabajo realizado en México (Yucatán) acerca de “El Tomate y sus Necesidades Hídricas a través del tanque evaporímetro” en la cual la idea detrás del método es medir la cantidad de agua evaporada desde un tanque evaporímetro y correlacionarla a la evapotranspiración de los cultivos (el clima del lugar es del tipo caliente subhúmedo). Para el tomate en la zona henequenera de Yucatan, se probaron los coeficientes (k_p) 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 con el riego por micromangueras y se encontró que el rendimiento de tomate comercial y total se elevó con los valores de 1,0 y 1,2. Es significativo el hecho de que los valores más bajos de K_p han sido observados en climas secos y con viento comparados con climas húmedos y con velocidades de viento bajas. En la región tropical de este sitio se determinó que un K_p de 0,75 para estimar las necesidades de riego fue bastante aceptable (Norero, 1984). Los volúmenes de agua correspondieron a láminas de riego de 348, 435, 563, 700 y 530 mm para los coeficientes 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 y combinados, respectivamente. El rendimiento más elevado de tomate en las categorías total, comercial, y de tercera se logró con el coeficiente 0,8 con 35,8, 23,9 y 12,5 t/ha, respectivamente. Igualmente, este mismo tratamiento de 0,8 resultó el más eficiente en el uso del agua. Por lo anterior, afectar las lecturas del tanque evaporímetro por un coeficiente de 0,8 resulta un buen indicador para determinar las necesidades hídricas del

cultivo del tomate en la zona henequenera de Yucatán (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México. Investigadores: González y Hernández, 2000).

3.6 Comercialización de tomate de mesa bajo invernadero, Loja.

La ciudad de Loja presenta condiciones óptimas de temperatura y humedad para la producción de tomate bajo invernadero. En el presente trabajo se obtuvo tomate de calidad apto para mercados locales, nacionales e internaciones, ya que el control fitosanitario se lo realizó con productos de baja toxicidad como son los de franja verde.

Uno de los problemas que más perjudica al agricultor es la comercialización del producto, puesto que la fluctuación de los precios en el mercado varía de acuerdo a la época o condiciones climatológicas del lugar.

Así, en los meses de invierno la producción de tomate de mesa proveniente de la costa se ve reducida y existe una tendencia al alza de los precios, lo que provoca un beneficio al agricultor en la venta de sus productos y puede de esta manera recuperar la inversión realizada.

Existe una situación que vale recalcar, los productores de tomate de mesa deben realizar una planificación de sus cosechas, de tal forma que cuando en el litoral y demás zonas productoras han sembrado este cultivo, el precio en el mercado tiende a bajar, existiendo una sobreoferta de este producto, por lo tanto las fluctuaciones de la oferta perjudica grandemente a los agricultores, y se han dado casos que más rentable resulta dejar la plantación sin cosecha que realizar gastos por concepto de mano de obra y transporte.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

~ 77 ~

Los meses al alza en el precio lo constituye enero, febrero, marzo, abril y octubre, en tanto los restantes tienen un comportamiento variable con tendencia a la baja. La comercialización de tomate de mesa se realiza tradicionalmente, es decir, persiste la costumbre que por años se ha venido cumpliendo, lo que significa un desconocimiento total de los criterios de comercialización.

La comercialización en los mercados de Loja se caracteriza por el monopolio de muy pocos compradores que ostentan capitales y nexos mercantiles para colocar el producto en mercados importantes (Bravo et al. 2002).

IV. METODOLOGÍA.

4.1 INFORMACIÓN GENERAL.

4.1.1 Ubicación política.

El sector en estudio está ubicado en la Ciudadela Universitaria “La Argelia”, parroquia San Sebastián, cantón y provincia de Loja, aproximadamente a 5 km. al sur de la ciudad de Loja.

4.1.2 Ubicación geográfica.

- Latitud: 04° 01' 47" Sur
- Longitud: 79° 11' 40" Oeste
- Altitud: 2100 m.s.n.m.

4.1.3 Clima y ecología.

- Precipitación anual 906,9 mm/año.
- Temperatura media anual 15,5 °C
- Temperatura máxima 27,8 °C
- Temperatura mínima 3 °C
- Humedad relativa máxima 78%
- Humedad relativa mínima 72%
- Velocidad del viento máxima 4,9 m/s
- Velocidad del viento mínima 2,7 m/s

Los suelos de este sector son pesados que van de textura franco a franco – arcillosa con un mal drenaje, pobres en materia orgánica y medianamente profundos. (VALAREZO et. al, 1998).

4.1.4 Clasificación ecológica.

Ecológicamente se define como:

- Según Koopen: Templado lluvioso, mesotérmico, frío o isotermal.
- Zonas de vida según Holdridge: bosque seco montano bajo bs-Mb (Guarnido y Villa 1995).

4.2 MATERIALES.

4.2.1 Materiales de campo.

- Invernadero de La Universidad Nacional de Loja (Croquis, Anexo 70 – 73).
- Sistema de riego por goteo (Croquis, Anexo 74).
- Plántulas de tomate de mesa (variedad Dominique)
- Balanza
- Registro de campo
- Fundas plásticas para muestras
- Herramientas e instrumentos de labranza
- Bomba a motor (cuatro tiempos)
- Tanque evaporímetro Clase “A”
- Higrotermómetro
- Insumos y fertilizantes agrícolas

4.2.2 Materiales de oficina.

- Computadora
- Calculadora
- Fotocopiados y separatas
- Material bibliográfico
- Materiales de escritorio
- Registros

4.2.3 Materiales de laboratorio.

- Barreno extractor de muestras
- Muestras de suelo
- Cilindros Koppecky
- Crisoles
- Balanza de precisión
- Estufa

4.3 METODOLOGÍA.

4.3.1 Agrotecnia del cultivo.

En el presente proyecto se estudio como planta indicadora el tomate de mesa en el cual se realizaron las siguientes labores agrotécnicas:

4.3.1.1 Preparación del suelo.

Se procedió a eliminar malezas, piedras y demás obstáculos que interfieran con el normal desarrollo de las plantas, luego de esto se procedió a la preparación del suelo mediante el uso de maquinaria agrícola con un mes de anticipación al establecimiento del cultivo el mismo que consistió en dos pasadas de arado rotativo.

4.3.1.2 Construcción de las camas.

Esta actividad se la llevó a cabo en forma manual de acuerdo a las especificaciones del diseño. Para ello se colocaron estacas para la señalización de las divisiones; esto es 0,90 m de ancho de la cama; 21,0 m de longitud (divididas en 4 subparcelas de 5,25 m cada una) y 0,60 m de camino entre camas.

4.3.1.3 Transplante.

El transplante se realizó a los treinta días, cuando las plantas alcanzaron una altura de 10 a 12 cm, y dos a tres hojas verdaderas. Previo a esto se realizó la desinfección del suelo una semana antes con Lorsban con el objetivo de evitar el ataque de fitopatógenos. El transplante se lo llevó a cabo en las primeras horas de la mañana, a una distancia de 0,30 m entre plantas. Posteriormente se realizó la resiembra donde fue requerido.



Figura 3 y 4. Plántulas el día del transplante y dos semanas después

4.3.1.4 Control de malezas.

Las deshierbas se las realizó manualmente, con una frecuencia de 15 días, o cuando lo requería el cultivo, esto con la finalidad de evitar la competencia entre el tomate de mesa y las malezas por el agua, luz y nutrientes existentes en el suelo. Al haberse realizado la primera deshierba se fue aporcando la planta para evitar el volcamiento de las mismas.



Figura 5 y 6. Plántulas antes y después de la deshierba.

4.3.1.5 Fertilización.

La fertilización se realizó de acuerdo al balance entre el análisis de los sustratos y los requerimientos del cultivo. La totalidad de nutrientes a entregar se suministro mediante el sistema de fertirrigación. Durante el desarrollo del cultivo se observaron deficiencias las cuáles fueron corregidas mediante fertilizaciones foliares y para el estrés que se produjo durante la fase de investigación se aplicó por fertirriego humus líquido y en forma foliar fertifol (fertilizante a base de frutas).



Figura 7. Deficiencia de calcio a nivel foliar en el tomate de mesa.



Figura 8. Deficiencia de magnesio a nivel foliar en el tomate de mesa.

4.3.1.6 Tutoraje.

Esta labor se realizó al mes después del trasplante, en la cual las plantas se amarraron con paja plástica a un alambre ubicado a una altura de 3 m del suelo, luego de esto conforme se iba dando el crecimiento de las plantas durante el ciclo del cultivo se las iba amarrando para evitar su caída. Luego de haber alcanzado de 8 a 10 racimos se procedió a decapitar la parte superior para evitar su crecimiento.



Figura 9. Tutoraje al primer y quinto mes del trasplante.

4.3.1.7 Podas.

Las primeras hojas se eliminaron a los 15 días. La poda de las hojas que se encuentran debajo del primer ramillete se realizó cuando los frutos de dicho racimo estuvieron fisiológicamente maduros. Las podas subsiguientes se realizaron según se produjo la maduración de los frutos de cada ramillete o conforme se observó la incidencia de plagas y enfermedades.



Figura 10. Podas debajo del primer ramillete.

4.3.1.8 Controles fitosanitarios.

Para la prevención y control de plagas y enfermedades, se realizo un manejo integrado de las mismas mediante la utilización de plaguicidas de categoría toxicológica III y IV, trampas fotocromáticas (control de insectos), podas fitosanitarias (control de plagas y enfermedades), riego de caminos (control de oídium) y suspensión del riego (control de *Phytophthora infestans*).



Figura 11. Ataque y control de *Phytophthora infestans* en la hoja y tallo en el tomate de mesa.



Figura 12. Ataque y control de Oídium en el tomate de mesa.

4.3.1.9 Riegos.

Para determinar la lámina de riego a ser aplicada en cada uno de los tratamientos, se utilizó el método del **tanque evaporímetro clase A**; en la cual se considero las condiciones ambientales, la etapa del cultivo, la capacidad del sistema de riego y el porcentaje de incremento de la ETc. Inmediatamente después de que la planta se adapta a las nuevas condiciones de suelo se la sometió a un estrés hídrico que tuvo una duración de 3 semanas, lo cuál provoco un mayor crecimiento y vigorosidad del sistema radicular. El riego fue suministrado una vez al día durante la mañana.



Figura 13 y 14. Tanque evaporímetro clase A y Aforo en lámina 1.

4.3.1.10 Cosecha y comercialización.

En la variedad de tomate de mesa, la cosecha se la inició a los 120 días después del transplante. En el cultivo se realizó un total de 17 cosechas desde el 09 de Junio hasta el 30 de Septiembre de 2009 para obtener datos representativos. Se realizó el embalaje en gavetas plásticas, las cuales tuvieron un peso de 18,2 kg, para su posterior venta al mercado Cristo Rey sector “Las Pitás”.

4.3.2 Diseño estadístico.

El diseño experimental que se utilizó, es el de parcelas divididas en diseño de bloques al azar con cinco réplicas (Anexo 75). Las parcelas están formadas por las tres láminas de riego y las subparcelas por los cuatro sustratos que al ser combinadas se obtuvo un total de 12 tratamientos (Cuadro 6) por bloque, en el ensayo se trabajó con 5 bloques dando un total de 60 tratamientos.

4.3.2.1 Modelo matemático.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + J_k + P_p + P_s + E_s + E_H$$

Donde:

μ = Es la media general del ensayo.

α_i = Efecto de lámina de riego.

β_j = Efecto de los sustratos.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Interacción de los sustratos y láminas de riego

J_k = Efecto de las repeticiones

P_p = Efecto $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7, T_8, T_9$

P_s = Efecto de las láminas de riego

E_s = Error de los sustratos.

Niveles del factor sustrato

E_H = Error de las láminas de riego.

Niveles del factor láminas de riego

4.3.2.2 Variables.

Variables independientes.

Variable 1 = Láminas de riego (A).

- Lámina 1 = 1,40 ETc (Evapotranspiración del cultivo).
- Lámina 2 = 1,55 ETc (Evapotranspiración del cultivo).
- Lámina 3 = 1,70 ETc (Evapotranspiración del cultivo).

Variable 2 = Sustratos (B).

- Sustrato 0 = Testigo (8 % bocashi).
- Sustrato 1 = 15% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi.
- Sustrato 2 = 20% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi.
- Sustrato 3 = 25% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi.

Se debe tomar en cuenta que estos tres porcentajes de arena se mezclaron con 1,5 Kg/m² de carbón vegetal con granulometría < 4,5 mm y 8% de abono orgánico bocashi tal como se indica en el diseño del ensayo.

Variables dependientes.

⇒ **Del primer objetivo.**

- Capacidad de aireación (CA%).
- Agua aprovechable (AA%).
- Volumen de Poros Físicamente Inertes (VPFI).

⇒ **Del segundo objetivo.**

- Contenido de humedad del suelo en cada uno de los tratamientos para determinar cual de estos tratamientos estuvieron entre capacidad de campo y el mínimo nivel de agotamiento del agua.



~ 90 ~

⇒ **Del tercer objetivo.**

- Determinar la tasa marginal de retorno para determinar cuál de los tratamientos obtuvo una mayor rentabilidad económica.

Variables agronómicas.

- Altura de la planta (m).
- Altura al primer racimo (cm).
- Días a la cosecha.
- Peso del fruto de 1^{ra}, 2^{da}, 3^{ra} y 4^{ta} clase/tratamiento (Kg.).
- Rendimiento en kg/planta/tratamiento (Kg.).

Cuadro 6. Combinación de los tratamientos utilizados durante el desarrollo del ensayo.

Tratamiento	Sustrato	Lámina	Combinación
T1	S0: 8% bocashi	L1: 1,40 ETc	L1S0
T2	S1: 15% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	L1: 1,40 ETc	L1S1
T3	S2: 20% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	L1: 1,40 ETc	L1S2
T4	S3: 25% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	L1: 1,40 ETc	L1S3
T5	S0: 8% Bocashi	L2: 1,55 ETc	L2S0
T6	S1: 15% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	L2: 1,55 ETc	L2S1
T7	S2: 20% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	L2: 1,55 ETc	L2S2
T8	S3: 25% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	L2: 1,55 ETc	L2S3
T9	S0: 8% Bocashi	L3: 1,70 ETc	L3S0
T10	S1: 15% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	L3: 1,70 ETc	L3S1
T11	S2: 20% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	L3: 1,70 ETc	L3S2
T12	S3: 25% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	L3: 1,70 ETc	L3S3

Para todo el ensayo se utilizó 60 tratamientos ya que cada uno de los tratamientos detallados en el cuadro 6 se repite cinco veces. Para la señalización de los tratamientos se utilizaron códigos numéricos. Ejemplo: **502** lo que significa que es el bloque 5 repetición 02, que corresponde al tratamiento L3S3.

⇒ **Hipótesis estadísticas.**

- **H1 = Láminas.**

H₀ = (L1 = L2 = L3) El efecto de cada una de los láminas en cuanto a rendimiento es estadísticamente igual al nivel de significancia del 5%.

H₁ = (L1 ≠ L2 ≠ L3) Al menos dos láminas son diferentes en cuanto a rendimiento al nivel de significancia del 5%.

- **H2 = Sustratos.**

H₀ = (S0 = S1 = S2 = S3) El efecto de cada uno de los sustratos en el rendimiento es estadísticamente igual al nivel de significancia del 5%.

H₁ = (S0 ≠ S1 ≠ S2 ≠ S3) Al menos dos sustratos son diferentes al nivel de significancia de 5%.

- **Interacción sustratos - láminas.**

H₀ = Hay interacción entre los sustratos y láminas en cada uno de los tratamientos estadísticamente iguales al nivel de significancia del 5%.

H_a = Al menos dos interacciones de los sustratos y las láminas son diferentes del nivel de significancia del 5%.

4.3.2.3 Análisis de varianza.

Cuadro 7. Análisis de varianza de la investigación.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Réplicas	$r - 1 = 5 - 1 = 4$
Láminas	$a - 1 = 3 - 1 = 2$
Error Láminas	$(r-1)(a-1) = (4)(2) = 8$
Sustratos	$b - 1 = 4 - 1 = 3$
Láminas por sustratos	$(a-1)(b-1) = (2)(3) = 6$
Error Sustratos	$a(b-1)(r-1) = 3(3)(4) = 36$
Total	59

Cuando el factor A, B y las interacciones son significativas o altamente significativas, se procedió a realizar la separación de medias utilizando la prueba de Tukey al 5% de significancia.

4.3.2.4 Especificaciones técnicas del diseño.

4.3.3 Metodología para el primer objetivo.

“Evaluar las propiedades físicas del suelo mediante la aplicación de diferentes dosis de arena silícea, (15%, 20%, 25%)”.

Las dosis usadas en cada uno de los tratamientos fueron las siguientes:

Cuadro 8. Dosis de arena, carbón vegetal y bocashi en el cultivo de tomate de mesa, Loja, Los Molinos, 2009.

Sustratos	Arena %	Arena Kg.	Carbón vegetal Kg/m ²	Carbón vegetal Kg.	Bocashi %	Bocashi Kg.
S0(Testigo)	0	0	0	0	8	84,38
S1	15	0,21	1,5	7,09	8	84,38
S2	20	0,28	1,5	7,09	8	84,38
S3	25	0,35	1,5	7,09	8	84,38

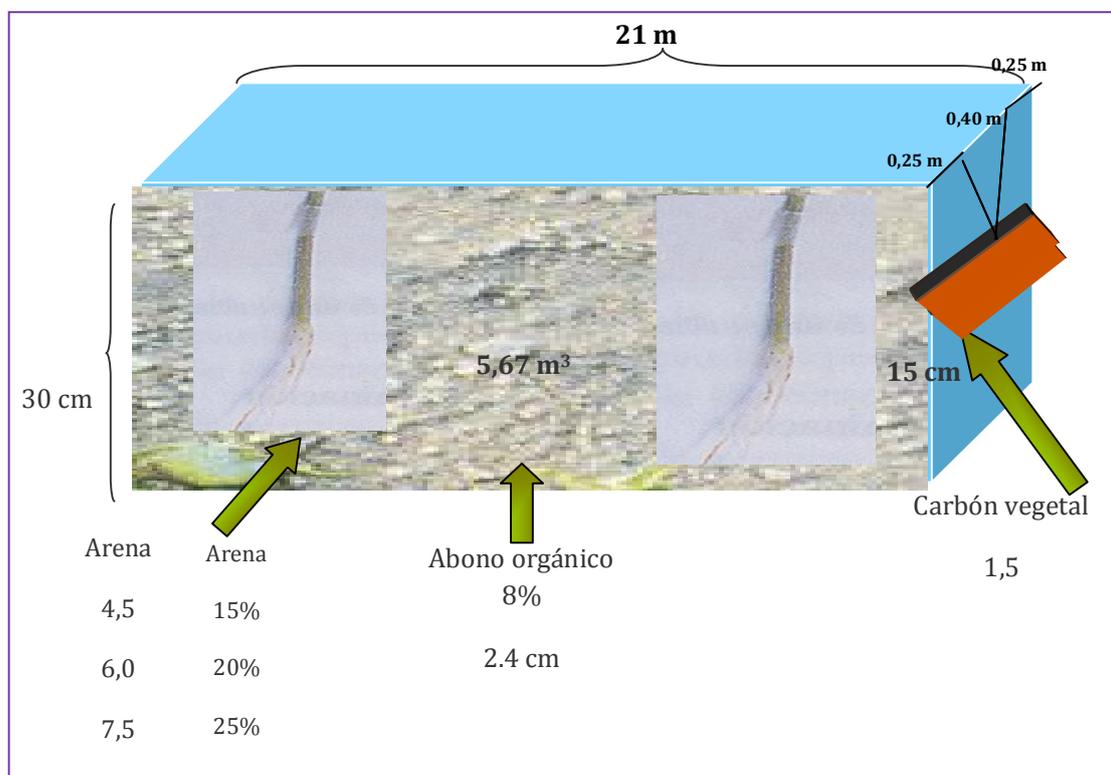
Tomado de la tesis: Álvarez P & Guailas D, 2009.

“En el cuadro 8 se observa que el ensayo estuvo establecido con las siguientes especificaciones: Al suelo fue agregado el 15, 20 y 25 % de arena silícea, (tal como se indica en la figura 15), lo que representa 4,5; 6,0 y 7,5 cm de dicha profundidad, y se la mezcló con el suelo existente en 0,90 m del ancho de la cama, 0,30 de profundidad y 5,25 m de largo, que equivale a un volumen de 1,42 m³ de suelo por parcela experimental. El volumen del suelo por cama que se va a modificar con los sustratos es el mismo para todas las parcelas experimentales.

El abono orgánico bocashi, se lo elaboró con un mes de anticipación, y se lo aplicó a cada una de las unidades experimentales en una dosis de 8%, que representa

2,4 cm de la profundidad efectiva (30 cm) y se mezcló con el volumen de suelo indicado anteriormente.

El carbón vegetal utilizado fue de una granulometría inferior a 4,5 mm y se lo aplicó en una dosis de 1,5 kg/m². Posteriormente se lo dispersó y mezcló en un surco de 40 cm de ancho y a una profundidad de 15 cm del nivel del suelo.” (Álvarez P & Guailas D, 2009).



Fuente: Álvarez P & Guailas D, 2009.

Figura 15. Esquema de la forma de aplicación de los sustratos.

Para poder evaluar el efecto de aplicación de la mezcla de los diferentes sustratos, se tomaron muestras de suelo inalteradas con la ayuda de los anillos Koppecky

de 100 cm³ de capacidad, en donde se determinó: saturación, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente al tener estos datos mediante la utilización de fórmulas específicas se calculó: agua aprovechable, capacidad de aireación, volumen de poros físicamente inerte y porosidad total, los datos del inicio antes de realizar la mezcla de los sustratos fueron tomados de la primera fase de investigación realizada por Álvarez P & Guailas D. Una vez aplicados los sustratos en la primera fase del proyecto y finalizada la segunda fase se realizó la determinación de las condiciones físicas del suelo en donde se tomaron un total de 12 muestras, con el objetivo de determinar como han sido modificadas las propiedades físicas del suelo. Al ser las labores culturales iguales para todas las parcelas no existe ningún motivo para que estas modifiquen las propiedades físicas del suelo y cause variación en los resultados de los análisis físicos.

Previo a la toma de las muestras para la evaluación de las condiciones físicas de los sustratos se seleccionó una de las tres láminas por sorteo para que en ella se tomen las muestras en cada uno de los bloques, esto debido a que el factor lámina o más claramente la cantidad de agua que se suministra al suelo no afecta en nada a las propiedades físicas de este, y además para realizar el análisis las muestras son saturadas por lo que la mayor o menor cantidad de agua no modifica las propiedades físicas.

Para determinar la fertilidad de los suelos en donde se realizó la investigación se tomaron muestras de suelo alteradas en donde se determinó los nutrientes primarios y secundarios, así como pH y CIC (Anexo 2), lo cual nos sirvió para realizar el balance de nutrientes que la planta necesita. Finalizada la investigación se realizó el análisis de fertilidad para comprobar cuál de los sustratos retuvo mayor cantidad de nutrientes (Anexo 3).

Con los datos que se obtuvieron después del ensayo sobre el análisis físico se procedió a obtener los datos de capacidad de aireación, agua aprovechable y volumen de poros físicamente inertes para luego determinar cuál de los sustratos mejoro desde el punto de vista físico.

Las fórmulas a utilizar son:

$$AA = CC - PMP$$

Donde:

AA = Agua aprovechable

CC = Capacidad de campo

PMP = Punto de marchitez permanente

$$CA = VTP - CC$$

Donde:

CA = Capacidad de aireación.

VTP = Volumen total de poros (Saturación).

CC = Capacidad de campo.

$$VS = 100 - VTP$$

Donde:

VS = Volumen del suelo

$$VPFI = VS + PMP$$

Donde:

VPFI = Volumen de poros físicamente inerte

Obtenidos los datos antes mencionados se realizó la evaluación e interpretación de los datos de las propiedades físicas de cada uno de los sustratos con la ayuda del diagrama triangular de evaluación de las condiciones físicas de los suelos.

4.3.4 Metodología para el segundo objetivo.

“Determinar la lámina óptima de agua de riego a través del tanque evaporímetro en el cultivo de tomate de mesa”.

Para establecer la lámina óptima de riego, se procedió a colocar el tanque evaporímetro en el centro de la parcela experimental y en base a la evaporación diaria se realizó el riego en cada una de las láminas de la siguiente manera:

- 1) Lectura del tanque evaporímetro
- 2) Determinar el valor estimado de K_p

En el caso de Loja y mas específicamente en el invernadero en donde se realizó el ensayo con tomate de mesa el mismo que esta ubicado en los predios de la Universidad Nacional de Loja, se estimó el coeficiente del tanque en base a diferentes investigaciones realizadas en el país las cuales recomiendan un valor de $K_p = 1$.

- 3) Determinar la $E_{to} = K_p * ET$

$$Etc = Eto * Kc$$

Donde:

Kp = Coeficiente del tanque, clima y medio.

ET = Evapotranspiración del tanque.

Eto = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

Kc = Fase del cultivo.

Cuadro 9. Kc del cultivo por fase vegetativa.

	Transplante	1 ^{era} Flor abierta	Cuaje 3 ^{er} racimo	Inicio cosecha	50% Cosecha
	1 ^{era} Flor abierta	Cuaje 3 ^{er} racimo	Inicio cosecha	50 % Cosecha	100% Cosecha
Kc	0,1 - 0,4	0,45 - 0,95	0,95 - 1,4	1,4 - 1,2	1,2

4) Aplicar el porcentaje de incremento de la ETc en cada una de las láminas

- L1 = 40% más de la ETc.
- L2 = 55% más de la ETc.
- L3 = 70% más de la ETc.

Cabe señalar que se incremento el porcentaje de las láminas teniendo como referencia la primera fase de la investigación realizada en este mismo sector, en donde se trabajó con el 25%, 40% y 55% más del valor de la ETc.

5) Determinación del Q (caudal) en cada lámina a través de un aforo durante 1 minuto en cada lámina, luego transformamos ese valor a l/hora

6) Determinación de la intensidad de precipitación del sistema de riego (mm/h), a través de la siguiente fórmula:

$$I_p = \frac{Q * N}{e * (C + c)}$$

Donde:

Q = Caudal de descarga del gotero (l/hora).

N = Número de laterales de riego.

e = Espaciamiento entre emisores (m).

C = Ancho de la cama (m).

c = Ancho del camino (m).

7) Calculamos el tiempo de riego para cada una de las láminas

$$TR = \frac{Etc * 60}{I_p}$$

Finalmente se determinó el contenido de humedad en los tratamientos antes y después de la aplicación de la lámina de agua, esto se realizó mensualmente durante la fase de investigación. Las muestras fueron tomadas, en cada uno de los tratamientos, es decir en las 12 unidades experimentales en las que se deberá determinar el contenido de humedad utilizando muestras de suelo alteradas.

El contenido de humedad resultante de los análisis es expresado en términos de masa, para obtener estos valores se aplicó la fórmula que se señala a continuación:

$$\% \theta_m = \frac{PSH - PSS}{PSS} * 100$$

Donde:

% θ_m = Contenido de humedad en términos de masa.

PSH = Peso del suelo húmedo.

PSS = Peso del suelo seco.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología de La Universidad Nacional de Loja, para obtener los datos del peso del suelo seco se utilizó la estufa a una temperatura de 105 °C durante 24 horas con el objetivo de extraer el agua de la muestra.

Para expresar el contenido de humedad en términos de volumen se multiplicó el valor obtenido en términos de masa por la densidad aparente del suelo que fue determinado cuando se desarrollaron los análisis físicos, se utilizó el valor específico para cada sustrato.

$$ARA = (CC - PMP) * n$$

Donde:

ARA = Agua rápidamente aprovechable.

CC = Capacidad de campo.

PMP = Punto de marchitez permanente.

n = Nivel de agotamiento.

Partiendo de la fórmula señalada anteriormente se puede despejar **n** ya que sabemos que el ARA se lo calcula por la diferencia entre el θ después del riego - θ antes del riego por lo que la fórmula se la expresó de la siguiente manera:

$$n = \frac{ARA}{CC - PMP}$$

Los valores de CC y PMP se los obtiene de los análisis físicos expresados en términos de volumen, se utilizó el valor específico para cada sustrato.

Con la información que se obtenga diariamente de la aplicación del riego se determino el: Consumo del agua mm/mes, mm/día y lt/planta/día en el cultivo de tomate de mesa especificados en los cuadros 13, 14 y 15 respectivamente. Así mismo el: Consumo de agua promedio diario en el cultivo de tomate de mesa bajo invernadero por cada valor del Kc especificado en el cuadro 16.

Se realizó el monitoreo diario de las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa tanto en el invernadero como en la estación meteorológica, lo cual nos sirvió para realizar comparaciones dentro y fuera del invernadero (Anexo 20 - 30); además para cada fase fenológica del cultivo, se registró los principales indicadores agronómicos y la incidencia de plagas y enfermedades.

4.3.5 Metodología para el tercer objetivo.

“Determinar la rentabilidad económica de los tratamientos”.

4.3.5.1 Descripción de cada una de las mediciones experimentales.

- **Altura de las plantas (m).**- Para la determinación de la variable altura de planta se seleccionó 10 plantas al azar por tratamiento. Se midieron y registraron las mediciones mensualmente hasta que se realizó el corte del ápice.
- **Altura entre racimos (m).**- Las mediciones fueron realizadas a las plantas seleccionadas en la primera variable y conforme se produjo el apareamiento de los racimos hasta que se realizó el corte del ápice.
- **Días a la cosecha.**- Se evaluó cuando el 50 % de las plantas presentaron frutos fisiológicamente maduros o con características apropiadas para ser cosechados.
- **Peso del fruto de 1ra, 2da, 3ra y 4ta clase/tratamiento (kg).**- Se evaluó semanalmente desde el inicio de la cosecha separando el fruto en cuatro clases, el cual fue pesado y registrado por cada tratamiento.
- **Rendimiento en kg/planta/tratamiento (kg).**- Para la determinación de esta variable, se tomó datos en forma secuencial según como se vaya dando la cosecha en este cultivo durante un tiempo de cuatro meses para obtener datos representativos de los factores que se están investigando.

4.3.5.2 Rentabilidad económica.

Para el cumplimiento de este objetivo se aplicó la siguiente fórmula:

$$Tmr = \frac{In1 - In2}{Cv1 - Cv2}$$

Donde:

Tmr = Tasa marginal de retorno.

In = Ingreso Neto.

Cv = Costo de variación.

4.3.6 Metodología para el cuarto objetivo.

“Difundir las experiencias generadas en la presente investigación a los estudiantes y agricultores interesados”.

Cuadro 10. Planificación del evento día de campo.

PASO	ACTIVIDAD	RECURSOS	TÉCNICA	TIEMPO
Introducción:				
1	Objetivo: Dar a conocer los resultados obtenidos de la investigación	Papelografos pre - elaborados.	Exposición	10 minutos
Exposición de la temática:				
2	Tema de tesis Objetivos Justificación Metodología Resultados	Cultivo Papelografos Trípticos Dípticos	Exposición Preguntas y sugerencias Análisis y discusión.	35 minutos
Finalización:				
3	Evaluación de la exposición del tema de investigación, los objetivos, resultados, la organización, los expositores y la participación de los asistentes		Criterios orales	20 minutos
4	Refrigerio			30 minutos
DURACIÓN TOTAL DEL EVENTO				95 minutos

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A continuación se señalan los resultados obtenidos en la presente investigación de acuerdo a cada uno de los objetivos y variables agronómicas señalados anteriormente:

5.1 RESULTADOS DEL PRIMER OBJETIVO.

5.1.1 Capacidad de aireación.

5.1.1.1 Antes del ensayo.

Cuadro 11. Propiedades físicas del suelo antes del ensayo de Álvarez P y Guailas D.

Sustrato	Saturación	CC	PMP	Da	AA	CA	VPFI	VS	Equivalencia			
		1/3 atm	15 atm						AA	CA	Zona	Clase
		% θ_v		g/cc		% θ_v			AA	CA	Zona	Clase
S0	46	38	10	1,6	28	8	64	54	Muy alto	Bajo	II	Pobre
S1	44	36	10	1,6	27	8	66	56	Muy alto	Bajo	II	Pobre
S2	46	36	10	1,5	26	10	64	54	Muy alto	Bajo	II	Pobre
S3	45	35	10	1,6	25	10	64	55	Muy alto	Bajo	II	Pobre

Fuente: Álvarez P & Guailas D, 2009.

En el cuadro 11 se observa las propiedades físicas del suelo, en donde se determinó que en todos los tratamientos antes de instalar el ensayo presentaban una baja capacidad de aireación (promedio: 9%), y por lo tanto un suelo de clase pobre ya que no existe una adecuada disponibilidad de aire que facilite el intercambio gaseoso a nivel radicular, esto se debe principalmente al contenido de materia orgánica que en promedio se encuentra en 3% (Álvarez P & Guailas D), lo que dificulta el normal desarrollo al no existir la suficiente cantidad de poros que proporcione aire y agua a la planta.

“Por el contrario, el agua aprovechable, al tratarse de un suelo franco, presentó un valor promedio de 26% θ_v , equivalente a muy alto dentro del diagrama triangular de evaluación de las propiedades físicas del suelo, el cual es aceptable para que la planta absorba adecuadamente la cantidad de agua que necesita para su óptimo desarrollo.

Por lo tanto, en lo que a propiedades físicas se refiere, el factor limitante lo constituye la capacidad de aireación” (Álvarez P & Guailas D, 2009).

5.1.1.2 Después del ensayo.

Cuadro 12. Propiedades físicas del suelo después del ensayo.

Sustrato	Saturación	CC	PMP	Da	AA	CA	VPFI	VS	Equivalencia			
		1/3 atm	15 atm						AA	CA	Zona	Clase
		% θ_v	g/cc		% θ_v			AA	CA	Zona	Clase	
S0	58	47	16	1,29	31	11	58	42	Muy alto	Medio	III	Medio
S1	55	45	18	1,37	27	11	62	45	Muy Alto	Medio	III	Medio
S2	56	44	16	1,34	28	12	61	44	Muy Alto	Medio	III	Medio
S3	57	42	16	1,40	26	15	59	43	Muy Alto	Alto	IV	Bueno

El cuadro 12, correspondiente a las propiedades físicas de los sustratos se determinó que en todos los tratamientos se mejoro la capacidad de aireación, incluyendo el testigo, pasando de un promedio de 9% θ_v antes del ensayo a 12,25% θ_v después del ensayo, es indispensable hacer notar que la cantidad de macroporos (> 30 micras) y mesoporos (de 0,2 - 30 micras); se incrementaron notablemente lo cual se evidencia en el incremento de la capacidad de aireación y el agua aprovechable

respectivamente, de lo que se concluye que la aplicación de arena sílicea, carbón vegetal y bocashi modifican notablemente las propiedades físicas del suelo.

Es importante mencionar que el sustrato 0 = testigo, al mismo que se le aplico bocashi (8%), registra una significativa mejoría en su capacidad de aireación pasando del 8% al 11%, esto se debe principalmente que al descomponerse la materia orgánica, mejora la estabilidad estructural del suelo y a la capacidad que tiene el "humus" para unir las partículas minerales del mismo, produciendo acciones positivas respecto a la porosidad y con ella a la circulación de aire y del agua, mejorando de esta manera notablemente las propiedades físicas del suelo.

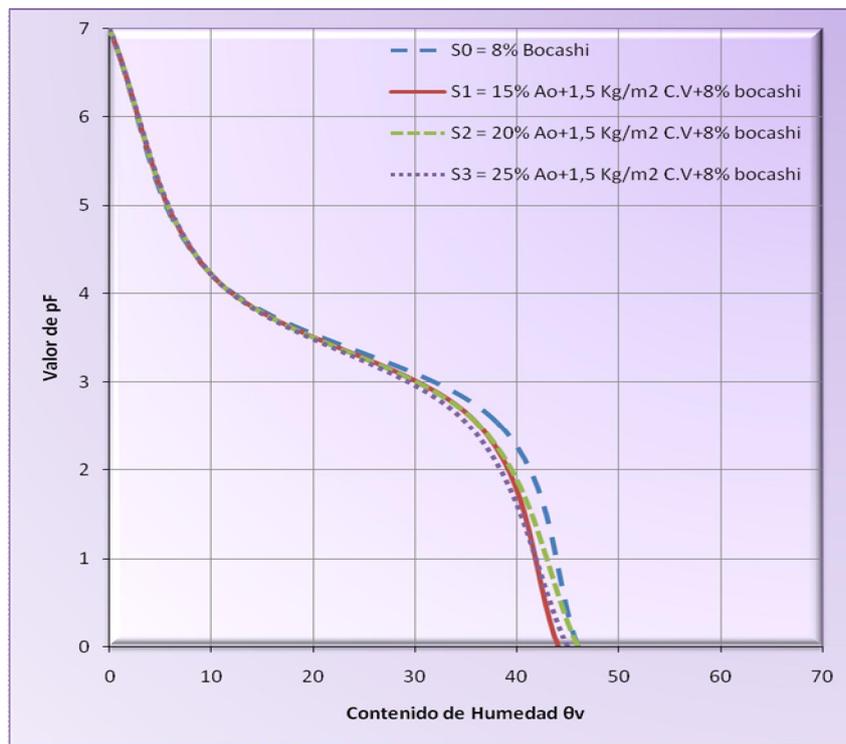


Figura 16. Curva del pF de los sustratos S0, S1, S2 y S3 antes de la aplicación de los sustratos, 2009, La Argelia. (Tomado de Álvarez P & Guillas D).

En la figura 16, se evidencia que todos los sectores presentan bajo contenido de humedad a saturación con un promedio de 45,25%, en lo que se refiere al contenido de humedad a capacidad campo (CC), ocurrió de similar manera presentando un promedio de 36,25% y en cuanto al contenido de humedad a punto de marchitez permanente (PMP) presenta un promedio de 10%, esto se debe fundamentalmente a su bajo contenido de materia orgánica y a la poca disponibilidad de macro y mesoporos necesarios para el almacenamiento del agua y aire en el suelo.

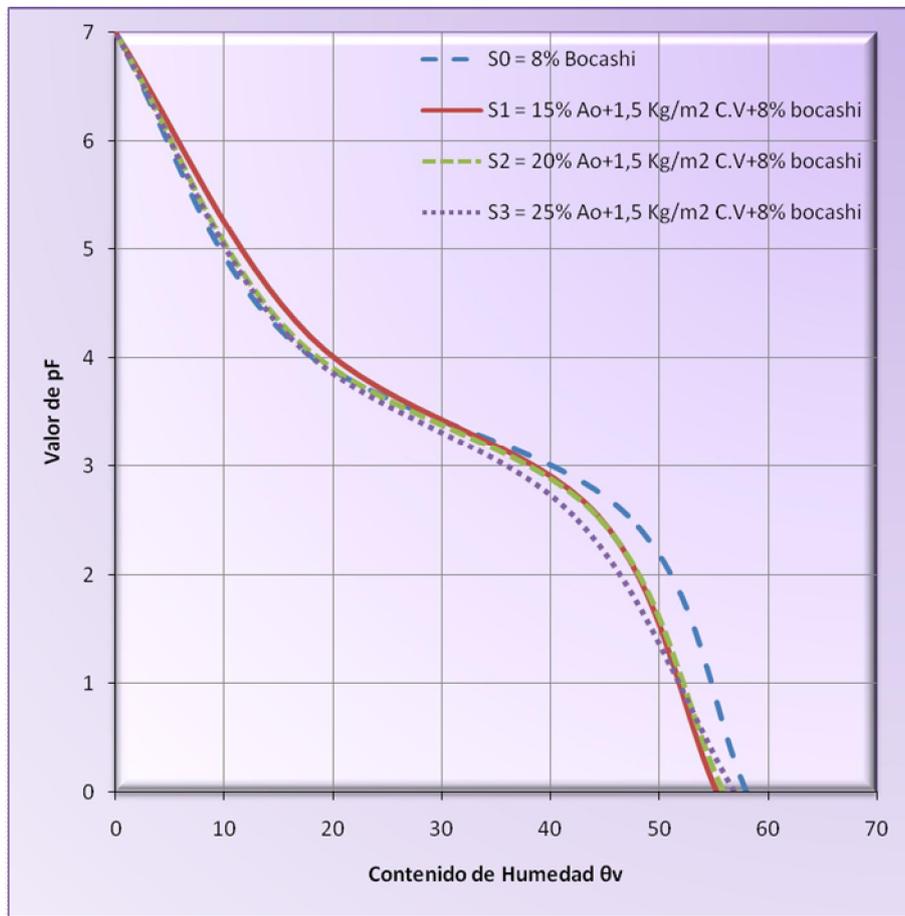


Figura 17. Curva del pF de los sustratos S0, S1, S2 y S3 después de la aplicación de los sustratos, 2009, La Argelia.

En la figura 17, se observa que para el sustrato S0 (8% bocashi), S1 (15% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi), S2 (20% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) y S3 (25% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) haciendo un contraste con el testigo (antes del ensayo, figura 16), se evidencia un significativo incremento en lo que refiere al contenido de humedad a saturación del 46 a 58% θ_v , 44 a 55% θ_v , 46 a 56% θ_v y de 45 a 57% θ_v respectivamente.

En lo que se refiere al contenido de humedad a CC se observa un incremento de 38 a 47% θ_v ; 36 a 45% θ_v ; 36 a 44% θ_v y de 35 a 42% θ_v para los sustratos S0, S1, S2 y S3 respectivamente.

En cuanto al contenido de humedad a PMP, de igual forma se incrementa de 10 a 16% θ_v , 10 a 18% θ_v , 10 a 16% θ_v y de 10 a 16% θ_v .

Es evidente que cada uno de los tratamientos mejoraron sustancialmente sus propiedades físicas frente al testigo; lo cual permite evidenciar claramente que la aplicación de arena silíceo al suelo en distintos porcentajes (15, 20 y 25%), así como la aplicación de abono orgánico bocashi (8%), y carbón vegetal (1,5 Kg/m²), incrementan notablemente el contenido de humedad de los sustratos tanto a CC como a PMP, esto se debe básicamente que al iniciarse la descomposición de la materia orgánica a si como del carbón vegetal se unen a las partículas minerales del suelo y de la arena para proporcionar una mejor estructura al suelo y por consiguiente mejorar las propiedades físicas y químicas de los sustratos.

5.1.2 Agua Aprovechable.

En los cuadros 11 y 12 de propiedades físicas de los suelos en estudio antes y después de la presente investigación; se determinó que en S0 (8% de bocashi), la disponibilidad de agua aprovechable (AA), se incremento de 28 a 31% θ_v , mientras que el sustrato S1 (15% de arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) no presenta variación en el valor de AA, se mantiene con un 27% θ_v antes y después del ensayo, a diferencia del sustrato S2 (20% de arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) presento un incremento en la disponibilidad del AA de 26 a 28% θ_v , y en el sustrato S3 (25% de arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) se incrementó de 25 a 26% θ_v ; en función de estos valores, concluimos que la aplicación de arena silíceo combinada con carbón vegetal y abono orgánico bocashi, incrementan ligeramente el contenido de AA, pasando de un promedio de (26,5% θ_v), antes del ensayo y en la primera fase, a (28% θ_v), en la segunda fase de la investigación, lo cual se debe a la capacidad de la materia orgánica para dar estabilidad estructural al suelo, a pesar del ligero incremento cabe señalar que desde el punto de vista físico, todos estos valores se consideran aceptables para que exista una adecuada disponibilidad de agua para los cultivos.

5.1.3 Capacidad de aireación.

En los cuadros 11 y 12 de propiedades físicas de los suelos, antes y después de la presente investigación. En lo que se refiere al mejoramiento de la capacidad de aireación (CA), todos los tratamientos en los que se aplico arena silíceo, carbón vegetal y bocashi, se evidencio un notable mejoramiento, incrementándose de un promedio de 9% θ_v antes del ensayo a un 12,25% θ_v , en la segunda fase de la investigación, es importante

mencionar que los sustratos a los cuales se aplicó 20% y 25% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi, se incremento sustancialmente su CA, de 10 a 12% θ_v y del 10 al 15% θ_v respectivamente, pasando de baja a media y de baja a alta según el diagrama triangular para la evaluación de las propiedades físicas del suelo, de lo cual se deduce que la aplicación de arena silíceo combinada con abono orgánico bocashi y carbón vegetal, contribuye significativamente al mejoramiento de la capacidad de aireación de los suelos.

Al realizar la comparación entre la primera y segunda fase de la investigación, se evidencia un descenso en la CA, de 14,25% θ_v en la primera fase a 12,25% θ_v en la segunda, a pesar de esta disminución existe una significativa mejoría frente al testigo 9% θ_v , antes de la aplicación de los distintos sustratos, el incremento en la CA, se debe fundamentalmente a que al iniciarse la descomposición de la materia orgánica como del carbón vegetal, estas se unieron a las partículas minerales del suelo y de la arena silíceo, modificando la estructura del suelo y por ende la capacidad de aireación del mismo.

5.1.4 Volumen de poros físicamente inerte.

En los cuadros 11 y 12 de las propiedades físicas del suelo antes y después de la presente investigación, se determinó que el volumen de poros físicamente inerte (VPFI) disminuyó sustancialmente en todos los tratamientos. En el sustrato S0 (8% bocashi) el VPFI descendió de 64 a 58% θ_v , en el sustrato S1 (15% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) el VPFI paso de 66 a 62% θ_v , en el sustrato S2 (20% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) el VPFI vario de 64 a 61% θ_v y en el sustrato S3 (25% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) el VPFI fue de 64 a 59% θ_v . La disminución de la cantidad de VPFI, que corresponde a los poros menores a 0,2 micras es

muy importante, ya que estos no proveen agua ni aire al sistema radicular y mientras menos cantidad exista el suelo presentará mejores características para la aireación y disponibilidad de agua para las plantas.

Desde el punto de vista del VPFI, los sustratos que mejores condiciones presentaron son sustrato 0 = Testigo (8% bocashi) y S3 = 25% de arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi, realizando un análisis general de las propiedades físicas de cada uno de los sustratos, se concluye que el mejor es el sustrato 3.

5.2 RESULTADOS DEL SEGUNDO OBJETIVO.

Los cuadros que a continuación se señalan hacen referencia al consumo de agua durante la fase de investigación.

5.2.1 Consumo del agua durante el ciclo del cultivo.

Cuadro 13. Consumo del agua mm/mes del cultivo del tomate de mesa, Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.

Lámina	Marzo*	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	TOTAL
1,40 ETc	3,75	24,86	55,33	56,62	57,62	37,18	35,95	271,32
1,55 ETc	4,15	27,53	61,26	62,68	63,80	41,17	39,80	300,39
1,70 ETc	4,56	30,19	67,18	68,75	69,97	45,15	43,66	329,46

* La recolección de datos empezaron a partir del 25 de Marzo después de finalizado el stress hídrico a cuál fue sometido el cultivo

El cuadro 13 indica que el mayor valor registrado durante la fase del cultivo se presentó en el mes de Julio debido a que en este mes hubo una mayor

evaporación con respecto a los otros meses, por lo que el cultivo necesita una mayor lámina de riego para satisfacer las necesidades hídricas.

Cuadro 14. Consumo del agua mm/día del cultivo del tomate de mesa, Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.

Lámina	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Promedio
1,40 ETc	0,54	0,83	1,78	1,89	1,86	1,20	1,20	1,33
1,55 ETc	0,59	0,92	1,98	2,09	2,06	1,33	1,33	1,47
1,70 ETc	0,65	1,01	2,17	2,29	2,26	1,46	1,46	1,61

Cuadro 15. Consumo de agua lt/planta/día en el cultivo de tomate de mesa, Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.

Lámina	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Promedio
1,40 ETc	0,27	0,43	0,92	0,97	0,95	0,62	0,61	0,7
1,55 ETc	0,30	0,47	1,01	1,07	1,06	0,68	0,68	0,8
1,70 ETc	0,33	0,52	1,11	1,18	1,16	0,75	0,75	0,8

Los cuadros 14 y 15 indican que el consumo de agua se encuentra relacionado con la variación de la temperatura y la fase fenológica de la planta (Kc), tenemos que en el mes de Junio se produjo el mayor consumo de agua en mm/día y lt/planta/día por lo tanto se suministró una mayor cantidad de agua al cultivo, en cuanto a la fase fenológica de la planta el mayor consumo se presentó en los meses de Mayo, Junio y Julio debido a que el valor de Kc fue mayor (1,2).

El cuadro 13 indica que los valores para el mes de Junio y Julio para L1 (140% ETc) son de 56,62 y 57,62 mm/mes respectivamente, siendo mayor el mes de Julio,

pero al hacer la relación para obtener el valor en el consumo de agua en mm/día (cuadro 14) tenemos que el valor mayor se presenta en el mes de Junio 1,89 mm/día y para Julio con 1,86 mm/día, esta diferencia se debe a que la relación para el mes de Junio se la calcula con 30 días y para Julio con 31 días.

Con el objetivo de comparación de los datos, se tomaron los valores obtenidos de la tesis de Álvarez P & Guailas D, 2009 (primera fase) y los de la presente investigación durante el ciclo del cultivo, de lo cual se desprenden los siguientes cuadros.

Cuadro 16. Factores que incidieron en la determinación de la lámina de riego aplicada, 2007, La Argelia.

	Fase inicial		Fase Vegetativa		Fase de producción						
	Jun.	Jul.	Jul.	Ago.	Sep.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.
Evaporación											
del tanque	12,0	23,0	23,5	51,0	8,0	25,5	41,0	43,0	51,0	46,5	8,0
clase "A"											
Kc	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Días	11	20	11	31	8	22	31	30	31	31	7
Etc	4,8	9,2	18,8	40,8	6,4	35,7	57,4	60,2	71,4	65,1	11,2
Consumo de agua mm/día por Kc del cultivo de tomate											
L1 = 1,25											
ETc	0,32	0,58	2,14	1,55	1,00	2,03	2,91	2,51	2,88	2,63	2,00
L2 = 1,40											
ETc	0,35	0,64	2,39	1,73	1,12	2,27	3,26	2,81	3,22	2,94	2,24
L3 = 1,55											
ETc	0,39	0,71	2,65	1,92	1,24	2,52	3,61	3,11	3,57	3,26	2,48

Fuente: Álvarez P y Guailas D, 2009

Cuadro 17. Consumo de agua promedio diario en el cultivo de tomate riñón bajo invernadero por cada valor del Kc, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

Mes	Fase Inicial		Fase Vegetativa			Fase de Producción			
	Marzo	Abril	Abril	Mayo	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Evaporación									
del tanque	6,7	19,2	12,60	16,20	21,30	33,70	34,3	33,2	32,1
clase "A"									
Kc	0,4	0,4	0,8	0,8	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8
Días	7	19	11	13	18	30	31	29	27
ETc	2,68	7,68	10,08	12,96	25,56	40,44	41,16	26,56	25,68
Consumo de agua mm/día por Kc del cultivo de tomate									
L1 = 1,40 ETc	0,54	0,57	1,28	1,40	2,07	1,89	1,86	1,28	1,33
L2 = 1,55 ETc	0,59	0,63	1,42	1,55	2,29	2,09	2,06	1,42	1,47
L3 = 1,70 ETc	0,65	0,69	1,56	1,69	2,51	2,29	2,26	1,56	1,62

En los cuadros 16 y 17 comparando las láminas de 1,40 y 1,55 ETc para las dos investigaciones en la fase inicial el consumo promedio de agua para L2 = 1,40 ETc = 0,50 mm/día y L3 = 1,55 ETc = 0,55 mm/día (Álvarez P & Guillas D) son menores a los datos obtenidos en la segunda investigación en donde para L1 = 1,40 ETc = 0,55 mm/día y L2 = 1,55 ETc = 0,61 mm/día, esto se debe a que la relación en la investigación de Álvarez P & Guillas D se la realiza para 31 días mientras que en la presente solo se tomo en cuenta 21 días, los valores para el Kc es de 0,4 para ambas investigaciones.

En la fase vegetativa el consumo promedio de agua para $L2 = 1,40 \text{ ETc} = 2,06 \text{ mm/día}$ y $L3 = 1,55 \text{ ETc} = 2,28 \text{ mm/día}$ superan a los datos obtenidos en la presente, donde para $L1 = 1,40 \text{ ETc} = 1,58 \text{ mm/día}$ y $L2 = 1,55 \text{ ETc} = 1,75 \text{ mm/día}$, en ambas investigaciones la relación fue realizada para 42 días, el factor con mayor incidencia fue el clima evidenciado en la evaporación del tanque que marco 71,5 mm (Álvarez P & Guailas D) y 50,1 mm (Bravo E & Rosillo G) evaporados, existiendo una diferencia de 21,4 mm. El valor de Kc utilizado en esta fase para ambas investigaciones es de 0,8.

Para la fase de producción el consumo promedio de agua para $L2 = 1,40 \text{ ETc} = 2,55 \text{ mm/día}$ y $L3 = 1,55 \text{ ETc} = 2,83 \text{ mm/día}$ superan a los datos obtenidos en la presente, donde para $L1 = 1,40 \text{ ETc} = 1,59 \text{ mm/día}$ y $L2 = 1,55 \text{ ETc} = 1,76 \text{ mm/día}$, la evaporación del tanque fue de 233,50 mm (Álvarez P & Guailas D) y de 133,30 mm en la presente investigación, existiendo una diferencia de 100,20 mm esto se debe a la duración para la fase de producción, para Álvarez P & Guailas D duró 160 días y para la presente 117, otro factor fue el valor de Kc que fueron de 1,4 y 1,2 respectivamente.

De los datos antes expuestos se puede deducir que el consumo de agua varía entre ciclos de cultivo y que los datos obtenidos para cada fase son diferentes debido a que el factor clima no es el mismo de año a año debido a que en la primera investigación se trabajo desde Junio 2007 hasta Febrero 2008, mientras que en la presente se trabajo en el periodo Marzo – Septiembre 2009, entre otros factores incidentes tenemos la utilización de diferentes valores de Kc lo cual incrementa o disminuye el consumo de agua del cultivo, así como a la variación de días que se trabajo en cada fase vegetativa.

Como última referencia en estudios de láminas de riego para el cultivo de tomate de mesa presentamos los siguientes datos:

En la investigación realizada en el campo Experimental Caborca, Sonora, México, 1997 - 1998, se utilizaron tres tratamientos del porcentaje de la evapotranspiración (ET) estimada en tanque evaporímetro Tipo A = 50%, 60% y 100% ETc. Se usó un diseño completamente al azar con seis repeticiones. Los coeficientes (Kc) usados durante toda la etapa de crecimiento del tomate de mesa fueron 0,52; 0,70; 0,75 y 0,70 para abril, mayo, junio y julio, respectivamente. Se evaluaron la lámina de agua aplicada, el diámetro del tomate de mesa y el rendimiento. Los resultados indicaron que el tratamiento de 50% ETc fue el de mayor eficiencia en el uso del agua, pero el de menor producción (52 t/ha), por lo que, para lograr mayor rendimiento (74,75 t/ha) con riego por cinta, es necesario aplicar 100% ETc, el cual equivale a una lámina de riego de 66,19 mm. La variedad de tomate usada es Hale (www.chapingo.mx/terra/contenido/22/4/433.pdf)

En un trabajo realizado en México (Yucatán) acerca de "El Tomate y sus Necesidades Hídricas a través del tanque evaporímetro clase A, en la cual la idea detrás del método es medir la cantidad de agua evaporada desde un tanque evaporímetro clase A y correlacionarla a la evapotranspiración de los cultivos (el clima del lugar es del tipo caliente subhúmedo). Para el tomate en la zona henequenera de Yucatan, se probaron los coeficientes (Kc) 0,6; 0,8; 1,0 y 1,2 con el riego por micromangueras en donde las láminas aplicadas fueron de 348, 435, 563 y 700 mm respectivamente. El rendimiento más elevado de tomate en las categorías total, comercial, y de tercera se logró con el coeficiente 0,8 con 35,8; 23,9 y 12,5 t/ ha.

En la investigación realizada por el Programa del Fondo de Reconstrucción y Fomento de la Granja, MGAP realizada en Uruguay señala que: En la zafra 2003-2004 se evaluó la respuesta al riego por goteo en la variedad Loica y un híbrido (H 9780) con diferentes niveles de población. Los resultados obtenidos han demostrado el aumento de la producción hasta 90 ton/ha y la calidad del tomate industria, haciendo un correcto manejo del agua (Palloti & Núñez, 2004). Se estimó la necesidad de aplicación máxima promedio de agua, vía riego, de 242 mm durante el ciclo del cultivo, para distintas densidades de población.

Las conclusiones más destacadas en este ensayo fueron, un mayor consumo de agua con el incremento en la densidad de plantas y los rendimientos. Esto demostró que se pudo acompañar el crecimiento del cultivo con el consumo de agua. La máxima respuesta a la densidad se obtuvo con alrededor de 33.000 plantas por hectárea.

En el ensayo de riego por goteo realizado en la temporada siguiente, se buscó conocer la respuesta a dos manejos (50 y 100% de la máxima demanda, ETc) y un tratamiento en seco, con diferentes poblaciones de plantas por hectárea. La variedad utilizada fue Loica. El rendimiento de tomate de mesa en seco rindió aproximadamente un 40% menos. Se observó una respuesta significativa del rendimiento de tomate al aumentar la lámina de riego. Se estimó la necesidad de aplicación máxima de agua para los tres tratamientos teniendo en cuenta que el valor de precipitaciones fue de 269 mm, para el seco se aplicó 0 mm, 50% ETc = 73 mm y 100% ETc = 146 mm vía riego. (www.cuencarural.com/frutihorticultura/frutihorticultura/manejo-del-riego-en-elcultivo-de-tomate-industria/).

Los objetivos de todos los trabajos antes señalados han sido de optimizar el recurso agua para de esta manera obtener mejores resultados en cuanto a rendimientos.

En las investigaciones antes expuestas tenemos que la diferencia entre consumo de agua en mm, se debe a que fueron realizadas en diferentes sectores y en diferentes años por ende el factor clima incide en la evaporación del tanque, usan diferentes valores de K_c , el sistema de riego no es el mismo lo que reduce la eficiencia del uso del agua y el incremento de la ET_c para el estudio de láminas es diferente, un factor también considerado es la irregularidad de los suelos que varía entre las zonas de estudio en donde se desarrollan lo que hace que el contenido de humedad del suelo varíe entre ensayos. Correlacionando estas investigaciones con las realizadas en el sector “Los Molinos” tenemos que en las investigaciones se utiliza el método del tanque evaporímetro pero cabe señalar que las condiciones en las que son instalados son diferentes así como los valores de k_p que se han utilizado.

Refiriéndonos al valor de láminas tenemos que para la investigación realizada en Caborca, Sonora – México, la lámina aplicada fue de 66,19 mm (100% ET_c). En la zona de Henequera Yucatan – México, la lámina fue de 435 mm.

En Uruguay en la zafra 2003 – 2004 para la variedad Loica la lámina promedio aplicada fue de 242 mm y para la siguiente zafra la laminas aplicada fue de 146 mm vía riego y 269 mm por precipitaciones dando un total de 415 mm (100% ET_c).

5.2.2 Contenidos de humedad durante el ciclo del cultivo

Los valores que a continuación se señalan hacen referencia a los contenidos de humedad antes y después del riego (% θ_m y % θ_v) por tratamiento, sustrato y lámina durante la fase de investigación.

Los contenidos de humedad antes del riego para la interacción sustrato - lámina se señalan a continuación:

Cuadro 18. Contenido de humedad promedio antes del riego (% θ_m y % θ_v) por tratamiento, Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.

Tratamiento	Sustrato	Lámina	% θ_m	% θ_v
L1S0	8% bocashi		22,8	29,4
L1S1	15% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	1,40 ETc	20,5	28,2
L1S2	20% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		17,4	23,3
L1S3	25% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		14,7	20,6
L2S0	8% bocashi		26,1	33,6
L2S1	15% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	1,55 ETc	23,0	31,5
L2S2	20% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		19,7	26,4
L2S3	25% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		17,4	24,4
L3S0	8% bocashi		28,5	36,8
L3S1	15% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	1,70 ETc	25,5	34,9
L3S2	20% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		22,6	30,3
L3S3	25% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		20,1	28,2



Figura 18. Contenido de humedad (% θ_v) por tratamiento antes del riego, Marzo – Septiembre 2009.

En el cuadro 18 el contenido de humedad en los tratamientos se incrementa proporcionalmente a medida que se aumenta la lámina de riego, y por ende la cantidad de agua, por el contrario disminuye al incrementar el porcentaje de arena colocada a cada uno de los tratamientos. Se debe hacer notar que el tratamiento que mayor contenido de humedad presenta es L3S0 que corresponde al 70% de incremento de la ETc y el sustrato utilizado es el 8% bocashi (sustrato 0), esto es muy importante ya que este contenido de humedad al ser antes del riego indica que el suelo siempre permanece a capacidad de campo.

Los contenidos de humedad después del riego para la interacción sustrato - lámina se señalan a continuación:

Cuadro 19. Contenido de humedad promedio después del riego (% θ_m y % θ_v) por tratamiento, Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.

Tratamiento	Sustrato	Lámina	% θ_m	% θ_v
L1S0	8% bocashi		33,2	42,8
L1S1	15% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	1,40 ETc	30,1	41,2
L1S2	20% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		28,2	37,8
L1S3	25% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		25,0	35,0
L2S0	8% bocashi		35,4	45,6
L2S1	15% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	1,55 ETc	32,5	44,5
L2S2	20% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		30,4	40,7
L2S3	25% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		27,5	38,5
L3S0	8% bocashi		37,6	48,5
L3S1	15% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi	1,70 ETc	34,6	47,4
L3S2	20% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		32,5	43,6
L3S3	25% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		29,5	41,5

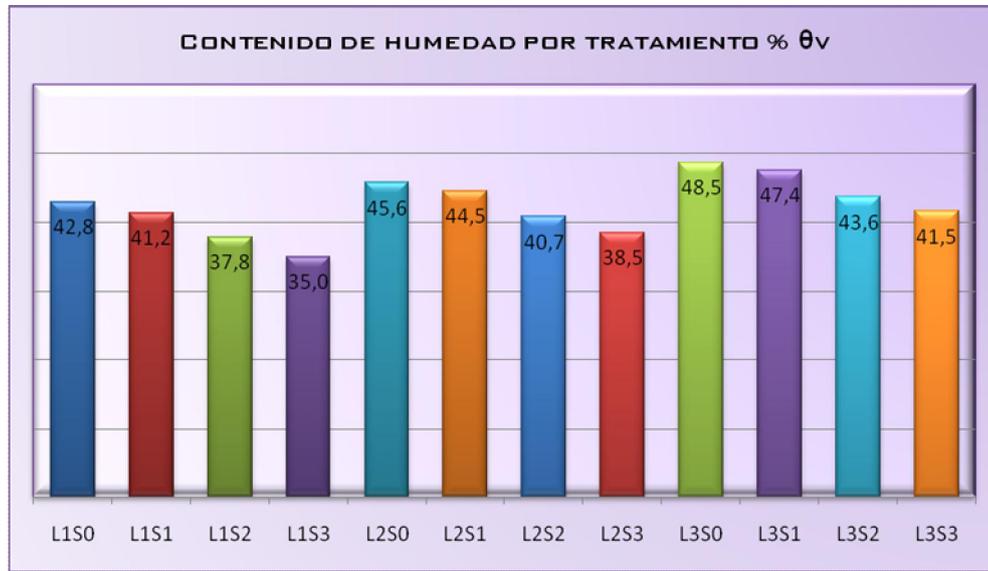


Figura 19. Contenido de humedad (% θ_v) por tratamiento después del riego, Marzo – Septiembre 2009.

En el cuadro y figura 19 observamos que los contenidos de humedad tienden a estabilizarse en todos los tratamientos, esto se debe básicamente a la aplicación de distintas cantidades de arena en los tratamientos, la misma que modifico las propiedades físicas del suelo y por consiguiente el drenaje.

Los contenidos de humedad antes y después del riego para el factor sustrato se señalan a continuación:

Cuadro 20. Contenido de humedad promedio antes y después del riego (% θ_m y % θ_v) por sustrato, Marzo – Septiembre 2009; La Argelia.

	Antes del riego		Después del riego	
	% θ_m	% θ_v	% θ_m	% θ_v
8% Bocashi	25,8	33,3	35,4	45,6
15% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi	23,0	31,5	32,4	44,4
20% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi	19,9	26,6	30,4	40,7
25% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi	17,4	24,4	27,4	38,3

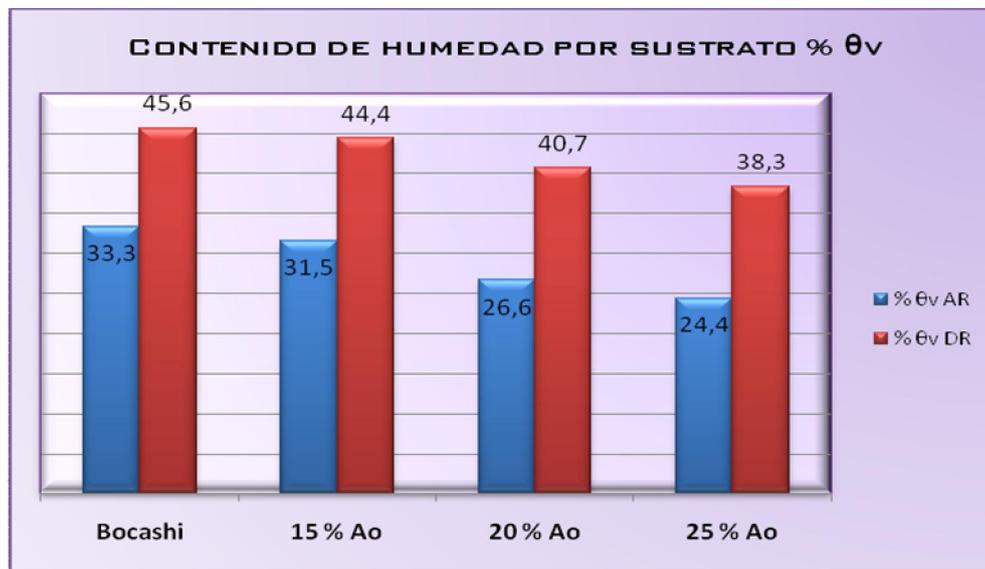


Figura 20. Contenido de humedad (% θ_v) por sustrato antes y después del riego, Marzo – Septiembre 2009.

En el cuadro y figura 20 se observa los contenidos de humedad por sustrato en donde se determinó que el sustrato al que se le agregó únicamente abono

orgánico bocashi, presenta el contenido de humedad más alto antes y después del riego 33,3 y 45,6% θ_v respectivamente, esto debido a que la materia orgánica posee una gran capacidad de retención de humedad, en comparación con los sustratos en que se aplicó arena los que disminuye su capacidad de retención de humedad conforme se aumenta la cantidad de arena.

Los contenidos de humedad antes y después del riego para el factor lámina se señalan a continuación:

Cuadro 21. Contenido de humedad promedio antes y después del riego (% θ_m y % θ_v) por lámina, Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.

	Antes del riego		Después del riego	
	% θ_m	% θ_v	% θ_m	% θ_v
1,40 ETc	18,8	25,3	29,1	39,2
1,55 ETc	21,5	29,0	31,4	42,3
1,70 ETc	24,2	32,6	33,6	45,2

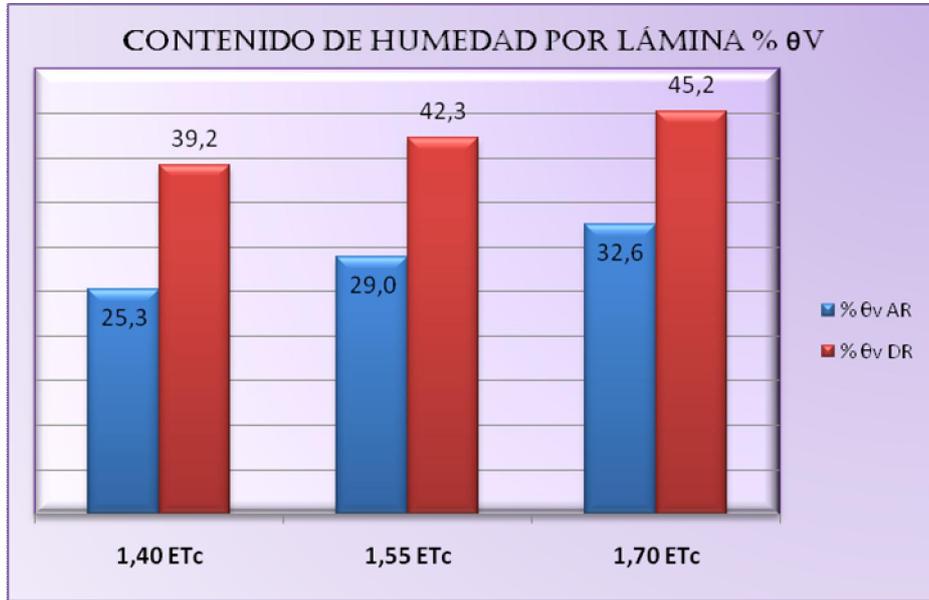


Figura 21. Contenido de humedad (% θ_v) por lámina antes y después del riego, Marzo – Septiembre 2009.

En el cuadro y figura 21 se observa los contenidos de humedad por lámina en donde se aprecia claramente que a medida que incrementamos el porcentaje de la evapotranspiración, se aumenta secuencialmente el contenido de humedad, evidentemente esto se debe a que si incrementamos la ETC para cada lámina el aporte de agua va a ser mayor, lo cual se refleja en los contenidos de humedad.

Los contenidos de humedad para el tratamiento S0 se señalan a continuación:

Cuadro 22. Contenido de humedad (% θ_v) del S0/lámina antes y después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

	Antes del riego % θ_v			Después del riego % θ_v		
	L1S0	L2S0	L3S0	L1S0	L2S0	L3S0
8% Bocashi						
Marzo	26,4	28,9	30,9	36,5	39,2	41,4
Abril	27,5	32,8	35,5	39,0	42,0	44,1
Mayo	30,0	33,7	35,4	43,7	47,4	50,0
Junio	30,5	33,9	37,2	41,8	45,6	50,1
Julio	36,3	41,6	46,0	48,7	51,0	53,5
Agosto	27,7	33,2	38,7	46,0	47,9	51,5
Septiembre	27,2	31,3	34,0	44,1	46,2	48,8
PROMEDIO	29,4	33,6	36,8	42,8	45,6	48,5

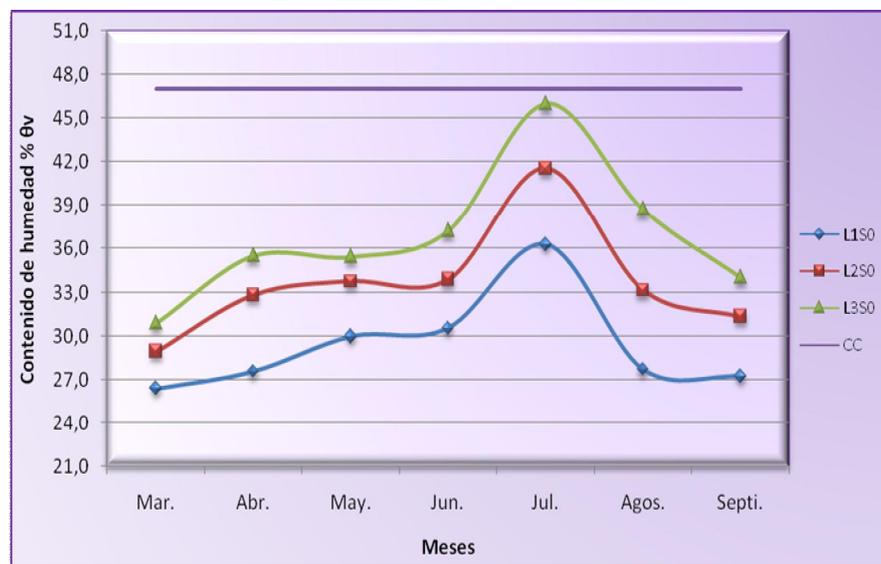


Figura 22. Contenido de humedad (% θ_v) del S0/lámina antes del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

En el cuadro y figura 22 se observa que el sustrato S0 constituido por abono orgánico bocashi (8%) y las 3 láminas, se determino que L1 (1,40 ETC) a lo largo de todo el ciclo del cultivo siempre se mantiene por debajo del valor de capacidad de campo (CC) incluso en los meses de máximo consumo (en donde el aporte de agua es mayor), mientras que a diferencia de la lámina L2 y L3 (1,55 y 1,70 ETC) se encuentran cercanas al valor de CC por lo tanto son la más recomendables para que la planta tenga una adecuada cantidad de agua que le permita desarrollarse normalmente.

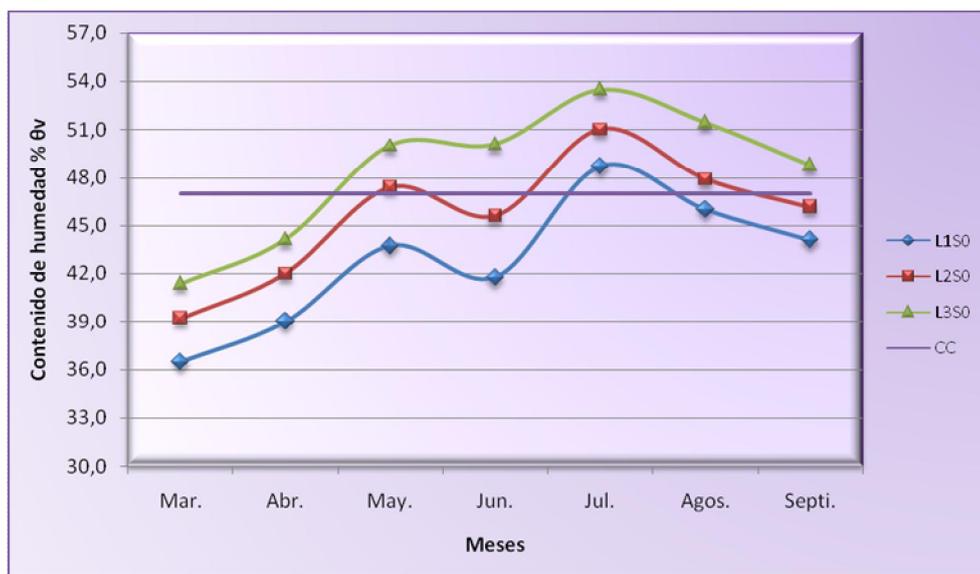


Figura 23. Contenido de humedad (% θ_v) del S0/lámina después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

En la figura 23, se determino que dos láminas (L2 = 1,55 y L3 = 1,70 ETC), mantienen a S0 (8% bocashi) sobre capacidad de campo en los meses de Mayo a Septiembre donde existe un mayor consumo de agua por la planta y en función del análisis

de los datos antes y después del riego, se deduce que para este sustrato la mejor lamina es L2 (1,55 ETC), puesto que satisface las necesidades del cultivo antes y después del riego, al observar la curva de L3 se puede determinar que esta lámina se encuentra cercana a los valores de saturación, especialmente en el mes de Julio donde hubo un mayor aporte de agua al suelo.

Los contenidos de humedad para el tratamiento S1 se señalan a continuación:

Cuadro 23. Contenido de humedad (% θ_v) del S1/lámina antes y después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

	Antes del riego % θ_v			Después del riego % θ_v		
	15% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi					
	L1S1	L2S1	L3S1	L1S1	L2S1	L3S1
Marzo	24,7	27,9	30,1	35,1	37,1	39,4
Abril	27,0	31,5	34,5	39,5	42,2	44,4
Mayo	27,7	29,9	32,9	40,4	43,9	46,5
Junio	31,3	33,9	37,4	41,6	45,3	49,7
Julio	35,4	39,1	44,7	44,8	48,8	51,6
Agosto	24,7	27,7	32,2	44,0	47,7	51,1
Septiembre	26,3	30,5	32,8	43,2	46,3	49,4
PROMEDIO	28,2	31,5	34,9	41,2	44,5	47,4

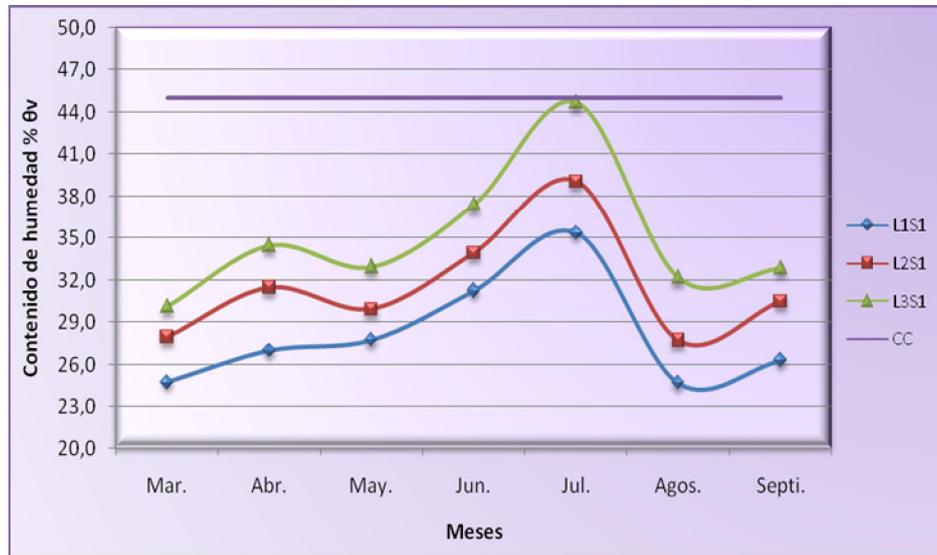


Figura 24. Contenido de humedad (% θ_v) del S1/lámina antes del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

En el cuadro 23 y figura 24 se determinó que L1 (1,40 ETc) y L2 (1,55 ETc), se mantienen durante todo el ciclo del cultivo bajo el valor de capacidad de campo, lo que origina un déficit de agua, en tanto que la lamina L3 (1,70 ETc), se encuentra cercana al valor de CC pero la misma no satisface las necesidades hídricas del cultivo durante el ciclo del cultivo ni en la época de máxima demanda que se presenta en el mes de Julio.

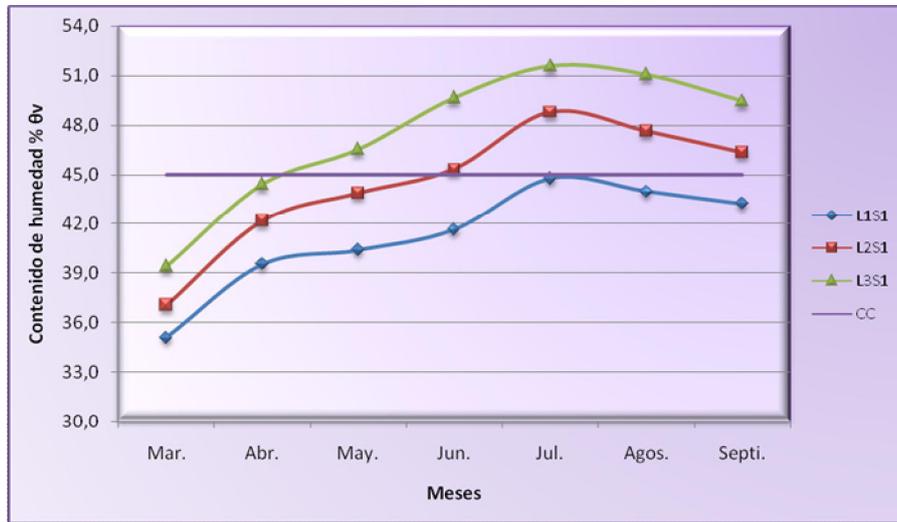


Figura 25. Contenido de humedad (% θ_v) del S1/lámina después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

La figura 25 para el sustrato S1 con las tres láminas se determinó, que la lámina L1 (1,40 ETC), se mantiene durante la gran mayoría del ciclo del cultivo bajo el valor de capacidad de campo, incluso en el mes donde se produjo la mayor demanda del recurso hídrico, por el contrario la lámina L2 (1,55 ETC) a partir del mes de junio a septiembre se encuentra sobre CC lo que mantiene al suelo con un adecuado contenido de humedad y no se produce exceso del recurso hídrico, en tanto que la lámina L3 (1,70 ETC), durante toda la mayor parte de la fase vegetativa de la planta se mantiene por encima del valor de CC y cercana al nivel de saturación (55%) en el mes de mayor demanda del agua, por lo que se produce un exceso de humedad para el cultivo y con ello ocasiona la proliferación de enfermedades.

Los contenidos de humedad para el tratamiento S2 se señalan a continuación:

Cuadro 24. Contenido de humedad (% θ_v) del S2/lámina antes y después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

	Antes del riego % θ_v			Después del riego % θ_v		
	20% arena + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8%					
	Bocashi					
	L1S2	L2S2	L3S2	L1S2	L2S2	L3S0
Marzo	20,9	24,1	26,8	32,3	33,9	35,7
Abril	20,7	27,0	32,8	36,5	39,2	41,9
Mayo	18,9	21,9	27,0	34,5	38,2	42,0
Junio	26,3	28,1	30,3	37,9	40,9	44,7
Julio	30,7	33,5	37,9	43,3	46,0	48,0
Agosto	22,6	24,7	28,2	40,6	43,8	46,4
Septiembre	22,7	25,6	28,9	39,3	42,9	46,3
PROMEDIO	23,3	26,4	30,3	37,8	40,7	43,6

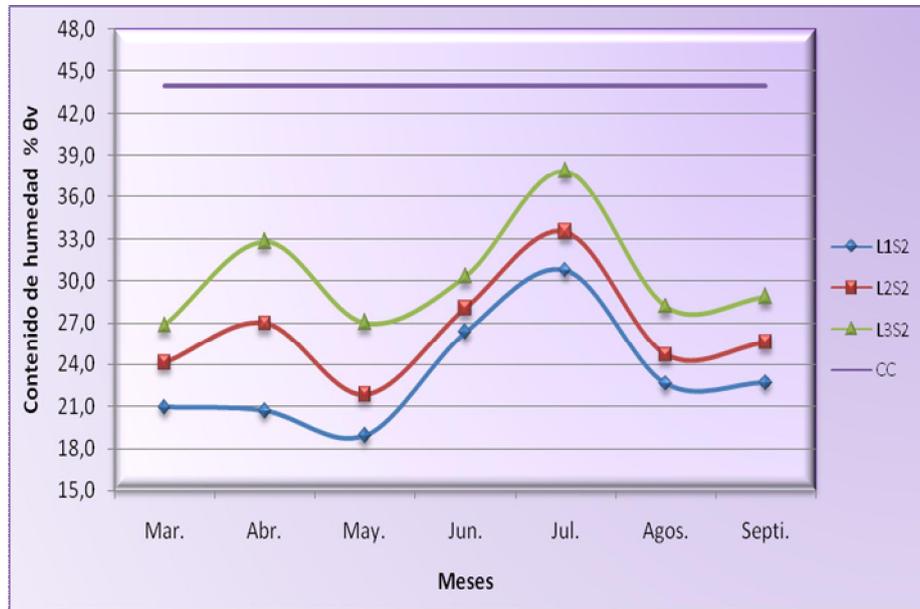


Figura 26. Contenido de humedad (% θ_v) del S2/lámina antes del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

En el cuadro 24 y figura 26 para S2 constituido por 20% de arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi con las tres láminas se determinó, que las tres láminas L1, L2 y L3 (1,40; 1,55 y 1,70 Etc), se mantienen durante todo el ciclo del cultivo bajo el valor de capacidad de campo, lo que origina un déficit de agua para el cultivo, incluso en L1 se observa que hay valores cercanos a punto de marchitez permanente (PMP) que se encuentra para este sustrato al 16%.

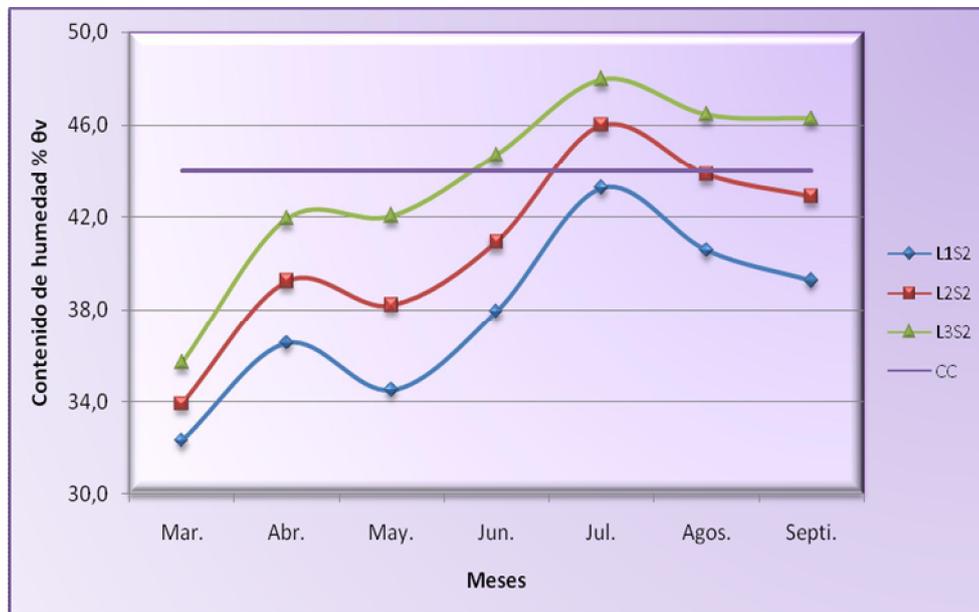


Figura 27. Contenido de humedad (% θ_v) del S2/lámina después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

En la figura 27 se determino que las láminas L2 y L3 (1,55 y 1,70 ETC), se mantienen en su mayor parte durante el ciclo vegetativo del cultivo sobre el valor de capacidad de campo, lo que mantiene al suelo con un adecuado contenido de humedad, mientras que L1 (1,40 ETC) se encuentra bajo CC, esto se debe básicamente al porcentaje de arena añadida al sustrato en S0 y S1 (8% bocashi y 15% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi), pero es indispensable hacer notar que ha pesar de aportar la misma cantidad de agua que a los tratamientos antes mencionados, los valores de contenidos de humedad después del riego para L2 y L3 son aceptables, haciendo el análisis respectivo antes y después del riego se determino, que la mejor lámina para este sustrato es L3, porque asegura una adecuada disponibilidad de agua para la planta y de esta manera obtener los máximos rendimientos posibles.

Los contenidos de humedad para el tratamiento S3 se señalan a continuación:

Cuadro 25. Contenido de humedad (% θ_v) del S3/lámina antes y después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

	Antes del riego % θ_v			Después del riego % θ_v		
	L1S3	L2S3	L3S3	L1S3	L2S3	L3S3
25% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi						
Marzo	19,5	22,4	24,6	31,0	33,2	35,7
Abril	15,2	21,3	28,8	34,7	37,1	40,1
Mayo	15,7	19,9	25,3	30,0	35,0	38,6
Junio	24,5	27,4	29,6	33,2	36,9	39,9
Julio	28,3	32,5	35,2	40,5	42,9	45,8
Agosto	20,2	23,5	26,8	36,9	39,9	43,9
Septiembre	20,7	23,7	27,0	38,4	44,2	46,6
PROMEDIO	20,6	24,4	28,2	35,0	38,5	41,5

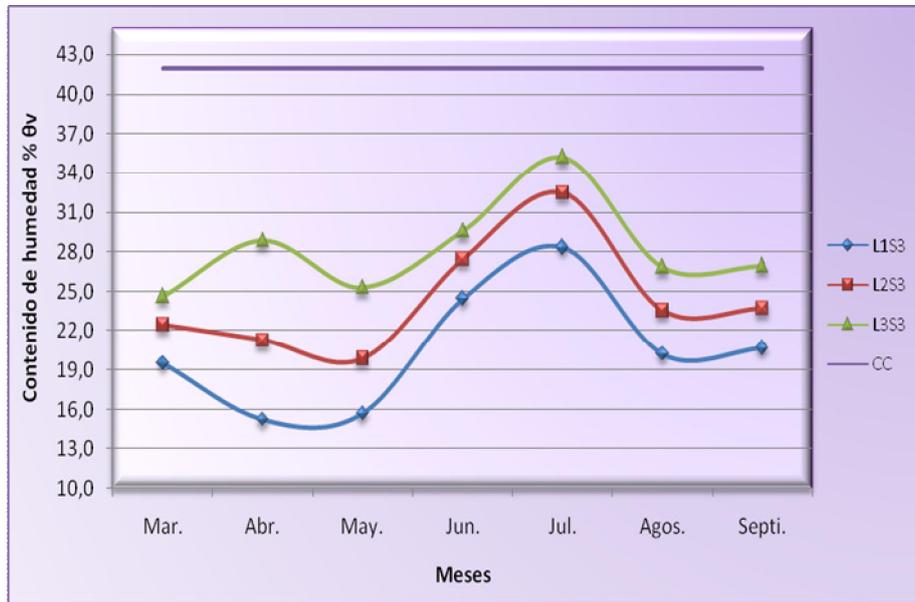


Figura 28. Contenido de humedad (% θ_v) del S3/lámina antes del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

En el cuadro 25 y figura 28, sobre el contenido de humedad antes del riego para el sustrato S3 constituido por 25% de arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi con las tres láminas se determino, que L1, L2 y L3, se mantienen durante todo el ciclo del cultivo bajo el valor de capacidad de campo incluso L1 en los meses de abril y mayo están cercanos al valor de PMP que para este sustrato se encuentra al 16%, lo que indica claramente un déficit de agua para el cultivo, esto como resultado de la aplicación en mayor cantidad de arena, la misma que modifico la estructura e incremento la velocidad de percolación del agua en el suelo.

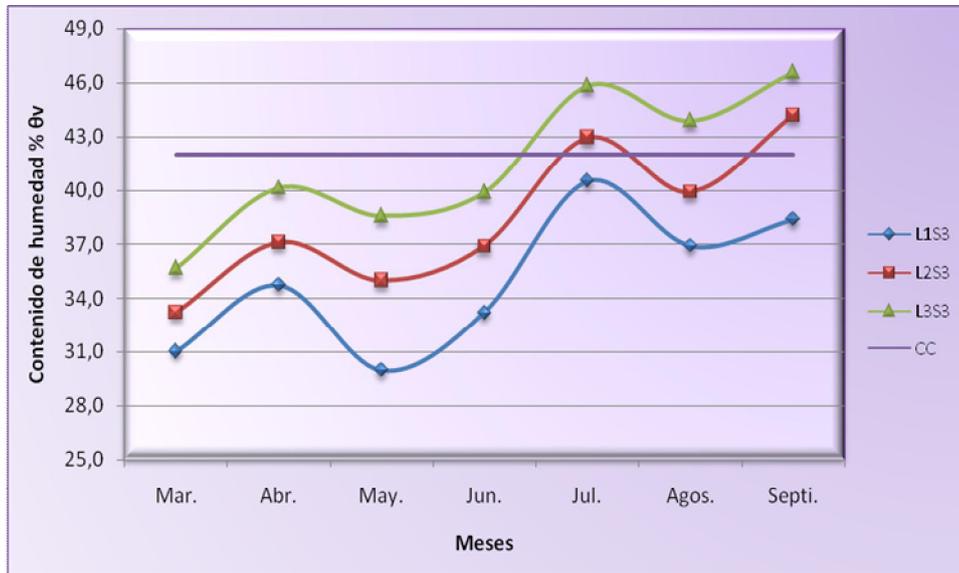


Figura 29. Contenido de humedad (% θ_v) del S3/lamina después del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

La figura 29 para el sustrato S3 en donde se determino que las láminas L1 y L2 (1,40 y 1,55 ETc), se mantienen durante la mayoría del ciclo del cultivo bajo capacidad de campo, lo que indica claramente un déficit de agua para el cultivo esto tomando en cuenta que estos valores son después de aplicar el riego, esto como resultado a la aplicación en mayor cantidad de arena mientras que L3 se encuentra por encima de CC solamente en los meses de mayor demanda de agua (Julio - Septiembre), por lo que para este sustrato se proporciona un adecuado contenido de humedad para el desarrollo de las plantas.

5.2.3 Nivel de agotamiento del agua del suelo.

En el cuadro 26 que se presenta a continuación se indican los datos sobre el nivel de agotamiento del agua del suelo para la interacción sustrato – lámina.

Cuadro 26. Nivel de agotamiento del agua del suelo por tratamiento (%), Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.

Tratamiento	% θ_v después del riego	% θ_v antes del riego	Agua rápidamente aprovechable	Nivel de agotamiento del agua	Nivel de agotamiento del agua %
L1S0	42,8	29,4	13,4	0,43	43
L1S1	41,2	28,2	13,1	0,48	48
L1S2	37,8	23,3	14,5	0,52	52
L1S3	35,0	20,6	14,4	0,55	55
L2S0	45,6	33,6	12,0	0,39	39
L2S1	44,5	31,5	13,0	0,48	48
L2S2	40,7	26,4	14,3	0,51	51
L2S3	38,5	24,4	14,1	0,54	54
L3S0	48,5	36,8	11,6	0,38	38
L3S1	47,4	34,9	12,5	0,46	46
L3S2	43,6	30,3	13,3	0,48	48
L3S3	41,5	28,2	13,3	0,51	51

En el cuadro 26 se determinó que el tratamiento L3S0 presentó el menor nivel de agotamiento del agua en el suelo con un 38% θ_v y el L2S0 con el 39% θ_v , esto debido a que el riego era suministrado al cultivo una sola vez al día durante la mañana.

El valor más alto del 53% θ_v se presentó en el tratamiento L1S3 el cuál al estar integrado por L1 (1,40 ETC) siendo esta la lámina que menor cantidad de agua aporta al suelo y el S3 (25% arena + 1,5 Kg/m² de carbón vegetal + 8% bocashi) permitió que la humedad correspondiente al agotamiento del agua en el suelo se incremente debido a la presencia mayoritaria de macroporos ($> 30 \mu$) en el suelo y a la poca capacidad de retención del agua que presenta el sustrato provocando la percolación del agua rápidamente, mientras que en el tratamiento L3S0 integrado por la lámina 3 (1,70 ETC) aporta una mayor cantidad de agua al suelo y el S0 (8% bocashi) el cuál permite una mayor retención del agua en el suelo al no estar mezclado con la arena y el carbón vegetal.

En el cuadro que se presenta a continuación se observan los valores del nivel de agotamiento del agua del suelo para el factor sustrato.

Cuadro 27. Nivel de agotamiento del agua del suelo por sustrato (%), Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.

	Antes del riego		Después del riego		ARA %	Nivel de agotamiento	Nivel de agotamiento %
	% θ_m	% θ_v	% θ_m	% θ_v			
S0	25,8	33,3	35,4	45,6	12,4	0,40	40
S1	23,0	31,5	32,4	44,4	12,8	0,48	48
S2	19,9	26,6	30,4	40,7	14,0	0,50	50
S3	17,4	24,4	27,4	38,3	13,9	0,54	54

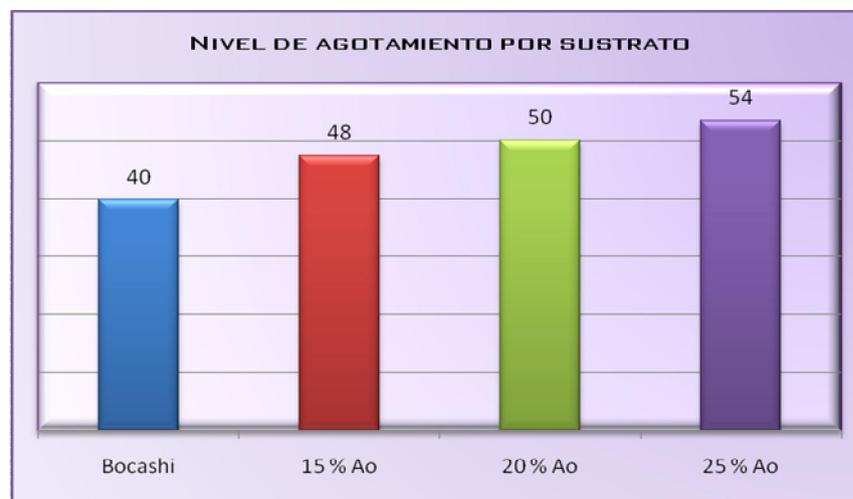


Figura 30. Nivel de agotamiento del agua del suelo por sustrato.

En el cuadro 27 y la figura 30 se observa que el mayor agotamiento del agua en el suelo se da conforme los sustratos van incrementado el porcentaje de arena del

15, 20 y 25% que se les aplicó a cada uno de los sustratos S1, S2 y S3 respectivamente, pero el S0 al estar conformado únicamente por el 8% bocashi presenta un menor nivel de agotamiento del agua en el suelo con el 39% θ_v y el sustrato que mayor contenido de humedad retiene después del riego con un valor del 45,6% θ_v frente al 38,3% θ_v que presenta el S3 (Cuadro 25) y con un valor mayor del nivel de agotamiento del agua en el suelo con el 54%.

Los valores del porcentaje de arena agregada a cada sustrato provocan un incremento paulatino de los macroporos presentes en el suelo los mismos que al estar en su mayoría llenos de aire permiten que el agua los atraviese rápidamente impulsada por la fuerza de gravedad.

En el cuadro que se presenta a continuación se observan los valores del nivel de agotamiento del agua del suelo para el factor lámina.

Cuadro 28. Nivel de agotamiento del agua del suelo por lámina (%), Marzo – Septiembre 2009, La Argelia.

	Antes del riego		Después del riego		ARA %	Nivel de agotamiento	Nivel de agotamiento %
	% θ_m	% θ_v	% θ_m	% θ_v			
1,40 ETc	18,8	25,3	29,1	39,2	13,9	0,50	50
1,55 ETc	21,5	29,0	31,4	42,3	13,9	0,48	48
1,70 ETc	24,2	32,6	33,6	45,2	12,7	0,46	46

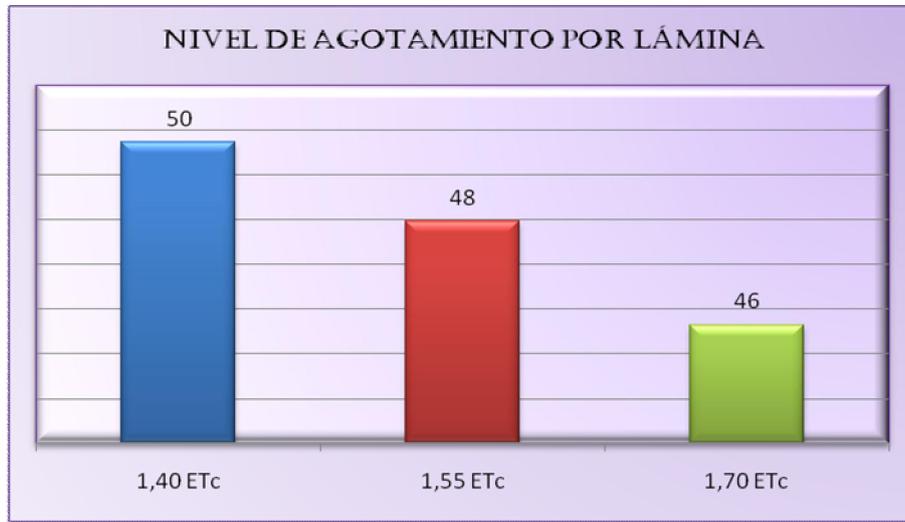


Figura 31. Nivel de agotamiento del agua del suelo por lámina.

El cuadro 28 y la figura 31 se observa que al tener un incremento de la ETc el nivel de agotamiento del agua en el suelo disminuye.

Por lo tanto el mayor agotamiento del agua en el suelo se presenta en L1 (1,40 ETc) la misma que al aportar menor cantidad de agua a cada uno de los sustratos lo que hace que el valor del contenido de humedad entre cada riego se amplíe mientras que al incrementar las láminas la humedad del suelo disminuye por lo que el menor valor se presenta en L3 (1,70 ETc) con el 46% θ_v .

Los valores obtenidos para el nivel de agotamiento de agua en el suelo en la segunda fase de investigación son superiores a los obtenidos durante el desarrollo de la primera fase de investigación realizada por Álvarez P & Guillas D, los mismos que obtuvieron valores del 20, 22 y 26% θ_v para L3, L2 y L1 (1,55; 1,40 y 1,25 ETc) respectivamente, la variación se debe a que los riegos aplicados al cultivo eran dados una

sola vez al día y además tenemos la incidencia del factor clima ya que este varia de año a año, cabe señalar que los datos recogidos en cada fase no son en los mismos meses en donde se desarrollaron los ciclos de cultivo para ambas investigaciones. Álvarez P & Guailas D, la desarrollaron desde junio del 2007 a febrero del 2008 y la presente se desarrollo desde marzo a septiembre del 2009.

5.3 RESULTADOS DEL TERCER OBJETIVO.

5.3.1 Variables agronómicas.

5.3.1.1 Altura de las plantas.

Para el análisis de varianza se utilizó como referencia la altura final de las plantas debido a que en las mediciones anteriores no se presentaba mayor diferencia en las alturas (Anexo 36 – 43).

Cuadro 29. Análisis de varianza de altura final de plantas en cm por tratamiento, Octubre 2009, La Argelia.

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
<u>Altura</u>	60	0,63	0,40	2,27

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Relación F	Probabilidad
Repetición	886,43	4	221,61	5,06	0,0024
Sustrato	208,4	3	69,47	1,59 ns	0,2094
Lámina	334,63	2	167,32	3,82 *	0,0312
Sustrato*Lámina	211,10	6	35,18	0,80 ns	0,5735
Error A	1084,87	8	135,61	3,10	0,0092
Error B	1575,50	36	43,76		
TOTAL	4300,93	59			

En el cuadro 29 referente al ADEVA (Análisis de varianza) el mismo que nos indica que hay diferencia significativa al 5% para el factor lámina ($p = 0,0312$) y no significativo para sustratos y la interacción sustrato - lámina por lo que se acepta la hipótesis alternativa para láminas. El coeficiente de variación es de 2,27% considerado como aceptable.

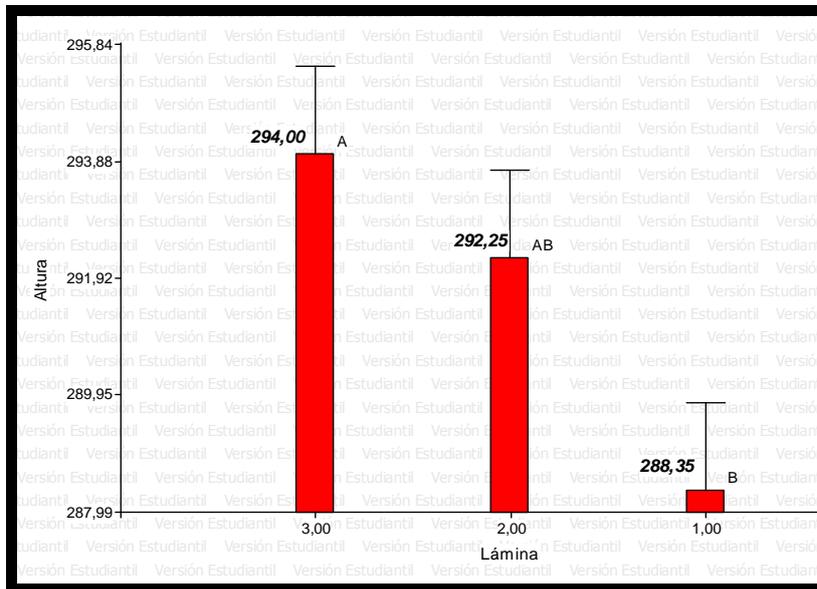


Figura 32. Altura final de plantas por lámina (m), Junio 2009, La Argelia.

En la figura 32 se observan los valores de altura de plantas para el factor lámina así como la prueba de Tukey al 5% de significancia, del gráfico se deduce que L1, L2 y L3 (1,40; 1,55 y 1,70 ETc) difieren estadísticamente siendo la mayor altura para L3 = 1,70 % ETc con 294,00 cm., y la de menor altura en L1 = 1,40 ETc con 288,35 cm. El incremento de altura de plantas entre L3 y L1 es de 5,65 cm equivalente al 1,92%.

5.3.1.2 Altura a los racimos.

- **Altura al primer racimo.**

Los datos de la variable que se presentan a continuación, se obtuvieron en el mes de Abril luego de dos meses de haberse realizado el transplante y la señalización de tratamientos y plantas (Anexo 44 – 49).

Cuadro 30. Análisis de varianza de altura al primer racimo en cm por tratamiento, Abril 2009, La Argelia.

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
<u>Altura</u>	60	0,47	0,12	6,16

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Relación F	Probabilidad
Repetición	88,07	4	22,02	2,32	0,0752
Sustrato	54,72	3	18,24	1,92 ns	0,1431
Lámina	1,73	2	0,87	0,09 ns	0,9128
Sustrato*Lámina	77,33	6	12,89	1,36 ns	0,2571
Error A	75,93	8	9,49	1,00	0,4519
Error B	341,20	36	9,48		
TOTAL	638,98	59			

En el cuadro 30 el cual hace referencia al ADEVA, nos indica que para sustratos, láminas y la interacción sustrato – lámina no existe diferencia significativa al 5%, por lo que no se realiza la prueba de Tukey para esta variable. El coeficiente de variación es de 6,16% considerado como aceptable.

- **Altura del segundo al octavo racimo.**

Los datos de la variable que se presentan en el cuadro 31 se obtuvieron en el periodo Abril – Junio 2009 en el Sector “Los Molinos”, en donde se muestran las alturas a las cuales se iba dando la aparición de los racimos (Anexo 50 – 58).

Cuadro 31. Altura del segundo al octavo racimo por tratamiento, Abril – Junio 2009, La Argelia.

Altura de los racimos (m)									
Tratamiento	Sustrato	Lámina	2 ^{do}	3 ^{ero}	4 ^{to}	5 ^{to}	6 ^{to}	7 ^{mo}	8 ^{vo}
L1S0	Bocashi	1,40 ETc	0,79	1,04	1,29	1,50	1,74	1,91	2,23
L1S1	15% Ao		0,73	1,00	1,29	1,49	1,73	1,92	2,22
L1S2	20% Ao		0,75	1,00	1,28	1,47	1,69	1,89	2,21
L1S3	25% Ao		0,78	1,04	1,28	1,46	1,69	1,86	2,16
L2S0	Bocashi	1,55 ETc	0,76	1,04	1,31	1,52	1,76	1,97	2,32
L2S1	15% Ao		0,80	1,07	1,34	1,56	1,82	2,00	2,33
L2S2	20% Ao		0,76	1,03	1,32	1,55	1,82	2,02	2,36
L2S3	25% Ao		0,76	1,08	1,35	1,59	1,83	2,01	2,37
L3S0	Bocashi	1,70 ETc	0,80	1,06	1,30	1,57	1,82	2,06	2,43
L3S1	15% Ao		0,77	1,04	1,32	1,58	1,83	2,06	2,44
L3S2	20% Ao		0,79	1,07	1,34	1,60	1,86	2,10	2,47
L3S3	25% Ao		0,74	0,99	1,31	1,60	1,85	2,08	2,48

5.3.1.3 Rendimiento en kg/planta/tratamiento (kg).

Los datos que a continuación se presentan fueron obtenidos a partir del promedio de las cosechas realizadas desde el 09 de Junio hasta el 30 de Septiembre de 2009 en la Estación Experimental “La Argelia”, Sector “Los Molinos” (Anexo 59 - 65).

Cuadro 32. Análisis de varianza del rendimiento Kg/planta/tratamiento, Junio - Septiembre 2009, La Argelia.

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Rendimiento	60	0,79	0,65	4,82

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Relación F	Probabilidad
Repetición	10,87	4	2,72	22,69	< 0,0001
Sustrato	0,67	3	0,22	1,87 ns	0,1523
Lámina	0,29	2	0,14	1,20 ns	0,3120
Sustrato*Lámina	3,09	6	0,52	4,30 *	0,0023
Error A	0,91	8	0,11	0,95	0,4859
Error B	4,31	36	0,12		
TOTAL	20,15	59			

El cuadro 32 sobre el ADEVA, nos muestra que no existe diferencia significativa al 5% para sustratos ni láminas pero nos señala que para la interacción sustrato – lámina BxA existe significancia estadística. El coeficiente de variación es de 4,82% considerado como aceptable.

Por tal razón se procede a aplicar la prueba de Tukey para la interacción sustrato – lámina, los datos se señalan a continuación:

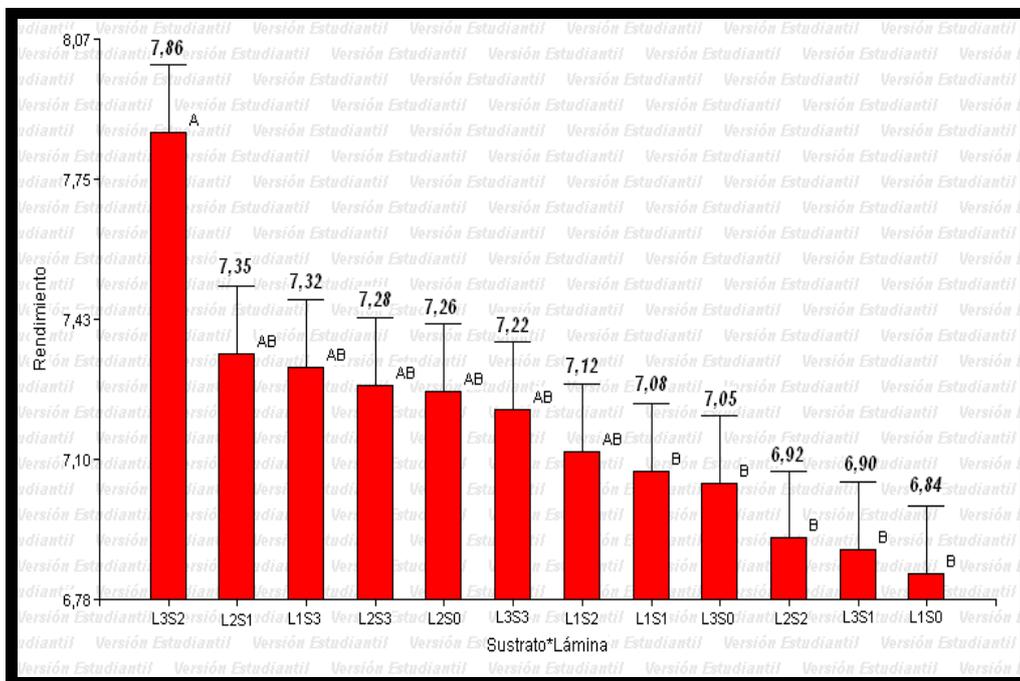


Figura 33. Test de significancia de Tukey para el rendimiento Kg/planta/tratamiento, Junio –Septiembre 2009, La Argelia.

En la figura 33 se observan los valores promedio de rendimiento para los diferentes tratamientos así como la prueba de Tukey al 5% de significancia, del gráfico se deduce que L3S2 (1,70 ETC - 20% Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) difiere

estadísticamente del resto de tratamientos y es el valor más alto con 7,86 Kg/planta, mientras que el valor más bajo se presenta en el tratamiento L1S0 (1,40 ETc + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) con 6,84 Kg/planta. El incremento del rendimiento entre L3S2 y L1S0 es de 1,02 Kg/planta equivalente al 14,91%.

La diferencia entre L3S2 y L1S0 en cuanto a rendimiento se debe a la aplicación del carbón vegetal al suelo que incrementa el pH y disminuye la saturación de Al, factores que a menudo constituyen las principales limitaciones de la productividad de los cultivos en los suelos altamente meteorizados de los trópicos húmedos (Cochrane y Sánchez 1980, y Mgagwu y Piccolo 1997), citado por Valarezo C. et al 2010, borrador artículo CEDAMAZ; pero, no solamente incrementan el contenido de nutrientes, sino también la retención de éstos, lo cual es especialmente importante en los suelos mencionados, que tienen baja capacidad de retención iónica (Glaser et al 2002), citado por Valarezo C. et al 2010, borrador artículo CEDAMAZ.

5.3.2 Análisis Económico.

Cuadro 33. Costos de implantación de sustratos en el cultivo de tomate de mesa, Febrero – Septiembre 2009, La Argelia.

Tratamiento	Sustrato			Lámina	Costo Arena \$	Costo Carbón Vegetal \$	Costo Bocashi \$	Costo Lámina \$	TOTAL
	Arena	Carbón vegetal	Bocashi						
	%	Kg/m ²	%						
L1S0	0	0	8		0,00	0,00	0,00	0,15	0,15
L1S1	15	1,5	8	1,40	0,89	0,96	0,00	0,15	2,00
L1S2	20	1,5	8	ETc	1,19	0,96	0,00	0,15	2,30
L1S3	25	1,5	8		1,48	0,96	0,00	0,15	2,60
L2S0	0	0	8		0,00	0,00	0,00	0,17	0,17
L2S1	15	1,5	8	1,55	0,89	0,96	0,00	0,17	2,02
L2S2	20	1,5	8	ETc	1,19	0,96	0,00	0,17	2,32
L2S3	25	1,5	8		1,48	0,96	0,00	0,17	2,61
L3S0	0	0	8		0,00	0,00	0,00	0,19	0,19
L3S1	15	1,5	8	1,70	0,89	0,96	0,00	0,19	2,04
L3S2	20	1,5	8	ETc	1,19	0,96	0,00	0,19	2,33
L3S3	25	1,5	8		1,48	0,96	0,00	0,19	2,63

El cuadro 33 en cuanto a los costos de la arena y el carbón vegetal aplicados por tratamiento se los obtuvo de la primera fase de investigación realizada por Álvarez P & Guailas D (2008), estos valores son depreciados para la vida útil del invernadero de 15 años.

El valor de la lámina aplicada fue calculada para cada tratamiento y según el tiempo de riego que se aplicó durante la segunda fase de investigación. El costo del bocashi no se lo considera debido a que no es un valor variable y es aplicado a todos los tratamientos en la misma dosis.

Los costos de producción están en función de la tecnología aplicada, por lo que el menor costo se presentó en el tratamiento L1S0 que consistió únicamente en la aplicación de L1 (Lámina 1 = 1,40 ETc y Sustrato 0 = 8% bocashi), por lo tanto dicho tratamiento resulta menos costoso, por el contrario L3S3 (Lámina 3 = 1,70 ETc y Sustrato 3 = 25 % arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) en el que se aplica la dosis más alta de arena mezclada con carbón vegetal y L3 que aporta mayor cantidad de agua, el costo fue mayor en comparación con los demás tratamientos.

Cuadro 34. Ingresos por tratamiento en el cultivo de tomate de mesa, Febrero - Septiembre 2009, La Argelia.

Tratamiento	Rendimiento Kg/planta	Nº de Plantas	Kg/Tratamiento	Precio Kg	SUBTOTAL	Cajas	Costos por caja*	TOTAL
L1S0	6,84	18	123,13	0,27	33,24	6,8	3,52	29,73
L1S1	7,08	18	127,44	0,27	34,41	7,2	3,73	31,54
L1S2	7,12	18	128,20	0,27	34,61	7,0	3,63	30,63
L1S3	7,31	18	131,65	0,27	35,54	7,0	3,64	30,77
L2S0	7,26	18	130,64	0,27	35,27	7,3	3,78	31,92
L2S1	7,35	18	132,23	0,27	35,70	6,8	3,55	29,97
L2S2	6,93	18	124,65	0,27	33,66	7,0	3,66	30,95
L2S3	7,28	18	130,97	0,27	35,36	6,8	3,56	30,09
L3S0	7,05	18	126,89	0,27	34,26	7,8	4,04	34,14
L3S1	6,90	18	124,15	0,27	33,52	7,2	3,76	31,78
L3S2	7,86	18	141,39	0,27	38,18	7,2	3,74	31,62
L3S3	7,22	18	129,96	0,27	35,09	7,1	3,71	31,38

*Los costos hacen referencia al valor que se pagó a los jornales durante la cosecha y el transporte al punto de comercialización, siendo este valor de 0,52 ctvos por caja.

En el cuadro 34 se determinó que el tratamiento que registró la mayor productividad fue L3S2, conformado por L3 (1,70 ETc) y el sustrato 2 (20% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi), seguido de L2S1, conformado por L2 (1,55 ETc) y el sustrato 1 (15% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi), por el contrario el tratamiento de menor productividad fue L1S0 conformado por L1 (1,40 ETc) y el S0 (8% bocashi). Uno de los factores que influyó en el mejor rendimiento de L3S2 fue el contenido de humedad que presentaba el tratamiento después del riego que fue del 48% θ_v el cuál se encontraba por encima del valor de capacidad de campo que para este sustrato era del 44% θ_v .

Cuadro 35. Beneficio neto y análisis de dominancia por tratamiento en el cultivo de tomate de mesa, Febrero – Septiembre 2009, La Argelia.

Tratamiento	Costo variable	Ingreso bruto	Beneficio neto	Análisis de dominancia
L1S0	0,15	29,73	29,57	d
L2S0	0,17	31,54	31,37	
L3S0	0,19	30,63	30,45	d
L1S1	2,00	30,77	28,76	d
L2S1	2,02	31,92	29,90	d
L3S1	2,04	29,97	27,94	d
L1S2	2,30	30,95	28,65	d
L2S2	2,32	30,09	27,78	d
L3S2	2,33	34,14	31,80	
L1S3	2,60	31,78	29,19	d
L2S3	2,61	31,62	29,01	d
L3S3	2,63	31,38	28,75	d

En el cuadro 35 se determinó que el tratamiento que obtuvo el beneficio neto más alto es L3S2 (1,70 ETc; y sustrato 2 = 20 % de arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) seguido por L2S0 (1,55 ETc; y sustrato 0 = 8% bocashi), debido a que estos dos tratamientos no son dominados con respecto a los demás, fueron tomados como referencia para realizar el cálculo de la tasa de retorno marginal.

Cuadro 36. Tasa de retorno marginal en el cultivo de tomate de mesa, Febrero – Septiembre 2009, La Argelia.

Tratamiento	Costos Variable \$/tratamiento	Costos marginales	Beneficio neto \$/tratamiento	Beneficio Netos Marginales \$/tratamiento	Tasa de retorno marginal %
L2S0	0,17		31,37		
L3S2	2,33	2,16	31,80	0,43	20

En el cuadro 36 se determinó que el tratamiento L3S2 conformado por L3 (1,70 ETc) y el sustrato 2 (20% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) presenta la tasa de retorno marginal (TRM) más alta de todos los tratamientos con el 20%, lo que representa que recupera el dólar invertido y tiene una ganancia de 0,20 ctvs., la TRM es baja pero se debe a que la plaza para el tomate durante este periodo fue comercializado en precios bajos, el promedio fue de 7,85 USD; 6,00 USD y 4,25 USD para el tomate de primera, segunda y tercera clase respectivamente.

5.4 RESULTADOS DEL CUARTO OBJETIVO.

Este evento se lo realizó de acuerdo a la siguiente planificación:

- **Tipo de evento:** Día de campo.
- **Tema:** “RESPUESTA DEL TOMATE DE MESA (*Solanum Lycopersicum* L.) BAJO INVERNADERO AL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ARENA SILÍCEA Y LÁMINAS DE RIEGO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL “LA ARGELIA”.
- **Lugar:** Loja.
- **Participantes:** Autoridades del AARNR, director y asesor de tesis, egresados y estudiantes de la Carrera de Ing. Agrícola, egresados de la Carrera de Ing. Agronómica y agricultores interesados.
- **Fecha:** 30 de Julio de 2009.
- **Hora:** 09h00 am.

En el día de campo estuvieron presentes el Director del AARNR, comité consejero, profesores, egresados de la carrera de Ing. Agrícola e Ing. Agronómica y estudiantes de la Carrera de Ing. Agrícola, se elaboraron y entregaron folletos divulgativos y trípticos (Anexo 36) en el que se hizo constar las fases de desarrollo del proyecto de tesis. Además el día de campo fue difundido a través del Centro de Radio y Televisión (CERACYT) de La Universidad Nacional de Loja.

VI. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se presentan las siguientes conclusiones:

- Las propiedades físicas de los suelos del sector “Los Molinos”, antes de la investigación presenta baja capacidad de aireación (9%), agua aprovechable (26,5%), y volumen de poros físicamente inertes (64,5%) que según el diagrama triangular corresponde a un suelo de clase II equivalente a pobre, mientras que los sustratos con distintas dosis de arena (15, 20 y 25%) presentan una CA de 12,25%, AA de 28% y VPFI de 60% correspondiente a un suelo de clase III equivalente a medio, de lo cual se deduce que la aplicación de arena, carbón vegetal y bocashi contribuye notablemente al mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.
- El consumo total para L1: 1,40 ETc; L2: 1,55 ETc y L3: 1,70 ETc, fue de 328, 367, 408 mm respectivamente.
- El tratamiento L3S2 presentó una tasa de retorno marginal del 34% pero debido a que la investigación se basó en el estudio de 12 tratamientos no se puede asegurar que este valor sea representativo para recomendar al agricultor, por lo que se tendría que tomar en cuenta que L3S2 (L3 = 1,70 ETc y S2 = 20% Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) con L2S1 (L2 = 1,40 ETc y S1 = 15% Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) con L3S1 (L3 = 1,55 ETc y S1 = 15% Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) obtenidos en la segunda y primera fase de investigación sean objeto de estudio para determinar cuál de estos tratamientos

señalados son más prometedores para realizar una recomendación a los agricultores.

VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para la presente tesis se señalan a continuación:

- Para futuras investigaciones se debe tomar en consideración la aplicación de L3 = 1,70 ETc que para la presente fase de investigación dio los mejores resultados en cuanto a rendimientos pero se debe seguir investigando en lo que se refiere a la mezcla de sustratos o más claramente a las dosis de arena silíceas aplicadas al suelo ya que estas ocasionan un incremento en la cantidad de macroporos del suelo lo que origina que el sustrato no retenga la cantidad de agua necesaria para el cultivo.
- Se recomienda la aplicación del sustrato S2 (20% Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi) combinada con L3 (1,70 ETc) ya que además de mejorar las propiedades físicas del suelo proporciona una buena tasa de retorno marginal la misma que permite al agricultor mejorar sus ingresos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ P & GUAYLLAS D. Respuesta del tomate de mesa (*Solanum lycopersicum* L) bajo invernadero al mejoramiento de las propiedades físicas del suelo mediante la aplicación de arena silíceo y láminas de riego en la Estación Experimental “La Argelia”, Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica.
- BRAVO, R, J. L. JAPON, V. CJ. LEON, C. NR. 2002. Análisis de los sistemas de comercialización de la producción de tomate de mesa bajo invernadero para los mercados de la ciudad de Loja. Tesis Ingeniero Comercial Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agrícola. Loja Ec. 48-50pp.
- MEIR SHANY. 2003. Tecnología de producción bajo cobertura. Shefayim, Israel. 47, 56-59 pp.
- MILLER, ET AL. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. México. Editorial Continental. 62- 64 pp
- REVISTA TERRA-INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS. 2000. Estimación de las necesidades hídricas del tomate. Culiacán, México. Investigadores: González y Hernández. VOLUMEN 18. 46-58 pp.
- VALAREZO, C., IÑIGUEZ M., GUAYA P., VALAREZO L. Condiciones físicas de los suelos de la región sur del Ecuador: una guía para proyectos de riego, drenaje, manejo y conservación de suelos. Loja. Ec. 227 p.

- VALAREZO, C., MAZA H., CHAMBA C., VALAREZO L., MERINO B., VILLAMAGUA M., MORA M., GONZÁLEZ R. Borrador artículo CEDAMAZ. Criterios en la instalación de los experimentos y caracterización de los sitios del proyecto “Gestión de la fertilidad del suelo con enmiendas de carbón vegetal en plantaciones de árboles maderables en el Sur de la Amazonía Ecuatoriana. Loja. 37 p.
- VALAREZO L, VILLAMAGUA, M. 2003. Ed Universitaria. Proyecto Identificación y Selección de cultivos Comercialmente Promisorios para la Producción Bajo invernadero en la provincia de Loja. Informe final, 48p.
- VILLAMAGUA. M, LOAIZA. E, NAULA. P. 2005. Respuesta del tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero al mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, mediante la aplicación de abonos orgánicos y carbón vegetal, en el barrio Masaca. Cantón. Loja. 17 p.
- ORTEGA, M. CHAPA, C. 2006. Respuesta de tres híbridos de zucchini Cucúrbita pepo L., a la aplicación de abono orgánico en las condiciones agroecológicas de la Argelia. Loja, Ec., Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica. 105p.
- UNIVERSIDAD DE TALCA. Departamento de Horticultura. 2001. Agricultura Técnica. Talca, Chile. Tomo (4):479 – 487.
- VILLAREAL, R. 1982. Prácticas de cultivo en tomate. Editorial IICA. San José, Costa Rica. pp. 117-118.

BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

- Ángel Menéndez, INSTITUTO NACIONAL DEL CARBÓN, [2007, CARBÓN VEGETAL, www.oviedo.es/personales/carbon/curiosidades/carbon%20vegetal.htm](#)
- [CEDUCAPR, 22 de Septiembre del 2008, ARENA SILÍCEA, www.ceducapr.com/arena.htm](#)
- EL RINCÓN DEL VAGO, 22 de Septiembre de 2008, EVAPORACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN, [html.rincondelvago.com/evaporacion-y-evapotranspiracion.html](#).
- INFOAGRO, 22 de Septiembre de 2008, [TIPOS DE SUSTRATOS DE CULTIVO, www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm](#)
- SECUNDARIA CEBECH, 22 de Septiembre de 2008, ARENA, [redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi_rocas/arena.htm](#)
- SOLSOSL, 22 de Septiembre de 2008, BOCASHI, [elviobh.googlepages.com/BOCASHI_-_SOLSOL.ppt](#) -
- [SUMERCE, 22 de Septiembre de 2008, BOCASHI161.58.124.240/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=34](#)
- WIKIPEDIA, 22 de Septiembre de 2008, [ARENA, es.wikipedia.org/wiki/Arena](#)
- [www.chapingo.mx/terra/contenido/22/4/433.pdf](#) -
- [www.cuencarural.com/frutihorticultura/frutihorticultura/manejo-del-riego-en-elcultivo-de-tomate-industria/](#)

Anexo 1. Análisis de Constantes Hidrofísicas del Laboratorio de Análisis Físico – Químico de Suelos, Aguas y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja, Noviembre 2009, La Argelia.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGÍA

Nombre: Egda. Bravo Escudero Emilia Esperanza **Provincia:** Loja **Cantón:** Loja **Parroquia:** San Sebastián
Egdo. Rosillo Guarnizo Juan Fabricio

Lugar: La Argelia – Sector Los Molinos **Fecha de inicio:** 06 de noviembre de 2009 **Fecha de entrega:** 13 de Noviembre de 2009

Muestra		Da gr/cm ³	Constantes Hidrofísicas % θ _v				Condiciones físicas del suelo				Equivalencia			
Tratamiento	Laboratorio		Saturación	CC		PMP	AA	CA	VPFI	VS	AA	CA	ZONA	CLASE
				1/10 atm	1/3 atm	15 atm	%	%	%	%				
501	14	1,34	56,45	50,29	44,57	15,99	29	12	60	44	Muy alto	Medio	III	Medio
502	17	1,44	57,01	46,57	39,81	15,15	25	17	58	43	Muy alto	Alto	IV	Bueno
503	18	1,31	55,80	48,94	43,49	15,44	28	12	60	44	Muy alto	Medio	III	Medio
504	19	1,18	59,05	53,13	46,95	15,11	32	12	56	41	Muy alto	Medio	III	Medio
505	20	1,42	56,82	50,54	44,55	18,38	26	12	62	43	Muy alto	Medio	III	Medio
506	6	1,40	55,43	53,59	45,14	14,18	31	10	59	45	Muy alto	Medio	III	Medio
507	7	1,38	56,53	51,50	46,26	19,66	27	10	63	43	Muy alto	Medio	III	Medio
508	8	1,40	57,18	49,74	42,89	16,88	26	14	60	43	Muy alto	Medio	III	Medio
509	9	1,30	59,52	53,84	49,12	18,03	31	10	59	40	Muy alto	Medio	III	Medio
510	21	1,29	54,87	48,10	44,65	15,33	29	10	60	45	Muy alto	Medio	III	Medio
511	11	1,38	53,45	47,89	42,67	18,25	24	11	65	47	Muy alto	Medio	III	Medio
512	22	1,38	56,45	48,88	43,53	15,90	28	13	59	44	Muy alto	Medio	III	Bueno



Ing. Patricio Aguirre Carrión Mg.Sc
RESPONSABLE DEL LABORATORIO





Ing. Marconi Mora Erraez
TÉCNICO DEL LABORATORIO

Anexo 2. Análisis Químico de sustratos antes del ensayo realizados en el Laboratorio Nemalab, Marzo 2009, La Argelia.



NEMALAB S.A.
En convenio con el MAG - PRODE y AGEAP
e-mail: nemalabsa@diainet.asap-tel.net
KM 1 1/2 (ANTIGUA VIA FERREA), EL CAMBIO - MACHALA, EL ORO Tel. (593) 2992184 Fax: (593) 97650254

29/10/2009
Página 1

Cliete: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Remite: UNIVERSIDAD NACIONAL DE
Propiedad: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Localización: Sitio Parroquia Cantón Provincia

Cultivo:

Documento No: 00013905
Fecha de Muestreo: 27/02/2009
Fecha de Ingreso: 02/03/2009
Fecha de Salida: 16/03/2009

Resultados e Interpretación de: Análisis Químico de Suelos

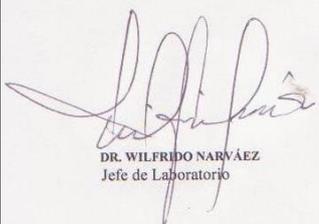
Cód. Muestra	Id. de Muestra	pH	LAc	B	S	Cl	Na	Al + H	C. E.	M. O.
				p.p.m.			meq / 100g		dS / m	%
19863	S 0	5.6	LAc	--	--	--	--	--	7.01 SA	2.21 B
19864	S 3	6.0	LAc	--	--	--	--	--	7.75 SA	1.73 B

Interpretación:

pH	Niveles	Niveles Relacionales	Metodología Utilizada
Ac: Acido < 5.5 LAc: Ligeramente Acido 5.6 - 6.4 PN: Prácticamente Neutro 6.5 - 7.5 LiA: Ligeramente Alcalino 7.6 - 8.0 Al: Alcalino > 8.1	B: Bajo M: Medio A: Alto		pH: SUELO: AGUA (1: 2.5) S, B: Fosfato de Calcio P, K, Ca, Mg: Olsen Modificado MH4: K Cl: Espectrofotometría Cu, Fe, Mn, Zn: Olsen Modificado B: Curcumina CE: Pasta Saturada M.O.: Dicromato de Potasio
Conduct. Eléctrica: NS = < 2.0 LS = 2.0 - 4.0 S = 4.0 - 8.0 MS = > 8.0			

Estos resultados pueden ser sujetos de comparación, siempre y cuando se utilice la misma metodología utilizada en este Laboratorio. Esta Hoja de Resultados es válida sólo con firma y sello en original.





DR. WILFRIDO NARVÁEZ
Jefe de Laboratorio



Jénica Alvaréz
Gerente Técnico



Secretaria

"Análisis que hacen la diferencia"

F01003R



NEMALAB S.A.

En convenio con el MAG - PRODE y AGEAP

e-mail: nemalabsa@dialnet.asap-tel.net

KM 1 1/2 (ANTIGUA VIA FERREA), EL CAMBIO - MACHALA, EL ORO Tel. (593) 2992184 Fax: (593) 97650254

29/10/2009

Pág: 1 / 0

Ciente: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Remitente: UNIVERSIDAD NACIONAL DE

Propiedad: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Localización:

Sitio

Parroquia

LOJA
Cantón

LOJA
Provincia

Cultivo:

Documento No: 00013905

Fecha de Muestreo: 27/02/2009

Fecha de Ingreso: 02/03/2009

Fecha de Salida: 16/03/2009

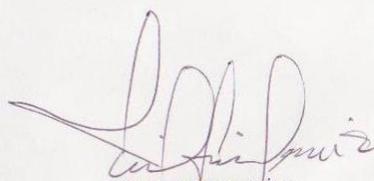
Resultados e Interpretación de: ANALISIS DE SUELO BASICO

Cód. de Muestra	No. de Muestra	pH	p.p.m.						meq / 100g			Relaciones			
			NH4	P	Zn	Cu	Fe	Mn	K	Ca	Mg	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
19863	S 0	5.6 LAc	12B	139 A	6.0 M	8.8 A	296.9 A	18.0 A	0.78 A	7.77 M	2.29 M	3.39	9.96	2.94	12.90
19864	S 3	6.0 LAc	12B	81 A	4.5 M	8.2 A	211.7 A	16.0 A	0.59 A	10.30 A	2.00 M	5.15	17.46	3.39	20.85

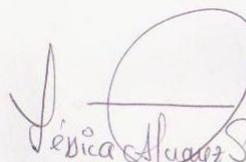
Interpretación:

pH	Niveles	Metodología Utilizada
Ac: Acido < 5.5	B: Bajo	pH: SUELO: AGUA (1: 2.5)
LAc: Ligeramente Acido 5.6 - 6.4	M: Medio	S, B: Fosfato de Calcio
PN: Prácticamente Neutro 6.5 - 7.5	A: Alto	P, K, Ca, Mg: Olsen Modificado
LIA: Ligeramente Alcalino 7.6 - 8.0		NH4: K Cl: Espectrofotometria
Al: Alcalino > 8.1		Cu, Fe, Mn, Zn: Olsen Modificado
		B: Curcumina
		CE: En Extracto de Pasta Saturada
		M.O.: Dicromato de Potasio

Estos resultados pueden ser sujetos de comparación, siempre y cuando se utilice la misma metodología utilizada en este Laboratorio.


DR. WILFRIDO NARVÁEZ
Jefe de Laboratorio



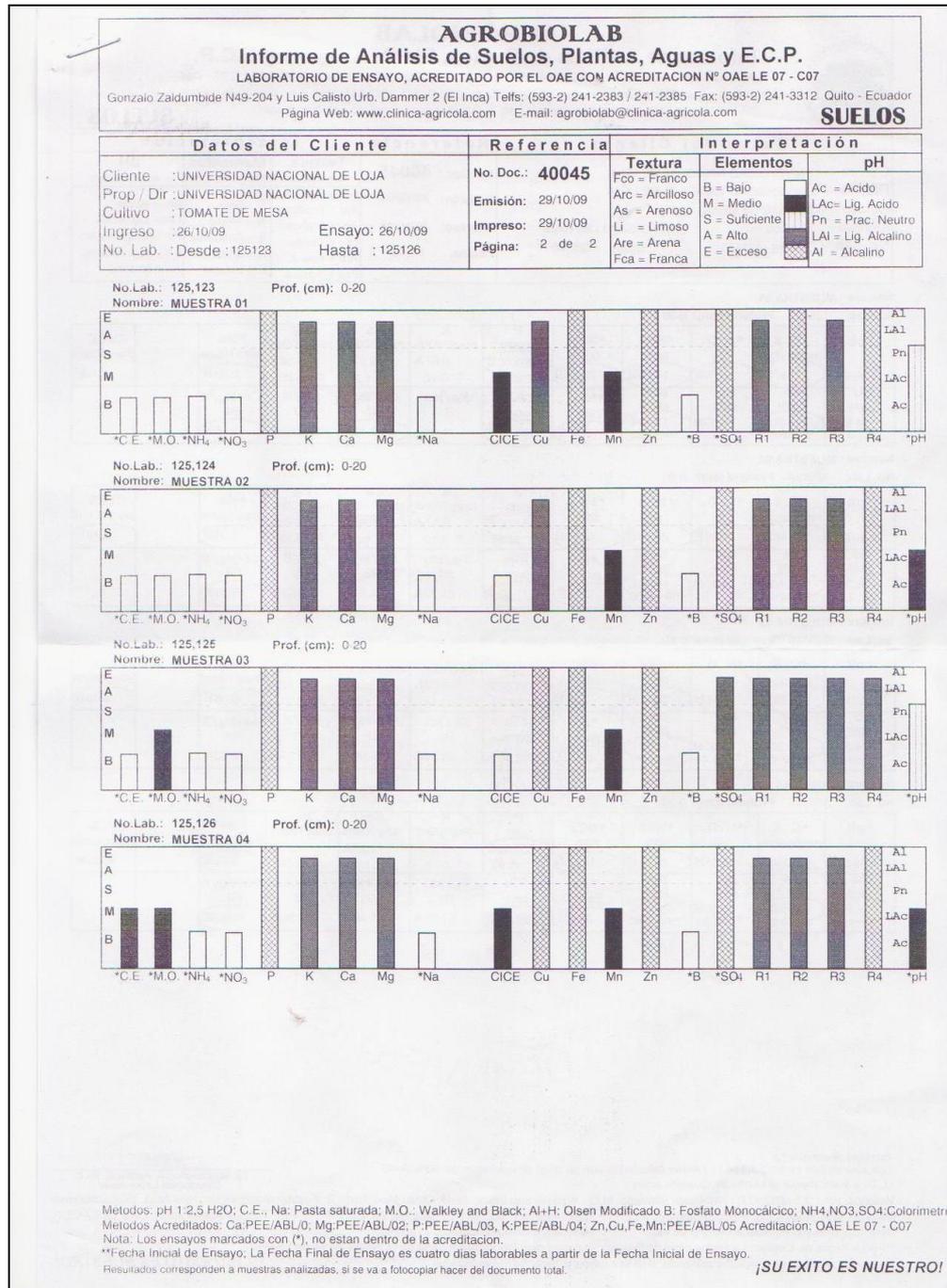

Gerente Técnico




Secretaria

* Esta Hoja de Resultados es válida sólo con firma y sello en original.

Anexo 3. Análisis Químico de sustratos después del ensayo realizados en el Laboratorio Agrobiolab, 2009, La Argelia.



AGROBIOLAB
Informe de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y E.C.P.
LABORATORIO DE ENSAYO, ACREDITADO POR EL OAE CON ACREDITACION N° OAE LE 07 - C07
Calle Alumbide N49-204 y Luis Calisto Urb. Dammer 2 (El Inca) Telfs: (593-2) 241-2383 241-2385 Fax: (593-2) 241-3312 Quito - Ecuador
Página Web: www.clinica-agricola.com E-mail: agrobiolab@clinica-agricola.com

SUELOS

Datos del Cliente				Referencia		Interpretación			
Cliente :	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			No. Doc.:	40045	Textura	Elementos		pH
Prop / Dir :	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			Emisión:	29/10/09	Boul, S.W. 1973	INIAP, Inf.Téc.1973		Knott, J.E. 1962
Cultivo :	TOMATE DE MESA			Impreso:	29/10/09	Fco = Franco	B = Bajo	Ac = Acido	
Ingreso :	26/10/09	**Ensayo :		26/10/09		Arc = Arcilloso	M = Medio	LAc= Lig. Acido	
No. Lab. :	Desde :125123	Hasta :		125126		As = Arenoso	S = Suficiente	Pn = Prac. Neutro	
						Li = Limoso	A = Alto	LAI = Lig. Alcalino	
						Are = Arena	E = Exceso	Al = Alcalino	
						Fca = Franca			

Nombre : MUESTRA 01

No. Lab. : 125123 Profund (cm): 0-20

*pH	*C.E. mmhos/cm	*M.O. %	*NH4 ppm	*NO3 ppm	P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	*Na meq/100ml	CICE meq/100ml
6.50 Pn	0.97 B	1.76 B	18.20 B	20.50 B	203.00 E ± 32.48	0.67 A ± 0.12	6.87 A ± 1.23	1.56 A ± 0.26	0.09 B	9.19 M
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	*B ppm	*SO4 ppm	Fe/Mn R1	Ca/Mg R2	Mg/K R3	Ca+Mg/K R4	
4.80 A ± 0.96	118.00 E ± 30.68	5.50 M ± 1.48	13.30 E ± 6.05	0.61 B	80.30 E	21.45 A	4.40 E	2.32 A	12.58 E	

Nombre : MUESTRA 02

No. Lab. : 125124 Profund (cm): 0-20

*pH	*C.E. mmhos/cm	*M.O. %	*NH4 ppm	*NO3 ppm	P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	*Na meq/100ml	CICE meq/100ml
6.40 LAc	0.88 B	1.85 B	26.20 B	17.50 B	181.00 E ± 28.96	0.57 A ± 0.10	5.81 A ± 1.04	1.72 A ± 0.29	0.09 B	8.19 B
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	*B ppm	*SO4 ppm	Fe/Mn R1	Ca/Mg R2	Mg/K R3	Ca+Mg/K R4	
5.20 A ± 1.04	132.50 E ± 34.45	6.10 M ± 1.64	18.50 E ± 7.03	0.55 B	71.60 E	21.72 A	3.37 A	3.01 A	13.21 E	

Nombre : MUESTRA 03

No. Lab. : 125125 Profund (cm): 0-20

*pH	*C.E. mmhos/cm	*M.O. %	*NH4 ppm	*NO3 ppm	P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	*Na meq/100ml	CICE meq/100ml
6.50 Pn	0.79 B	2.16 M	26.20 B	9.90 B	194.00 E ± 31.04	0.83 A ± 0.14	5.66 A ± 1.01	1.83 A ± 0.31	0.08 B	8.40 B
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	*B ppm	*SO4 ppm	Fe/Mn R1	Ca/Mg R2	Mg/K R3	Ca+Mg/K R4	
6.20 E ± 1.24	145.00 E ± 37.70	5.50 M ± 1.48	18.10 E ± 6.87	0.43 B	52.50 A	26.36 A	3.09 A	2.20 A	9.02 A	

Nombre : MUESTRA 04

No. Lab. : 125126 Profund (cm): 0-20

*pH	*C.E. mmhos/cm	*M.O. %	*NH4 ppm	*NO3 ppm	P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	*Na meq/100ml	CICE meq/100ml
6.40 LAc	1.29 M	2.31 M	23.50 B	12.20 B	255.00 E ± 40.80	0.85 A ± 0.15	7.25 A ± 1.30	2.13 A ± 0.36	0.12 B	10.35 M
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	*B ppm	*SO4 ppm	Fe/Mn R1	Ca/Mg R2	Mg/K R3	Ca+Mg/K R4	
7.70 E ± 1.54	175.50 E ± 45.83	5.60 M ± 1.51	20.80 E ± 7.90	0.65 B	99.60 E	31.33 A	3.40 A	2.50 A	11.03 E	

Simbolo decimal = (.)

Los valores con incertidumbre (+-) están calculados con un nivel de confianza del 95% (k=2)

<L.C. = Valor menor al Limite de Cuantificación

Metodos: pH 1:2.5 H2O; C.E., Na: Pasta saturada; M.O.: Walkley and Black; Al+H: Olsen Modificado B; Fostato Monocálcico; NH4,NO3, SO4:Colorimet

Metodos Acreditados: Ca: PEE/ABL/01; Mg: PEE/ABL/02; P: PEE/ABL/03, K: PEE/ABL/04; Zn, Cu, Fe, Mn: PEE/ABL/05 Acreditacion: OAE LE 07-C07

Nota: Los ensayos marcados con (*), no están dentro del alcance de acreditacion.

**Fecha inicial de Ensayo; La Fecha Final de Ensayo es cuatro dias laborables a partir de la Fecha Inicial de Ensayo.

Resultados corresponden a muestras analizadas, si se va a fotocopiar hacer del documento total.

Dr. Washington A. Padilla G. Ph.D
Director del Laboratorio

¡SU EXITO ES NUESTRO!

GRUPO CLINICA AGRICOLA - BIOAGROTECSA

CALCULO DE FERTILIZACION EN TOMATE RIÑON CON EL USO DE FUENTES SIMPLES Y COMPUESTAS

Nombre del Propietario:	Universidad Nacional de Loja	Nº. Documento:	40045
Nombre de la Hacienda:	Universidad Nacional de Loja	Fecha:	31-Oct-2009
Extensión del Lote:	1 (has.)	Lote No:	Muestras: 01, 02, 03 y 04

Nombre de la fórmula	Fórmula a ser usada	Dosis sugeridas a ser aplicadas
1ra. Alternativa		
Edáfica		g/planta/semana
Urea	46-0-0	1.20
DAP	18-46-0	0.15
CIK	0-0-60	0.95
Fórmula compuesta	Microelementos	0.10
		2.40
	Sacos/fote/semana	1.92

Antes de volver a fertilizar bajar la conductividad eléctrica a 2 mmhos/cm, regando a punto alto de capacidad de campo.

Fertirriego	Kg/há/riego	Sacos/lote/mes
Fórmula soluble	12-3-40	2.16
Fórmula soluble	25-3-20	5.38
Fórmula soluble	25-3-20 + 12-3-40	1/2 + 1/2

900 g/ha/20 días después del trasplante o cosecha

950 g/ha/durante la fase de desarrollo

850 g/ha/ drante engrose de frutos

Antes de aplicar esta sugerencia, bajar la conductividad eléctrica a 2 mmhos/cm mediante la aplicación de agua a nivel de capacidad de campo.

Las cantidades a ser usadas son las que se indican en la última columna de la derecha, expresados en g/planta/semana para aplicación edáfica o kg/ha/riego en fertirrigación. Mensualmente aplicar la mezcla de las fuentes tradicionales en cada planta separado 15 cm del tallo.

NOTA: "Las opiniones, interpretaciones y sugerencias de fertilización que se indican en este documento, están fuera del alcance de acreditación del OAE"

Preparado por:

Técnico responsable

Anexo 4. Datos usados en la fertilización base, Febrero 2009, La Argelia.

Parámetro		Unidad
Longitud de la cama	21	m
Ancho de la cama	0,90	m
Área de la cama	18,9	m ²
Área total camas	283,5	m ²
Distancia de siembra	0,30	m
Nº plantas/ cama	70	u
Nº camas	15	u
Nº de plantas	1050	u
Rendimiento	7	kg/planta
Producción	7350	Kg
Producción	7,35	Ton

Anexo 5. Análisis de nutrientes para 283,5 m², Febrero 2009, La Argelia.

N	P	Ca	Mg	K	Na	Al+H	Al	B*	Zn*	Cu *	Fe *	Mn *
ppm				meq/100 ml				ppm				
12	139	7,77	2,29	0,78	0	0		0	6	8,8	296,9	18
Kg/Hectárea												
24	278	3108	549,6	608,4					12	18	594	36
Kg/Invernadero 283,5 m2												
0,68	7,9	88,1	15,6	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	16,8	1,0

Anexo 6. Cálculo de balance de nutrientes.

PARÁMETROS	N	P	K	Ca	Mg	B*	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*
Nutrientes para el cultivo	Kg/tonelada					Kg/hectárea				
	3	2	7	2,5	8	50	50	25	100	100
Requerimiento del cultivo	Kg/tonelada					Kg/283,5 m²				
	22,1	14,7	51,5	18,4	14,7	1,4	1,4	0,7	2,8	2,8
Análisis del suelo kg/ha	24	278	608,4	3108	549,6	0	12	18	594	36
Análisis del suelo kg/invernadero	0,68	7,88	33,25	88,11	15,58	0	0,3	0,5	16,8	1,0
Balance de nutrientes	21,37	6,82	18,20	-69,74	-0,88	1,4	1,08	0,21	-14,0	1,81
Aporte con fertilización base	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eficiencia de los fertilizantes utilizados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balance de nutrientes disponibles	21,37	15,68	21,93	-69,74	-0,88	1,4	1,08	0,21	-14,0	1,81
Aporte mediante fertirriego	21,37	15,68	21,93	-	-	1,4	1,08	0,21	-	1,81

Anexo 7. Datos de campo usados en el cálculo de fertirrigación, Febrero 2009, La Argelia.

Parámetros		unidad
Longitud de cama	21	m
Ancho cama	0,9	m
Ancho camino	0,6	m
Espaciamiento entre goteros	0,15	m
Nº hileras por cama	2	
Nº goteros por cama	280	
Nº camas	15,0	
Total de plantas	1050	
Nº goteros unidad riego	4200	
Caudal del gotero	1,0	l/h
Caudal del sistema	4200	l/h
Volumen de inyección	96,0	l/h
Producción	7,0	Kg/planta
Rendimiento	7350,0	Kg
	7,35	Tn

Anexo 8. Concentración de fertilizantes en el agua de riego en la fase inicial.

Necesidades nutricionales: Fase inicial del cultivo					
	N: ppm	P: ppm	K: ppm	Ca: ppm	Mg: ppm
	100	100	100	120	150
Relación =	1	0,5	3.5	2,00	50,00

Anexo 9. Fertilizantes utilizados en la fertirrigación al inicio y al final de la investigación de campo.

FERTILIZANTE	FÓRMULA						
		N	P	K	Ca	Mg	Cu
Nitrato de Calcio	(NO ₃) ₂ Ca	15,5	0	0	26,6	0	0
Solucat inicio		10	10	40	0	0	0
Sulfato de magnesio	SO ₄ Mg	0	0	0	0	16	0
Hakaphos producción		7	12	40	2	0	0
Ultrasol		0	0	52	0	0	0

Anexo 10. Concentración de fertilizantes en el agua de riego en la fase final.

Necesidades nutricionales: Fase final del cultivo					
	N: ppm	P: ppm	k: ppm	Ca: ppm	Mg: ppm
	100	50	350	120	150
relación =	1	0,5	3.5	2,00	50,00

Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Marzo 2009, La Argelia.

FECHA	Etanq.		Eto		ETc mm/día	L1 1,40 ETc	L2 1,55 ETc	L3 1,70 ETc	Caudal del gotero l/h			Inten.Precipit.mm/h			Tiempo de riego min		
	mm	kp	mm/día	Kc					Q1	Q2	Q3	IP1	IP2	IP3	Tr1	Tr2	Tr3
25	1,0	1	1,0	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,82	0,78	0,78	7,13	6,78	6,78	4	5	6
26	1,0	1	1,0	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	4	5	6
27	1,0	1	1,0	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,84	0,78	0,78	7,30	6,78	6,78	4	5	6
28	0,9	1	0,9	0,40	0,36	0,50	0,56	0,61	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	3	4	5
29	0,8	1	0,8	0,40	0,32	0,45	0,50	0,54	0,84	0,84	0,78	7,30	7,30	6,78	3	4	5
30	1,0	1	1,0	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,78	0,78	0,72	6,78	6,78	6,26	4	5	6
31	1,0	1	1,0	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,84	0,72	0,72	7,30	6,26	6,26	4	5	6
	6,7	1,0	1,0	0,4	0,4	3,8	4,2	4,6	5,9	5,6	5,5	51,5	48,5	47,5	30,7	36,1	40,5
			PROMEDIO			0,54	0,59	0,65	0,85	0,80	0,78	7,35	6,93	6,78			

Anexo 12. Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Abril 2009, La Argelia.

FECHA	Etanq.		Eto		ETc mm/día	L1 1,40 ETc	L2 1,55 ETc	L3 1,70 ETc	Caudal del gotero l/h			Inten.Precipit.mm/h			Tiempo de riego min		
	mm	kp	mm/día	Kc					Q1	Q2	Q3	IP1	IP2	IP3	Tr1	Tr2	Tr3
1	1,00	1	1,00	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	4	5	6
2	1,00	1	1,00	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,90	0,90	0,84	7,83	7,83	7,30	4	5	6



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

				0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,90	0,84	0,90	7,83	7,30	7,83	4	5	5
4	1,00	1	1,00	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,90	0,90	0,84	7,83	7,83	7,30	4	5	6
5	1,00	1	1,00	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,96	0,84	0,78	8,35	7,30	6,78	4	5	6
6	1,00	1	1,00	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,96	0,90	0,84	8,35	7,83	7,30	4	5	6
7	0,90	1	0,90	0,40	0,36	0,50	0,56	0,61	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	4	5	5
8	0,50	1	0,50	0,40	0,20	0,28	0,31	0,34	0,96	0,90	0,84	8,35	7,83	7,30	2	2	3
9	1,20	1	1,20	0,40	0,48	0,67	0,74	0,82	1,02	0,90	0,90	8,87	7,83	7,83	5	6	6
10	0,80	1	0,80	0,40	0,32	0,45	0,50	0,54	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	4	4	4
11	1,00	1	1,00	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,96	0,90	0,84	8,35	7,83	7,30	4	5	6
12	1,00	1	1,00	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,54	0,60	0,69	4,70	5,22	6,00	7	7	7
13	2,00	1	2,00	0,40	0,80	1,12	1,24	1,36	0,50	0,60	0,65	4,35	5,22	5,65	15	14	14
14	0,50	1	0,50	0,40	0,20	0,28	0,31	0,34	0,60	0,54	0,65	5,22	4,70	5,65	3	4	4
15	1,00	1	1,00	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,60	0,69	0,72	5,22	6,00	6,26	6	6	7
16	1,20	1	1,20	0,40	0,48	0,67	0,74	0,82	0,60	0,96	0,90	5,22	8,35	7,83	8	5	6
17	1,10	1	1,10	0,40	0,44	0,62	0,68	0,75	1,02	0,90	0,90	8,87	7,83	7,83	4	5	6
18	1,00	1	1,00	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	1,08	0,96	0,90	9,39	8,35	7,83	4	4	5
19	1,00	1	1,00	0,40	0,40	0,56	0,62	0,68	0,84	0,78	0,72	7,30	6,78	6,26	5	5	7
20	1,50	1	1,50	0,80	1,20	1,68	1,86	2,04	0,60	0,54	0,60	5,22	4,70	5,22	19	24	23
21	1,00	1	1,00	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,84	0,72	0,72	7,30	6,26	6,26	9	12	13
22	1,00	1	1,00	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,72	0,72	0,72	6,26	6,26	6,26	11	12	13

				0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	8	10	10
24	1,10	1	1,10	0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	9	10	11
25	1,10	1	1,10	0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	9	10	11
26	1,50	1	1,50	0,80	1,20	1,68	1,86	2,04	1,02	0,90	0,90	8,87	7,83	7,83	11	14	16
27	1,00	1	1,00	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	1,08	1,02	1,02	9,39	8,87	8,87	7	8	9
28	1,20	1	1,20	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	1,02	0,96	0,90	8,87	8,35	7,83	9	11	13
29	1,00	1	1,00	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	1,08	1,02	0,90	9,39	8,87	7,83	7	8	10
30	1,20	1	1,20	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	1,08	1,02	0,96	9,39	8,87	8,35	9	10	12
31,8	1,0		1,06	0,55	0,59	24,9	27,5	30,2	26,3	25,2	24,9	228,7	219,4	216,1	204	233	255
			PROMEDIO			0,83	0,92	1,01	0,88	0,84	0,83	7,62	7,31	7,20			

Anexo 13. Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Mayo 2009, La Argelia.

FECHA	Etanq. mm	kp	Eto mm/día	Kc	ETc mm/día	Caudal del gotero						Inten.Precipit.mm/h			Tiempo de riego min		
						L1 1,40 ETc	L2 1,55 ETc	L3 1,70 ETc	l/h			IP1	IP2	IP3	Tr1	Tr2	Tr3
						Q1	Q2	Q3	IP1	IP2	IP3	Tr1	Tr2	Tr3			
1	1,00	1	1,00	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,60	0,54	0,48	5,22	4,70	4,17	13	16	20
2	0,70	1	0,70	0,80	0,56	0,78	0,87	0,95	0,60	0,60	0,66	5,22	5,22	5,74	9	10	10
3	0,70	1	0,70	0,80	0,56	0,78	0,87	0,95	0,54	0,66	0,60	4,70	5,74	5,22	10	9	11
4	1,20	1	1,20	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,54	0,78	0,84	4,70	6,78	7,30	17	13	13



Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

				0,80	1,60	2,24	2,48	2,72	0,60	0,66	0,78	5,22	5,74	6,78	26	26	24
6	2,00	1	2,00	0,80	1,60	2,24	2,48	2,72	0,60	0,66	0,78	5,22	5,74	6,78	26	26	24
7	1,50	1	1,50	0,80	1,20	1,68	1,86	2,04	0,6	0,78	0,66	5,22	6,78	5,74	19	16	21
8	1,50	1	1,50	0,80	1,20	1,68	1,86	2,04	0,66	0,75	0,66	5,74	6,52	5,74	18	17	21
9	1,50	1	1,50	0,80	1,20	1,68	1,86	2,04	0,60	0,78	0,78	5,22	6,78	6,78	19	16	18
10	1,00	1	1,00	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,6	0,54	0,84	5,22	4,70	7,30	13	16	11
11	1,10	1	1,10	0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,6	0,54	0,84	5,22	4,70	7,30	14	17	12
12	1,00	1	1,00	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,6	0,54	0,84	5,22	4,70	7,30	13	16	11
13	1,00	1	1,00	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,6	0,54	0,84	5,22	4,70	7,30	13	16	11
14	2,00	1	2,00	1,20	2,40	3,36	3,72	4,08	0,60	0,60	0,60	5,22	5,22	5,22	39	43	47
15	1,50	1	1,50	1,20	1,80	2,52	2,79	3,06	0,60	0,72	0,60	5,22	6,26	5,22	29	27	35
16	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,60	0,75	0,60	5,22	6,52	5,22	19	17	23
17	1,20	1	1,20	1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	0,60	0,66	0,60	5,22	5,74	5,22	23	23	28
18	1,00	1	1,00	2,20	2,20	3,08	3,41	3,74	0,60	0,66	0,60	5,22	5,74	5,22	35	36	43
19	1,50	1	1,50	1,20	1,80	2,52	2,79	3,06	0,60	0,72	0,60	5,22	6,26	5,22	29	27	35
20	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,60	0,60	0,60	5,22	5,22	5,22	19	21	23
21	0,90	1	0,90	1,20	1,08	1,51	1,67	1,84	0,60	0,60	0,60	5,22	5,22	5,22	17	19	21
22	1,30	1	1,30	1,20	1,56	2,18	2,42	2,65	0,78	0,72	0,72	6,78	6,26	6,26	19	23	25
23	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,60	0,60	0,60	5,22	5,22	5,22	19	21	23
24	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,78	0,72	0,72	6,78	6,26	6,26	15	18	20

				1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,72	0,66	0,72	6,26	5,74	6,26	16	19	20
26	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,84	0,78	0,72	7,30	6,78	6,26	14	16	20
27	1,50	1	1,50	1,20	1,80	2,52	2,79	3,06	0,78	0,84	0,72	6,78	7,30	6,26	22	23	29
28	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,78	0,72	0,72	6,78	6,26	6,26	15	18	20
29	1,40	1	1,40	1,20	1,68	2,35	2,60	2,86	0,78	0,72	0,72	6,78	6,26	6,26	21	25	27
30	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,78	0,72	0,72	6,78	6,26	6,26	15	18	20
31	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,84	0,78	0,72	7,30	6,78	6,26	14	16	20
	37,5	1,0	1,2	1,1	1,3	55,3	61,3	67,2	20,2	20,9	21,5	175,8	182,1	186,8	591	626	688
			PROMEDIO			1,78	1,98	2,17	0,65	0,68	0,69	5,67	5,87	6,03			

Anexo 14. Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Junio 2009, La Argelia.

FECHA	Etanq.		Eto		Etc	L1	L2	L3	Caudal del gotero l/h			Inten.Precipit.mm/h			Tiempo de riego min		
	mm	kp	mm/día	Kc	mm/día	1,40 Etc	1,55 Etc	1,70 Etc	Q1	Q2	Q3	IP1	IP2	IP3	Tr1	Tr2	Tr3
1	1,50	1	1,50	1,20	1,80	2,52	2,79	3,06	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	21	23	25
2	1,30	1	1,30	1,20	1,56	2,18	2,42	2,65	0,81	0,75	0,75	7,04	6,52	6,52	19	22	24
3	1,50	1	1,50	1,20	1,80	2,52	2,79	3,06	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	21	23	25
4	1,30	1	1,30	1,20	1,56	2,18	2,42	2,65	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	16	19	20
5	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,78	0,84	0,78	6,78	7,30	6,78	15	15	18



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

				1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,87	0,96	0,90	7,57	8,35	7,83	13	13	16
7	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,84	0,90	0,90	7,30	7,83	7,83	14	14	16
8	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,78	0,96	0,84	6,78	8,35	7,30	15	13	17
9	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,90	0,90	0,84	7,83	7,83	7,30	13	14	17
10	1,10	1	1,10	1,20	1,32	1,85	2,05	2,24	0,96	0,90	0,84	8,35	7,83	7,30	13	16	18
11	1,20	1	1,20	1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	0,90	0,84	0,90	7,83	7,30	7,83	15	18	19
12	1,10	1	1,10	1,20	1,32	1,85	2,05	2,24	0,78	0,72	0,78	6,78	6,26	6,78	16	20	20
13	1,10	1	1,10	1,20	1,32	1,85	2,05	2,24	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	13	16	17
14	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,84	0,78	0,72	7,30	6,78	6,26	14	16	20
15	1,20	1	1,20	1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	0,80	0,90	0,84	6,96	7,83	7,30	17	17	20
16	1,20	1	1,20	1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	17	18	20
17	1,10	1	1,10	1,20	1,32	1,85	2,05	2,24	0,90	0,90	0,90	7,83	7,83	7,83	14	16	17
18	1,30	1	1,30	1,20	1,56	2,18	2,42	2,65	0,90	0,96	0,96	7,83	8,35	8,35	17	17	19
19	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,78	0,72	0,72	6,78	6,26	6,26	15	18	20
20	1,10	1	1,10	1,20	1,32	1,85	2,05	2,24	0,84	0,72	0,72	7,30	6,26	6,26	15	20	22
21	1,10	1	1,10	1,20	1,32	1,85	2,05	2,24	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	13	16	17
22	1,20	1	1,20	1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	0,78	0,72	0,72	6,78	6,26	6,26	18	21	23
23	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,84	0,78	0,78	7,30	6,78	6,78	14	16	18
24	1,20	1	1,20	1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	0,72	0,72	0,72	6,26	6,26	6,26	19	21	23
25	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,84	0,84	0,78	7,30	7,30	6,78	14	15	18

				1,20	1,32	1,85	2,05	2,24	0,84	0,84	0,78	7,30	7,30	6,78	15	17	20
27	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,84	0,84	0,78	7,30	7,30	6,78	14	15	18
28	1,10	1	1,10	1,20	1,32	1,85	2,05	2,24	0,84	0,84	0,78	7,30	7,30	6,78	15	17	20
29	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	13	15	17
30	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	13	15	17
	33,7	1,0	1,1	1,2	1,3	56,6	62,7	68,7	25,6	25,2	24,6	222,4	219,4	214,2	460	519	581
			PROMEDIO			1,89	2,09	2,29	0,85	0,84	0,82	7,41	7,31	7,14			

Anexo 15. Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Julio 2009, La Argelia.

FECHA	Etanq.	kp	Eto	Kc	ETc	L1	L2	L3	Caudal del gotero l/h			Inten.Precipit.mm/h			Tiempo de riego min		
	mm		mm/día		mm/día	1,40 ETc	1,55 ETc	1,70 ETc	Q1	Q2	Q3	IP1	IP2	IP3	Tr1	Tr2	Tr3
1	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	1,08	0,96	0,90	9,39	8,35	7,83	11	13	16
2	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	1,02	0,90	0,90	8,87	7,83	7,83	11	14	16
3	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	14	15	17
4	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,96	0,90	0,84	8,35	7,83	7,30	12	14	17
5	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	1,02	0,96	0,90	8,87	8,35	7,83	11	13	16
6	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,72	0,72	0,72	6,26	6,26	6,26	16	18	20
7	1,20	1	1,20	1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	17	18	20



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

				1,20	1,32	1,85	2,05	2,24	1,02	0,96	0,84	8,87	8,35	7,30	13	15	18
9	1,30	1	1,30	1,20	1,56	2,18	2,42	2,65	1,08	1,02	0,96	9,39	8,87	8,35	14	16	19
10	1,50	1	1,50	1,20	1,80	2,52	2,79	3,06	0,90	0,90	0,78	7,83	7,83	6,78	19	21	27
11	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,78	0,78	0,78	6,78	6,78	6,78	15	16	18
12	1,20	1	1,20	1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	0,9	0,90	0,78	7,83	7,83	6,78	15	17	22
13	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,78	0,78	0,78	6,78	6,78	6,78	15	16	18
14	1,10	1	1,10	1,20	1,32	1,85	2,05	2,24	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	13	16	17
15	1,20	1	1,20	1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	1,02	0,96	0,96	8,87	8,35	8,35	14	16	18
16	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	1,08	1,02	1,02	9,39	8,87	8,87	11	13	14
17	1,20	1	1,20	1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	1,08	0,96	0,96	9,39	8,35	8,35	13	16	18
18	1,50	1	1,50	1,20	1,80	2,52	2,79	3,06	0,96	0,96	0,96	8,35	8,35	8,35	18	20	22
19	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,78	0,78	0,78	6,78	6,78	6,78	15	16	18
20	1,20	1	1,20	1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	0,84	0,78	0,78	7,30	6,78	6,78	17	20	22
21	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,90	0,84	0,78	7,83	7,30	6,78	13	15	18
22	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,78	0,78	0,78	6,78	6,78	6,78	15	16	18
23	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,84	0,78	0,84	7,30	6,78	7,30	14	16	17
24	1,10	1	1,10	1,20	1,32	1,85	2,05	2,24	0,90	0,78	0,78	7,83	6,78	6,78	14	18	20
25	1,20	1	1,20	1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	17	18	20
26	1,10	1	1,10	1,20	1,32	1,85	2,05	2,24	0,96	0,84	0,78	8,35	7,30	6,78	13	17	20
27	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	12	14	16

			1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	15	18	20	
29	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	12	14	16
30	1,20	1	1,20	1,20	1,44	2,02	2,23	2,45	0,84	0,84	0,78	7,30	7,30	6,78	17	18	22
31	1,00	1	1,00	1,20	1,20	1,68	1,86	2,04	0,90	0,90	0,90	7,83	7,83	7,83	13	14	16
	34,3	1,0	1,1	1,2	1,3	57,6	63,8	70,0	28,4	27,1	26,3	247,3	235,3	229,0	438	507	572
	PROMEDIO					1,86	2,06	2,26	0,92	0,87	0,85	7,98	7,59	7,39			

Anexo 16. Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Agosto 2009, La Argelia.

FECHA	Etanq.	kp	Eto	Kc	ETc	L1	L2	L3	Caudal del gotero l/h			Inten.Precipit.mm/h			Tiempo de riego min		
	mm		mm/día		mm/día	1,40 ETc	1,55 ETc	1,70 ETc	Q1	Q2	Q3	IP1	IP2	IP3	Tr1	Tr2	Tr3
1	1,0	1	1,0	0,80	0,8	1,12	1,24	1,36	0,84	0,78	0,78	7,30	6,78	6,78	9	11	12
2	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,78	0,78	0,78	6,78	6,78	6,78	12	13	14
3	1,1	1	1,1	0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,78	0,78	0,78	6,78	6,78	6,78	11	12	13
4	1,5	1	1,5	0,80	1,2	1,68	1,86	2,04	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	13	15	17
5	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,90	0,90	0,90	7,83	7,83	7,83	10	11	13
6	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	10	12	13
7	1,1	1	1,1	0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,90	0,84	0,90	7,83	7,30	7,83	9	11	12
8	1,0	1	1,0	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,90	0,90	0,90	7,83	7,83	7,83	9	10	11



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

				0,80	1,20	1,68	1,86	2,04	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	12	14	16
10	1,0	1	1,0	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,96	0,84	0,84	8,35	7,30	7,30	8	10	11
11	1,3	1	1,3	0,80	1,04	1,46	1,61	1,77	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	12	13	15
12	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	11	12	13
13	0,00	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	11	12	13
15	1,3	1	1,3	0,80	1,04	1,46	1,61	1,77	0,90	0,84	0,80	7,83	7,30	6,96	11	13	15
16	1,4	1	1,4	0,80	1,12	1,57	1,74	1,90	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	11	13	14
17	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,90	0,90	0,90	7,83	7,83	7,83	10	11	13
18	1,0	1	1,0	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	9	10	11
19	1,1	1	1,1	0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	10	11	12
20	1,0	1	1,0	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,90	0,90	0,90	7,83	7,83	7,83	9	10	11
21	1,0	1	1,0	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,90	0,84	0,78	7,83	7,30	6,78	9	10	12
22	0,00	0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	1,0	1	1,0	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,96	0,96	0,90	8,35	8,35	7,83	8	9	10
24	1,1	1	1,1	0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,84	0,78	0,78	7,30	6,78	6,78	10	12	13
25	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,84	0,78	0,78	7,30	6,78	6,78	11	13	14
26	1,0	1	1,0	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,90	0,90	0,90	7,83	7,83	7,83	9	10	11
27	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	10	12	13

				0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	9	10	11
29	1,0	1	1,0	0,80	0,80	1,12	1,24	1,36	0,96	0,96	0,96	8,35	8,35	8,35	8	9	10
30	1,0	1	1,0	0,80	0,8	1,12	1,24	1,36	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	9	10	11
31	1,1	1	1,1	0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	10	11	12
	33,2	1,0	1,1	0,80	0,92	37,2	41,2	45,2	25,7	24,8	24,0	223,3	215,5	208,4	291	334	367
				PROMEDIO			1,28	1,33	1,46	0,83	0,80	0,77	7,20	6,95	6,72		

Anexo 17. Registro de campo para el cálculo del tiempo de riego en el invernadero, Septiembre 2009, La Argelia.

FECHA	Etanq.	kp	Eto	Kc	ETc	L1	L2	L3	Caudal del gotero l/h			Inten.Precipit.mm/h			Tiempo de riego min		
	mm		mm/día		mm/día	1,40 ETc	1,55 ETc	1,70 ETc	Q1	Q2	Q3	IP1	IP2	IP3	Tr1	Tr2	Tr3
1	1,0	1	1,0	0,80	0,8	1,12	1,24	1,36	0,90	0,90	0,84	7,83	7,83	7,30	9	10	11
2	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,84	0,90	0,84	7,30	7,83	7,30	11	11	13
3	1,1	1	1,1	0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,78	0,78	0,78	6,78	6,78	6,78	11	12	13
4	1,0	1	1,0	0,80	0,8	1,12	1,24	1,36	0,90	0,90	0,90	7,83	7,83	7,83	9	10	10
5	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	10	11	13
6	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,90	0,90	0,90	7,83	7,83	7,83	10	11	13
7	1,3	1	1,3	0,80	1,04	1,46	1,61	1,77	1,02	0,96	0,96	8,87	8,35	8,35	10	12	13
8	1,5	1	1,5	0,80	1,2	1,68	1,86	2,04	0,96	0,96	0,96	8,35	8,35	8,35	12	13	15



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

				0,80	1,2	1,68	1,86	2,04	0,84	0,78	0,78	7,30	6,78	6,78	14	16	18
10	1,0	1	1,0	0,80	0,8	1,12	1,24	1,36	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	9	10	11
11	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,90	0,90	0,90	7,83	7,83	7,83	10	11	13
12	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	11	12	13
13	1,3	1	1,3	0,80	1,04	1,46	1,61	1,77	0,78	0,78	0,78	6,78	6,78	6,78	13	14	16
14	1,3	1	1,3	0,80	1,04	1,46	1,61	1,77	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	11	13	15
15	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,90	0,84	0,90	7,83	7,30	7,83	10	12	13
16	1,1	1	1,1	0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,90	0,90	0,90	7,83	7,83	7,83	9	10	11
17	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	1,5	1	1,5	0,80	1,2	1,68	1,86	2,04	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	13	15	16
20	1,1	1	1,1	0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	10	11	12
21	1,0	1	1,0	0,80	0,8	1,12	1,24	1,36	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	9	10	11
22	1,1	1	1,1	0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	9	10	11
23	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,96	0,90	0,90	8,35	7,83	7,83	10	11	13
24	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	1,4	1	1,4	0,80	1,12	1,57	1,74	1,90	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	12	14	16
26	1,1	1	1,1	0,80	0,88	1,23	1,36	1,50	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	10	11	12
27	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,90	0,90	0,90	7,83	7,83	7,83	10	11	13



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

				0,80	0,8	1,12	1,24	1,36	0,90	0,84	0,84	7,83	7,30	7,30	9	10	11
29	1,0	1	1,0	0,80	0,8	1,12	1,24	1,36	0,90	0,90	0,90	7,83	7,83	7,83	8	9	10
30	1,2	1	1,2	0,80	0,96	1,34	1,49	1,63	0,84	0,84	0,84	7,30	7,30	7,30	11	12	13
	32,1	1,0	1,1	0,7	0,9	36,0	39,8	43,7	24,1	23,4	23,3	209,2	203,5	203,0	279	318	350
			PROMEDIO			1,20	1,33	1,46	0,80	0,78	0,78	7,0	6,8	6,8			

Anexo 18. Contenido de humedad por tratamiento (% θ_v) antes del riego, Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

	Contenido de humedad θ_v por tratamiento antes del riego											
	Lámina 1 = 1,40 ETc				Lámina 2 = 1,55 ETc				Lámina 3 = 1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Marzo	26,4	24,7	20,9	19,5	28,9	27,9	24,1	22,4	30,9	30,1	26,8	24,6
Abril	27,5	27,0	20,7	15,2	32,8	31,5	27,0	21,3	35,5	34,5	32,8	28,8
Mayo	30,0	27,7	18,9	15,7	33,7	29,9	21,9	19,9	35,4	32,9	27,0	25,3
Junio	30,5	31,3	26,3	24,5	33,9	33,9	28,1	27,4	37,2	37,4	30,3	29,6
Julio	36,3	35,4	30,7	28,3	41,6	39,1	33,5	32,5	46,0	44,7	37,9	35,2
Agosto	27,7	24,7	22,6	20,2	33,2	27,7	24,7	23,5	38,7	32,2	28,2	26,8
Septiembre	27,2	26,3	22,7	20,7	31,3	30,5	25,6	23,7	34,0	32,8	28,9	27,0
Promedio	29,4	28,2	23,3	20,6	33,6	31,5	26,4	24,4	36,8	34,9	30,3	28,2

Anexo 19. Contenido de humedad por tratamiento después del riego (% θ_v), Marzo - Septiembre 2009, La Argelia.

	Contenido de humedad θ_v por tratamiento después del riego											
	Lámina 1 = 1,40 ETc				Lámina 2 = 1,55 ETc				Lámina 3 = 1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Marzo	36,5	35,1	32,3	31,0	39,2	37,1	33,9	33,2	41,4	39,4	35,7	35,7
Abril	39,0	39,5	36,5	34,7	42,0	42,2	39,2	37,1	44,1	44,4	41,9	40,1
Mayo	43,7	40,4	34,5	30,0	47,4	43,9	38,2	35,0	50,0	46,5	42,0	38,6
Junio	41,8	41,6	37,9	33,2	45,6	45,3	40,9	36,9	50,1	49,7	44,7	39,9
Julio	48,7	44,8	43,3	40,5	51,0	48,8	46,0	42,9	53,5	51,6	48,0	45,8
Agosto	46,0	44,0	40,6	36,9	47,9	47,7	43,8	39,9	51,5	51,1	46,4	43,9
Septiembre	44,1	43,2	39,3	38,4	46,2	46,3	42,9	44,2	48,8	49,4	46,3	46,6
Promedio	42,8	41,2	37,8	35,0	45,6	44,5	40,7	38,5	48,5	47,4	43,6	41,5

Anexo 20. Promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en el invernadero y en la estación Metereológica, Abril 2009, La Argelia

	Temperatura °C			Humedad Relativa %		Velocidad del viento
	Invernadero	Estación	Δ	Invernadero	Estación	Estación
	Metereológica			Metereológica		Metereológica
07h00	16,84	13,71	3,13	88,32	86,23	1,17
13h00	26,65	20,05	6,60	56,90	55,40	2,70
18h00	19,15	15,93	3,22	78,25	77,00	2,00

Anexo 21. Promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en el invernadero y en la estación Metereológica, Mayo 2009, La Argelia

	Temperatura °C			Humedad Relativa %		Velocidad del viento
	Invernadero	Estación	Δ	Invernadero	Estación	Estación
	Metereológica			Metereológica		Metereológica
07h00	15,84	13,00	2,8	85,48	88,16	1,32
00			4			
13h00	27,61	20,30	7,3	47,94	54,19	2,26
00			2			
18h00	21,06	15,84	5,2	35,16	74,19	0,77

0	3
---	---

Anexo 22. Promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en el invernadero y en la estación Metereológica, Junio 2009, La Argelia

	Temperatura °C			Humedad Relativa %		Velocidad del viento
	Invernadero	Estación	Δ	Invernadero	Estación	Estación
		Metereológica			Metereológica	Metereológica
07h00	15,63	13,34	2,29	93,90	81,20	4,13
13h00	24,70	18,36	6,34	63,47	57,63	3,23
18h00	19,40	15,33	4,07	70,73	73,83	2,40

Anexo 23. Promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en el invernadero y en la estación metereológica, Julio 2009, La Argelia

	Temperatura °C			Humedad Relativa %		Velocidad del viento
	Invernadero	Estación	Δ	Invernadero	Estación	Estación
		Metereológica			Metereológica	Metereológica
07h0	16,10	12,96	3,1	90,00	81,03	3,61

0			4			
13h0	25,90	17,48	8,4	54,97	61,13	4,55
0			3			
18h0	17,81	14,59	3,2	80,19	76,45	2,87
0			1			

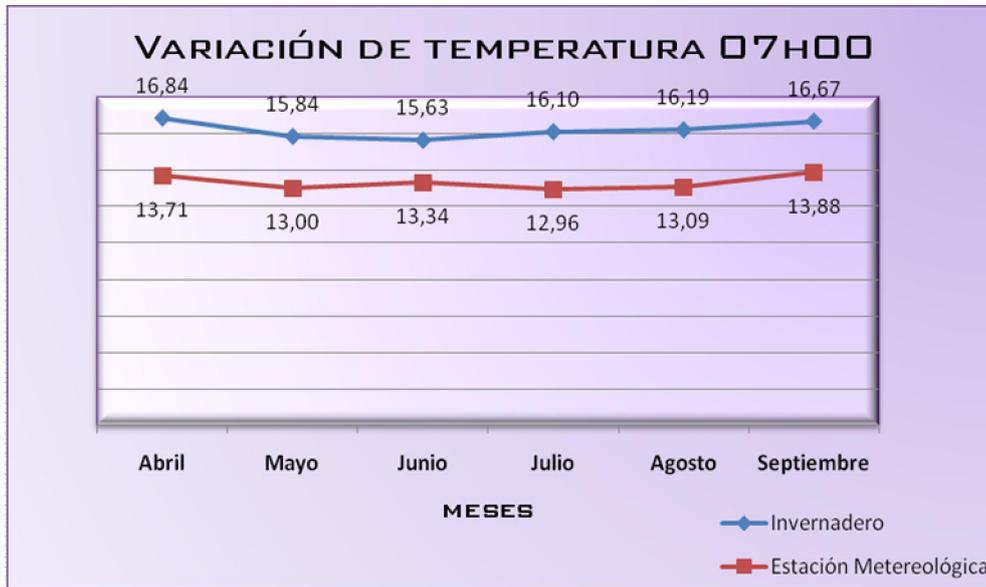
Anexo 24. Promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en el invernadero y en la estación metereológica, Agosto 2009, La Argelia

	Temperatura °C			Humedad Relativa %		Velocidad del viento
	Invernadero	Estación Metereológica	Δ	Invernadero	Estación Metereológica	Estación Metereológica
07h0	16,19	13,09	3,1	90,45	85,23	2,55
0			0			
13h0	25,13	18,59	6,5	57,74	63,39	4,10
0			4			
18h0	18,81	15,74	3,0	78,74	75,71	2,23
0			6			

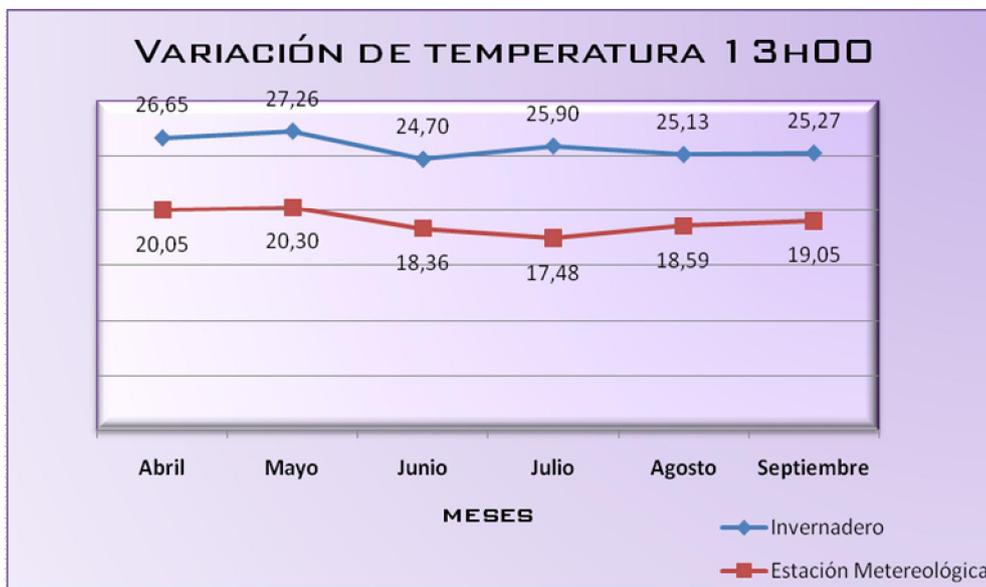
Anexo 25. Promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en el invernadero y en la estación Metereológica, Septiembre 2009, La Argelia

	Temperatura °C			Humedad Relativa %		Velocidad del viento
	Invernadero	Estación Metereológica	Δ	Invernadero	Estación Metereológica	Estación Metereológica
07h00	16,67	13,88	2,7	89,37	85,03	4,33
0			8			
13h00	25,27	19,05	6,2	59,60	62,57	4,60
0			1			
18h00	18,60	15,94	2,6	80,80	77,93	3,17
0			6			

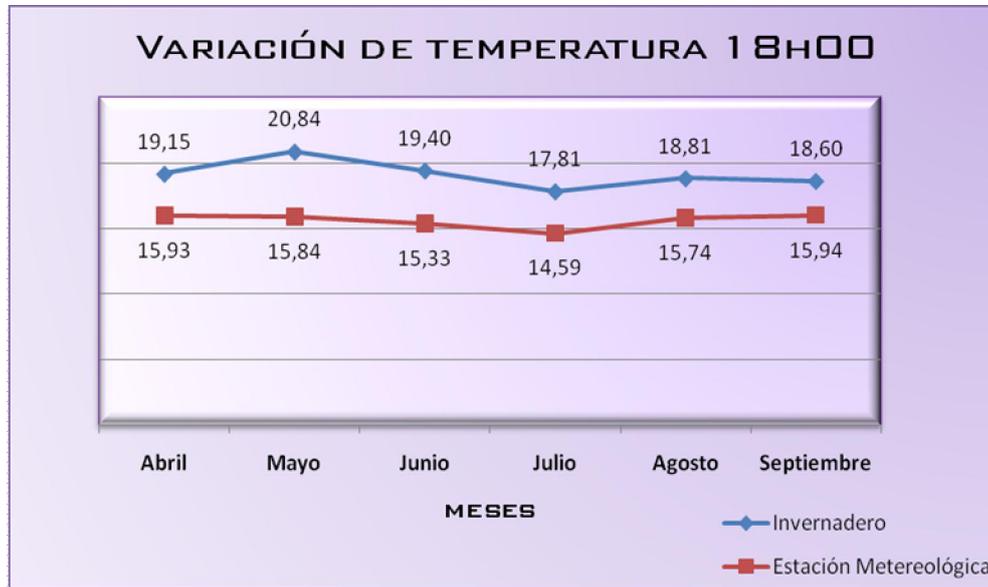
Anexo 26. Gráfico de variación de temperatura (°C) en el invernadero y estación metereológica, 07h00, Abril – Septiembre 2009, La Argelia.



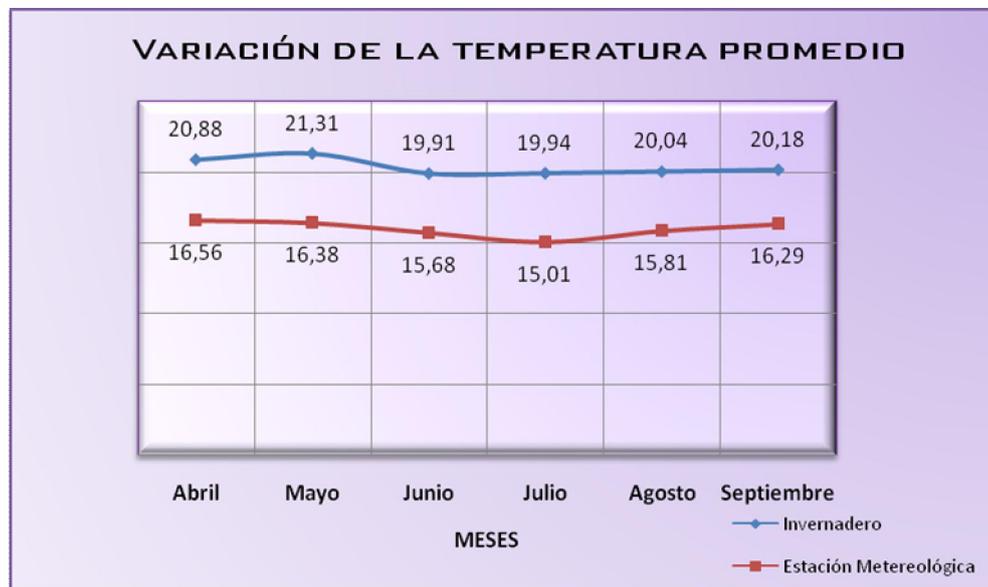
Anexo 27. Gráfico de variación de temperatura (°C) en el invernadero y estación meteorológica, 13h00, Abril – Septiembre 2009, La Argelia.



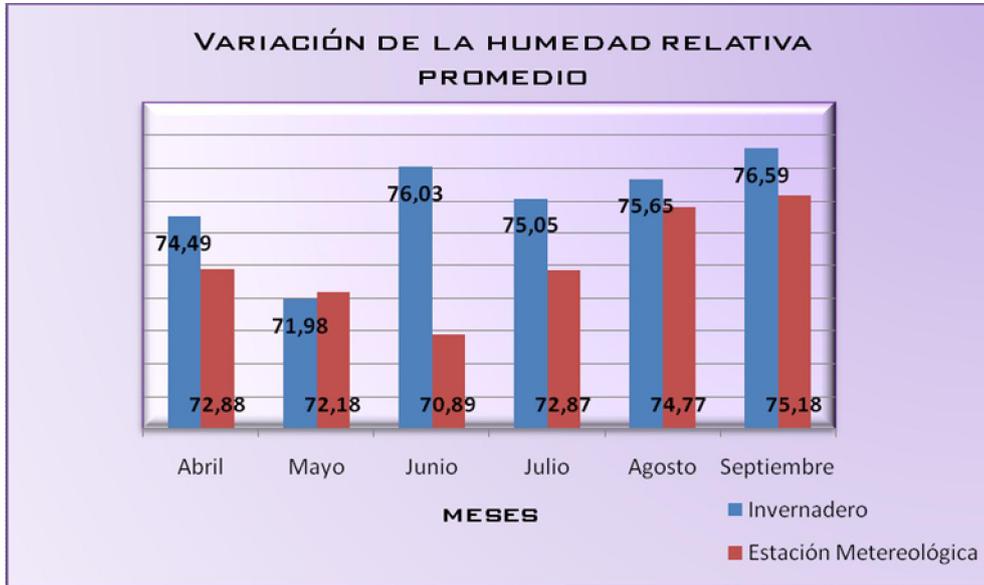
Anexo 28. Gráfico de variación de temperatura (°C) en el invernadero y estación meteorológica, 18h00, Abril – Septiembre 2009, La Argelia.



Anexo 29. Gráfico de variación de temperatura (°C) en el invernadero y estación metereológica, Abril – Septiembre 2009, La Argelia.



Anexo 30. Gráfico de variación de humedad relativa (%) en el invernadero y estación metereológica, Abril – Septiembre 2009, La Argelia.



del tomate de mesa, Junio – Septiembre 2009, La Argelia.

Fecha	Caja 1era	Precio	Subtotal A	Caja 2da	Preci o	Subtotal B	Caja 3era	Preci o	Subtotal C	Caja 4ta	Preci o	Subtotal D	Total A+B+C+D
	unidad	\$	\$	unidad	\$	\$	unidad	\$	\$	unidad	\$	\$	\$
09 - 06 - 009	2	9	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,00
16 - 06 - 009	6	8	48	2	6	12	1	5	5	0	0	0	65,00
24 - 06 - 009	8	8	64	5	6	30	2	5	10	0	0	0	104,00
01 - 07 - 009	10	8	80	4	6	24	1	5	5	0	0	0	109,00
08 - 07 - 009	12	8	96	9	6	54	4	5	20	0	0	0	170,00
15 - 07 - 009	7	9	63	5	7	35	2	5	10	0	0	0	108,00
22 - 07 - 009	9	9	81	8	7	56	3	5	15	2	0	0	152,00
29 - 07 - 009	2	6	12	5	4	20	5	2	10	3	0	0	42,00
05 - 08 - 009	2	6	12	3,5	4	14	3	2	6	2	0	0	32,00
12 - 08 - 009	2	6	12	6	4	24	4	2	8	2	0	0	44,00
19 - 08 - 009	1,5	6	9	7,5	4	30	7	2	14	2	0	0	53,00
26 - 08 - 009	3	10	30	5	8	40	6	6	36	2	0	0	106,00
02 - 09 - 009	1	9	9	5	7	35	4	5	20	1	0	0	64,00
09 - 09 - 009	0	0	0	4	7	28	3	5	15	2	2	4	47,00
16 - 09 - 009	0	7	0	3	7	21	2	5	10	1	0	0	31,00
23 - 09 - 009	0	10	0	3	7	21	3	5	15	2	2	4	40,00
30 - 09 - 009	0	8	0	2	6	12	5	4	20	3	2	6	38,00
Subtotal	65,5		534,00	77		456,00	55		219,00	22		14,00	1223,00
Total	Cajas	219,5	Valor \$	1223,00	Kg	3994,9	Lb	8780					

Anexo 32. Precio promedio del tomate de mesa, Junio –Septiembre 2009, La Argelia.

Clasificación	Precio por caja	Precio por Kg.
Primera	7,94	0,44
Segunda	5,65	0,31
Tercera	4,00	0,22
Cuarta	2,00	0,11
TOTAL	4,90	0,27

Anexo 33. Costos de producción para el tomate de mesa, Febrero – Septiembre 2009, La Argelia.

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total	Vida útil	Depreciación
1. DEPRECIACIÓN						
1.1 Instalación del invernadero						
Infraestructura metálica	m2	1047	7,59	7943,16	15	529,54
Plastico	m2	1047	1,43	1498,86	4	374,72
Sistema de riego	m2	1047	0,44	457,00	5	91,40
1.2 Herramientas						
Bomba de fumigación	u	1	370,00	370,00	10	37,00
Lampa	u	1	6,00	6,00	3	2,00
Rastrillo	u	1	5,00	5,00	3	1,67
DEPRECIACIÓN PARA 1049 m²						1036,33
DEPRECIACIÓN PARA 543 m²						536,44
SUBTOTAL A						536,44

2. PREPARACIÓN DEL SUELO

Roturación	Hora	2	10,00	20,00
Bocashi	Sacos	112,5	0,50	56,25
SUBTOTAL B				76,25

3. ANÁLISIS DEL SUELO

Análisis químico antes del ensayo	análisis	2	26,07	52,14
SUBTOTAL C				52,14

4. SEMILLERO

Sem. Tomate Riñon Dominique 3G	sobres	2	66,30	132,60
SUBTOTAL D				132,60

5. CONTROLES FITOSANITARIOS

Lorsban x 250 ml	frasco	1,25	4,75	5,94
Ridomil Gold x 500 gr	funda	0,50	13,00	6,50
Pilarben x 100 gr	funda	1,40	5,50	7,70
Milor x 250 gr	funda	1	5,00	5,00
Novak x 200 gr	funda	0,50	6,50	3,25
Azufre micronizado	funda	1	1,70	0,85
Topas x 100 ml	frasco	1,25	6,70	8,38
Rally 40 PM x 40 gr	funda	2	8,00	16,00
New Mectin x 100 ml	frasco	2,5	10,00	25,00
Evisects x 100 gr	funda	1	6,00	6,00
SUBTOTAL E				84,61

6. FERTILIZACIÓN

Fertifol x	funda	0,3	5,00	1,50
Solucat inicio x 1000 gr	funda	1	5,20	5,20
Codafol x lt	frasco	1	11,00	11,00
Codafol x lt	frasco	1	9,50	9,50
Wuxal Calcio x	frasco	2	6,50	13,00

Codahumus x lt	frasco	3,5	6,25	21,88
Hakaphos Base x 25 Kg	saco	1	94,00	94,00
Codastress x lt	frasco	0,5	10,80	5,40
Sulfato de Magnesio x 50Kg	saco	5	15,50	77,50
Fernical x 25Kg	saco	25	1,33	33,25
SUBTOTAL F				272,23
7. COSECHA				
Transporte	fletes	10	5,00	50,00
SUBTOTAL G				50,00
8. MANO DE OBRA				
Preparación del suelo	jornal	1	8,00	8,00
Aplicación del abono orgánico	jornal	2	8,00	16,00
Mantenimiento del cultivo	meses	8	150,00	1200
SUBTOTAL H				1224,00
SUBTOTAL B+C+D+E+F+G+H	\$			1891,83
SUBTOTAL DEPRECIACIÓN	\$			536,44
TOTAL COSTOS DIRECTOS	\$			2428,27
Interés de capital 12%	\$	291,39	24,28	194,26
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS	\$	194,26		
TOTAL	\$	2622,53		
Costo Cama	\$	174,84		
Costo caja	\$	6,24		

Anexo 34. Registro de fumigaciones en el cultivo de tomate de mesa, 02 de Marzo -12 de Julio 2009, La Argelia.

Semana	Kc	Producto	Control	Dosis	Cantidad
02 de Marzo		Lorsban	Desinfección	1 ml/lt	20 lt
13 de Marzo		Ridomil	Lancha	7,5 ml/lt	20 lt
13 de Marzo		Pilarben	Oidium	0,75 ml/lt	20 lt
19 de Marzo		Leche	Stress	2 ml/lt	20 lt
19 de Marzo		Azúcar	Stress	2 ml/lt	20 lt
24 de Marzo		Kañon	Minador	0,75 ml/lt	20 lt
26 de Marzo	0,4	Fertifol	F. foliar	1 ml/lt	20 lt
31 de Marzo		New Mectin	Minador	0,75 ml/lt	40 lt
06 de Abril		Applaud A	Mosca Blanca	1 ml/lt	20 lt
11 de Abril		Leche	Stress	2 ml/lt	20 lt
15 de Abril		Fertifol	F. foliar	1 ml/lt	20 lt
15 de Abril		New Mectin	Minador	2 ml/lt	40 lt
18 de Abril		New Mectin	Minador	2 ml/lt	40 lt
21 de Abril		Milor	Lancha	2 ml/lt	60 lt
23 de Abril		New Mectin	Minador	2 ml/lt	60 lt
30 de Abril	0,8	Ridomil	Lancha	2 ml/lt	60 lt
05 de Mayo		New Mectin	Minador	0,67 ml/lt	90 lt
05 de Mayo		Evisects	Mosca Blanca	0,5 ml/lt	90 lt
18 de Mayo	1,2	Novak	Lancha	1,67 ml/lt	120 lt

27 de Mayo	Pilarben	Oidium	0,3 ml/lt	100 lt
27 de Mayo	Milor	Lancha	1,5 ml/lt	100 lt
03 de Junio	Topas	Oidium	0,83 ml/lt	120 lt
03 de Junio	Azufre	Oidium	0,1 ml/lt	120 lt
	micronizado			
12 de Junio	Rally 40 PM	Oidium	0,33 ml/lt	120 lt
19 de Junio	Evisects	Mosca Blanca	0,55 ml/lt	100 lt
19 de Junio	New Mectin	Minador	0,5 ml/lt	120 lt
03 de Julio	Novak	Lancha	1,25 ml/lt	120 lt
06 de Julio	Applaud A	Mosca Blanca	0,75 ml/lt	200 lt
06 de Julio	Evisects	Mosca Blanca	0,5 ml/lt	200 lt
10 de Julio	Rally 40 PM	Oidium	0,4 ml/lt	100 lt

Desde 11 de

Julio hasta 31

de Julio

Desde 01 de

Agosto hasta el

0,8

30 de

Septiembre

Control Biológico

... y espacios diseñados para el día de campo,
Julio 2009, La Argelia.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“Dormía y soñé que la vida era bella; desperté y advertí entonces que
ella es deber” Emmanuel Kant**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

Proyecto de Tesis:

RESPUESTA DEL TOMATE DE MESA (*Solanum lycopersicum* L) BAJO
INVERNADERO AL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL
SUELO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ARENA SILÍCEA Y LAMINAS DE
RIEGO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL LA ARGELIA

Director:

Ing. Miguel Villamagua

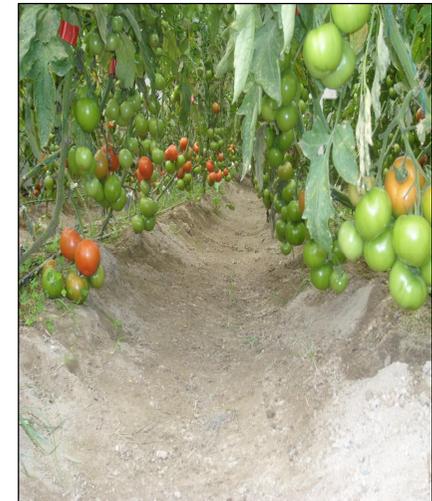
Asesor:

Ing. Francisco Guamán

Tesistas:

Emilia E. Bravo Escudero

Juan F. Rosillo Guarnizo



Los suelos del sector Los Molinos de la Quinta experimental La Argelia, al igual que la mayoría de los suelos de la provincia y de la hoya de Loja, son ácidos (pH 4,5), con bajos contenidos de fósforo y materia orgánica; de textura arcillosa y franco arcillosa y de baja capacidad de aireación en un rango del 9 al 12% (BUSTOS P; CARTUCHE C. 2003), lo cual limita el intercambio de O₂ y CO₂ a nivel de la zona radicular; lo que determina una baja producción y productividad de los cultivos.

En lo que se refiere a las propiedades físico-químicas de los suelos de la zona, una investigación realizada por Valarezo et al (1998), ha evidenciado que existen algunas limitaciones en el suelo que impiden el normal crecimiento de las plantas; las que desde el punto de vista químico son, la fuerte acidez, y la baja disponibilidad de N y P; y desde el punto de vista físico son, la baja capacidad de aireación (que según Ortega, M; Chapa, C. 2006 es de 9,2 %.), producto del bajo contenido de materia orgánica y de la textura arcillosa a franco arcillosa que no proporciona un volumen de poros suficiente para que exista un adecuado intercambio de CO₂ y O₂ a nivel de la zona radicular.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar una tecnología para mejorar las condiciones físicas de los suelos, mediante la aplicación de diferentes dosis de arena silíceas (15%, 20%, 25%), y un manejo adecuado del agua de riego en el cultivo de tomate riñón bajo invernadero a fin de incrementar el rendimiento.

2.2 Objetivo Específico

- Evaluar las propiedades físicas del suelo mediante la aplicación de diferentes dosis de arena silícea, (15%, 20%, 25%).
- Determinar la lámina óptima de agua de riego a través del tanque evaporímetro en el cultivo de tomate de mesa.
- Determinar la rentabilidad económica de los tratamientos.
- Difundir los resultados y experiencias generadas en la presente investigación a los estudiantes y agricultores interesados.

5. BIBLIOGRAFÍA

- BRAVO, R, J. L. JAPON, V. C.J. LEON, C. NR. 2002. Análisis de los sistemas de comercialización de la producción de tomate de mesa bajo invernadero para los mercados de la ciudad de Loja. Tesis Ingeniero Comercial Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agrícola. Loja Ec. 48-50pp.
- MEIR SHANY. 2003. Tecnología de producción bajo cobertura. Shefayim, Israel. 47, 56-59 pp.
- MILLER, ET AL. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. México. Editorial Continental. 62- 64 pp
- REVISTA TERRA-INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS. 2000. Estimación de las necesidades hídricas del tomate. Culiacán, México. Investigadores: González y Hernández. VOLUMEN 18. 46-58 pp.
- VALAREZO, C. et al 1998. Condiciones físicas de los suelos de la región sur del Ecuador: una guía para proyectos de riego, drenaje, manejo y conservación de suelos. Loja. Ec. 227 p.
- VALAREZO L, VILLAMAGUA, M. 2003. Ed Universitaria. Proyecto Identificación y Selección de cultivos Comercialmente Promisorios para la Producción Bajo invernadero en la provincia de Loja. Informe final, 48p.
- VILLAMAGUA. M, LOAIZA. E, NAULA. P. 2005. Respuesta del tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero al mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, mediante la aplicación de abonos orgánicos y carbón vegetal, en el barrio Masaca. Cantón. Loja. 17 p.
- ORTEGA, M. CHAPA, C. 2006. Respuesta de tres híbridos de zucchini Cucúrbita pepo L., a la aplicación de abono orgánico en las condiciones agroecológicas de la Argelia. Loja, Ec., Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica. 105p.
- UNIVERSIDAD DE TALCA. Departamento de Horticultura. 2001. Agricultura Técnica. Talca, Chile. Tomo (4):479 ó 487.
- VILLAREAL, R. 1982. Prácticas de cultivo en tomate. Editorial IICA. San José, Costa Rica. pp. 117-118.

or lámina

Lámina	L1 = 140% ETc	L2 = 155% ETc	L3 = 170% ETc
Altura (cm)	50,1	49,7	50,0

Cuadro 14. Altura del primer racimo por sustrato

Sustrato	Bocashi	S1 = 15% Ao	S2 = 20% Ao	S3 = 25% Ao
Altura (cm)	49,7	50,3	49,6	50,2

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Materiales de Campo

- Invernadero de la Universidad Nacional de Loja.
- Sistema de riego por goteo
- Plántulas de tomate (variedad Dominique)
- Balanza
- Herramientas e instrumentos de labranza
- Registro de campo
- Bomba a motor (cuatro tiempos)
- Tanque evaporímetro Clase ðAö
- Insumos y fertilizantes agrícolas
- Higrotermómetro



3.2 Metodología

3.2.1 Agrotecnia del Cultivo

En este proyecto se tomará como planta indicadora el tomate riñón var. ðDominicö, en el cual se realizarán las siguientes labores agrotécnicas:

3.2.1.1 Preparación del suelo

Se la realizará con maquinaria agrícola con un mes de anticipación al establecimiento del cultivo y consistirá en dos pasadas de arado rotativo y una cruz. Luego de esto se procederá a eliminar malezas, piedras y demás obstáculos que interfieran con el normal desarrollo de las plantas.

3.2.1.2 Construcción de las camas

Se la llevará a cabo en forma manual de acuerdo a las especificaciones del diseño; esto es 0,90 m de ancho de la cama; 21,0 m de longitud y 0,60 m de camino entre camas. En esta labor se realizará además la aplicación de las diferentes mezclas de sustratos.

El transplante se realizará a los treinta días de la realización del semillero, cuando las plantas tengan una altura de 10 a 12 cm., y dos a tres hojas verdaderas. Previo a esto se realizará la desinfección del suelo tres días antes con caldo bordelés. El transplante se lo llevará a cabo de preferencia en las últimas horas de la tarde o en las primeras horas de la mañana, a una distancia de 0,30 m entre plantas.



3.2.1.4 Control de malezas

Las deshierbas se las realizará manualmente o con la ayuda de una lampa, con una frecuencia de 15 días, o cuando lo requiera el cultivo, esto con la finalidad de evitar la competencia entre el tomate y las malezas por el agua, luz y nutrientes existentes en el suelo.



3.2.1.5 Fertilización

La fertilización se realizo de acuerdo al balance realizado entre el análisis de los sustratos y los requerimientos del cultivo. La totalidad de nutrientes a entregar se suministrará mediante el sistema de fertirrigación.

3.2.1.6 Tutoraje

Esta labor se realizo a los 21 días después del transplante, en la cual las plantas se amarraron con paja plástica a un alambre que esta a una altura de 3 m del nivel del suelo.



Cuadro 9. Factores que inciden en la determinación de la lámina de riego

	Fase inicial		Fase vegetativa		Fase de producción	
	Marzo	Abril	Abril	Mayo	Mayo	Junio
Etanque	6,7	14,9	10,20	13,10	18,90	25,00
Kc	0,4	0,4	0,8	0,8	1,2	1,2
Número de días	7	15	9	10	15	21
ETc	2,68	5,96	8,16	10,48	22,68	30,00
L1 = 140% ETc	0,54	0,56	0,91	1,47	2,12	2
L2 = 155% ETc	0,59	0,62	1,27	1,62	2,34	2,21
L3 = 170% ETc	0,65	0,68	1,41	1,78	2,57	2,43

4.3 Interacción sustratos ó láminas

Cuadro 11. Contenido de humedad (v) por sustrato (antes del riego)

	Sust.0	Sust. 1	Sust. 2	Sust. 3
Bloque 1	24,8	22,4	20,0	16,8
Bloque 3	26,0	24,6	21,1	15,9
Bloque 5	25,9	24,0	16,1	11,5
Promedio	25,5	23,6	19,1	14,7

Cuadro 12. Contenido de humedad (v) en cada sustrato (después del riego)

	Sust.0	Sust. 1	Sust. 2	Sust. 3
Bloque 1	37,0	30,2	26,8	15,5
Bloque 3	34,3	29,0	27,8	25,2
Bloque 5	36,0	32,4	27,6	22,4
Promedio	35,7	30,5	27,4	21,0

elo, se pudo determinar que en todos los sectores donde se tomó las muestras existe un suelo con una baja capacidad de aireación (8,8 %), y por lo tanto un suelo de clase pobre ya que no existe una adecuada disponibilidad de agua y aire. En lo concerniente a las propiedades físicas de los sustratos, es decir después de aplicar las diferentes dosis de arena sílicea, se pudo determinar que en todos los tratamientos se tiene una capacidad de aireación media (13,8 %), incluso en el testigo, por lo que se deduce que la arena contribuye notablemente a mejorar la capacidad de aireación. Cabe recalcar que el tratamiento testigo, al cual no se le suministro arena, también mejoró su capacidad de aireación pero esto se debe principalmente a dos factores, a la remoción del suelo por las labores culturales y a la adición de abono bocashi ya que este abono se suministró a todos los tratamientos. (Alvarez P & Guailas D. 2006).

4.2 Láminas

Cuadro 7. Consumo mensual del agua (mm) en el cultivo tomate de mesa

Lámina	Marzo	Abril	Mayo	Junio
L1 =140% ETc	3,75	19,77	46,42	42,00
L2 = 155% ETc	4,15	21,89	51,40	46,50
L3 = 170% ETc	4,56	24,00	56,37	51,00

Cuadro 8. Consumo de agua diaria (lt/planta/día)

L.áminas	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Promedio
L1 =140% ETc	0,27	0,42	0,95	1,03	0,4
L2 = 155% ETc	0,30	0,47	1,05	1,14	0,4
L3 = 170% ETc	0,33	0,51	1,16	1,25	0,5

3.2.1.7 Podas

La poda de las hojas que se encuentran debajo del primer ramillete se realizará cuando los frutos de dicho racimo estén fisiológicamente maduros. Las podas subsiguientes se realizan según se produzca la maduración de los frutos de cada ramillete o también según se presente la incidencia de enfermedades.



3.2.1.8 Controles fitosanitarios

Para la prevención y control de plagas y enfermedades, se realizará un manejo integrado de las mismas y se utilizará, en lo posible, plaguicidas de categoría toxicológica IV y III.

Control	Producto	Dosis
Phytophthora infestans	RIDOMIL Fungicida	1 gr/lt
Phytophthora infestans	MILOR Fungicida	1 gr/lt
Phytophthora infestans	NOVAK Fungicida	1 gr/lt
Oidium	PILARBEN Fungicida	1 gr/lt
Oidium	TOPAS Fungicida sistémico	0,5 ó 1 gr/lt
Oidium	AZUFRE MICRONIZADO Fungicida protectante de contacto y sistémico	0,5 ó 1 gr/lt
Oidium	RALLY Fungicida sistémico	0,2 ó 0,5 gr/lt
Minador de la hoja y cogollero	KANON Insecticida y Acaricida	0,5 gr/lt
Minador de la hoja y cogollero	NEWMECTIN Insecticida y Acaricida	0,5 ó 1 gr/lt
Mosca blanca	APPLAUDA Insecticida	1 gr/lt
Mosca blanca	EVISECTS Insecticida de contacto	0,5 ó 1 gr/lt

Para determinar la cantidad de agua a ser aplicada en cada una de las láminas de riego, se utilizará la técnica del **tanque evaporímetro Clase A**; en la cual se considera las condiciones ambientales, la etapa del cultivo, la capacidad del sistema de riego y el parámetro que se está investigando que es el porcentaje de incremento de la ETC.

Cuadro 1. Datos de campo del sistema de riego del invernadero

PARÁMETROS	UNIDAD	
Longitud de la cama	21	m
Ancho de la cama	0,90	m
Ancho del camino	0,60	m
Espaciamento entre goteros	0,10	m
Nº de hileras por cama	1	u
Nº de goteros por cama	280	u
Nº de goteros por unidad de riego	1400	u
Caudal del gotero	0,90	lt/hora
Caudal del sistema	1260	lt/hora
Caudal de inyección	96	lt/hora

Cuadro 2. Concentración de fertilizantes en el agua de riego

ETAPA	Relación	N	P	K	Ca	Mg
	N : P : K	ppm				
Fase de inicio: Desde trasplante hasta 1º flor	1 : 1 : 1	100	100	100	0	40
Fase de producción: Hasta el corte del ápice superior del tallo	1 : 0,5 : 3	100	50	300	0	50

4.1.2 Después del ensayo

Cuadro 6. Evaluación de las propiedades físicas de los sustratos

Sust.	Satur	CC %	PMP %	Da	AA	CA	VS	EQUIVALENCIA				
	%	% 0,33 Atm	% 15 Atm	g/cc	%	%		%	AA	CA	ZONA	CLASE
S0	51	39	10	1,27	29	12	59	49	Muy alto	Medio	III	Medio
S1	49	36	11	1,23	25	13	62	51	Muy alto	Medio	III	Medio
S2	50	33	8	1,26	25	16	59	50	Muy alto	Alta	IV	Bueno
S3	52	35	9	1,17	27	16	57	48	Muy alto	Alta	IV	Bueno

Características del diseño experimental

Longitud del invernadero	23 m
Ancho del invernadero	23,80 m
Área total de tratamientos	252 m ²
Ancho de la cama	0,9 m
Longitud de la cama	21 m
Alto de la cama	0,30 m
Área de la unidad experimental	18,9 m ²
Distancias entre plantas	0,30 m
Número de camas	15
Número total de plantas/cama	70
Número total de plantas	1050

4. RESULTADOS

4.1 Sustratos

4.1.1 Antes del ensayo

Cuadro 5. Evaluación de las propiedades físicas del suelo

Sust.	Satura	CC %	PMP %	Da	AA	CA	VFI	VS	EQUIVALENCIA			
	%	% 0,33 Atm	% 15 atm	g/cc	%	%	%	%	AA	CA	Zona	Clase
S0	46	38	10	1,6	28	8	64	54		Bajo	II	Pobre
S1	44	36	10	1,6	27	8	66	56	Muy alto	Bajo	II	Pobre
S2	46	36	10	1,5	26	10	64	54	Muy alto	Bajo	II	Pobre
S3	45	35	10	1,6	25	10	64	55	Muy alto	Bajo	II	Pobre

Cuadro 3. Fertilizantes a usar durante el ciclo del cultivo

Fertilizante	Fórmula	N	P	K	Ca	Mg
Fertifol		26	17	13	0	0
Sulfato de Magnesio	SO ₄ Mg	0	0	0	0	16
Nitrato de Amonio						
Solucal		10	10	40	0	0
Ultrasol		0	0	58	0	0
Codafol		0	30	20	0	0
Hakaphos		7	12	40	2	0
Wuxal Cal		16	0	0	24	3
Ácidos Húmicos		Ácidos Húmicos y Fulvicos				
Fernical		15,5	0	0	26,6	0

Cálculos para la solución madre

$$C = \frac{F \times Df \times n \times 100}{a}$$

$$Df = \frac{Q \text{ sistema}}{Q \text{ inyección}}$$

comercialización

En la variedad de tomate riñón de Dominico, la cosecha se la iniciará aproximadamente a partir de los 100 a 105 días después del transplante, o cuando los frutos presenten características apropiadas para la comercialización.

3.2.2 Metodología Para el Primer Objetivo

Evaluar las propiedades físicas del suelo mediante la aplicación de diferentes dosis de arena sílicea (15%, 20%, 25%).

La dosis a utilizar de cada uno en la mezcla de los sustratos es la siguiente:

Cuadro 4. Dosis de arena, carbón vegetal y bocashi en el cultivo de tomate riñón, Loja, Los Molinos, 2009.

Sustratos	Arena %	Carbón vegetal Kg/m ²	Bocashi %
S0(Testigo)	0	0	8
S1	15	1,5	8
S2	20	1,5	8
S3	25	1,5	8

3.2.4 Diseño Estadístico

El diseño experimental que se utilizó en la presente investigación es el de parcelas divididas en diseño de bloques al azar con cinco réplicas.

Variables Independientes

Variable 1.: Láminas de riegos (A)

- a₁:** 140 % Etc (Evapotranspiración del cultivo)
- a₂:** 155 % Etc (Evapotranspiración del cultivo)
- a₃:** 170 % Etc (Evapotranspiración del cultivo)

Variable 2. : Sustratos (B)

- b₁:** 15 % (Arena)
- b₂:** 20 % (Arena)
- b₃:** 25 % (Arena)
- b₄:** Testigo (Bocashi)

Variables Dependientes

Del primer objetivo.

- Capacidad de aireación (v%)
- Agua aprovechable (v%)
- Volumen de poros físicamente inertes (VPFI)

Del segundo objetivo.

- Contenido de humedad del suelo en cada uno de los tratamientos

Variables Agronómicas.

- Altura de la planta (m)
- Distancia entre racimos (m)
- Peso del fruto de 1^{ra}, 2^{da}, 3^{ra} y 4^{ta} clase/tratamiento (Kg)
- Rendimiento en kg/planta/tratamiento (Kg)
- Rendimiento kg/m²/tratamiento (Kg)

la ETc en cada una de las láminas

- L1 = 140% ETc (40 % más de la ETc)
- L2 = 155 % ETc (55 % más de la ETc)
- L3 = 170 % ETc (70 % más de la ETc)

5) Determinación del Q (caudal) en cada lámina a través de un aforo durante 1 minuto.

6) Determinación de la intensidad de precipitación del sistema de riego (mm/h), a través de la siguiente fórmula:

$$I_p = \frac{Q * N}{e * (C + c)}$$

Donde:

Q = Caudal de descarga del gotero (l/hora)

N = Número de laterales de riego.

e = Espaciamiento entre emisores.

C = Ancho de la cama

c = Ancho del camino

7) Calculamos el tiempo de riego para cada una de las láminas

$$TR = \frac{Etc * 60}{I_p}$$

Finalmente se determinará el contenido de humedad en los tratamientos antes y después de la aplicación de la lámina de agua, esto se realizará al principio y al final de la investigación. Las muestras serán tomadas, en cada uno de los tratamientos, es decir en las 12 unidades experimentales y con cinco repeticiones, resultando 60 muestras

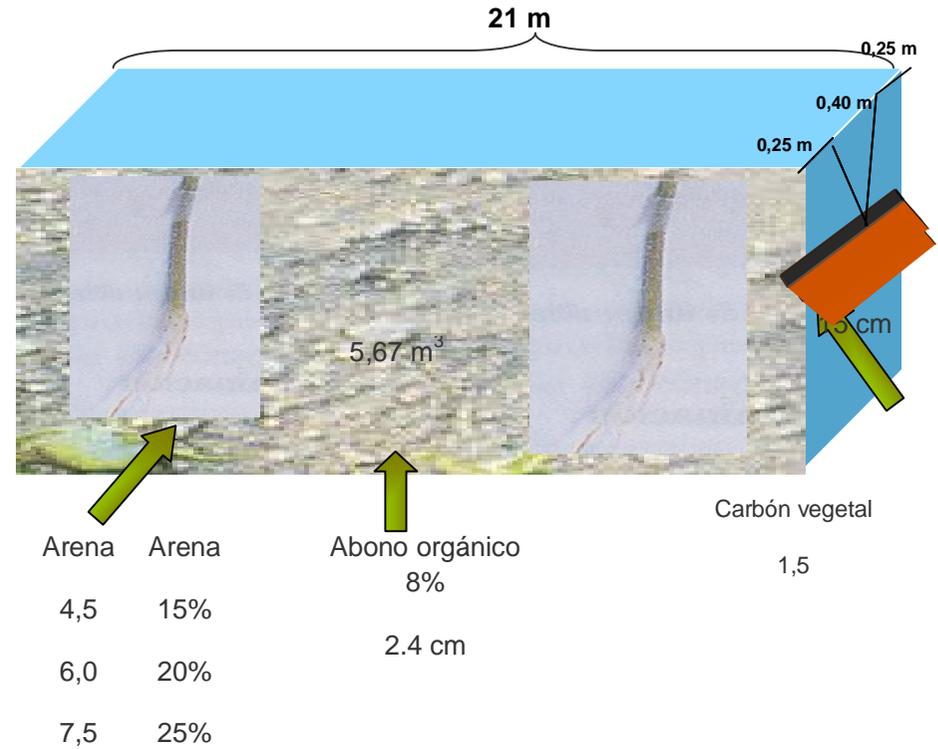


Figura 1. Esquema de la forma de aplicación de los sustratos

Para evaluar el efecto de aplicación de la mezcla de los diferentes sustratos, se tomaran muestras de suelo inalteradas con la ayuda de los anillos Koppecky de 100 cm³ de capacidad, en donde se determinará: densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchites permanente y saturación, y con estos datos se calculará porosidad total, capacidad de aireación, agua aprovechable y el volumen de poros físicamente inerte.

Las fórmulas a utilizar son:

$$AA = CC - PMP$$

AA: Agua aprovechable
CC: Capacidad de campo
PMP: Punto de marchites permanente

$$CA = VTP - PMP$$

Donde:
CA: Capacidad de aireación

$$VFI = [100 - (VATP - PMP)]$$

Donde:

VFI: Volumen de poros físicamente inerte

3.2.3 Metodología Para el Segundo Objetivo

o **Determinar la lámina óptima de agua de riego a través del tanque evaporímetro en el cultivo de tomate riñón.**

Para establecer el contenido de humedad más apropiado mediante esta técnica, se colocó el tanque evaporímetro en el centro de la parcela experimental y en base a la evaporación que este marque se realizará el riego en cada una de las láminas de la siguiente manera:

- 1) Lectura del tanque evaporímetro
- 2) Determinar el valor estimado de K_p

En el caso de Loja y mas específicamente en el invernadero en el cual se realizó el ensayo con tomate riñón el cual esta ubicado en los predios de la Universidad Nacional de Loja, se estimó el coeficiente del tanque en base a diferentes investigaciones realizadas en el país las cuales recomiendan un valor de $K_p = 1$.



- 3) Determinar la $ET_c = ET_o \times K_c$

$$ET_o = K_p \times ET \quad ET_c = ET$$

ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

K_p = Coeficiente del tanque, clima y del medio

ET = Evaporación del tanque (mm/día)

K_c = Fase del cultivo

Kc	
Transplante -1 ^a fl.abierta	0,1 - 0,4
1 ^a f. a.-cuaje.3 ^a racimo	0,45 - 0,95
3 ^a cua.-inicio cosecha	0,95 - 1,4
in.co-50 % cosecha	1,4 - 1,2
50-100% cosecha	1,2

Del primer objetivo

- Capacidad de aireación ($\theta v\%$)
- Agua aprovechable ($\theta v\%$)
- Volumen de poros físicamente inertes (VPFI)

Del segundo objetivo

- Contenido de humedad del suelo en cada uno de los tratamientos

Variables Agronómicas

- Altura de la planta (m)
- Distancia entre racimos (m)
- Peso del fruto de 1^{ra}, 2^{da}, 3^{ra} y 4^{ta} clase/tratamiento (Kg)
- Rendimiento en kg/planta/tratamiento (Kg)
- Rendimiento kg/m²/tratamiento (Kg)

3.2.5 Especificaciones técnicas del diseño experimental

Área del invernadero	538 m ²
Longitud del invernadero	23 m
Ancho del invernadero	23,80 m
Área total de tratamientos	252 m ²
Ancho de la cama	0,9 m
Longitud de la cama	21 m
Alto de la cama	0,30 m
Área de la unidad experimental	18,9 m ²
Distancias entre plantas	0,30 m
Número de camas	15
Número total de plantas/cama	70

Número total de plantas

1050

4. RESULTADOS

4.1 Láminas

Cuadro 1. Consumo mensual del agua (mm) en el cultivo tomate de mesa

Consumo mensual mm del cultivo de tomate				
Lámina	Marzo	Abril	Mayo	Junio
L1	3,75	19,77	46,42	42,00
L2	4,15	21,89	51,40	46,50
L3	4,56	24,00	56,37	51,00

Cuadro 2. Consumo de agua diario (mm)

Consumo diario mm del cultivo de tomate				
Láminas	Marzo	Abril	Mayo	Junio
L1	0,54	0,82	1,86	2,00
L2	0,59	0,91	2,06	2,21
L3	0,65	1,00	2,25	2,43

Cuadro 3. Consumo de agua diaria (lt/planta/día)

Consumo diario lt/planta/día					
Lámina	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Pro.
L1	0,27	0,42	0,95	1,03	0,4
L2	0,30	0,47	1,05	1,14	0,4
L3	0,33	0,51	1,16	1,25	0,5

Cuadro 4 Altura del primer racimo por lámina

Lámina	L1	L2	L3
Altura (cm)	50,1	49,7	50,0

GRACIAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

PROYECTO DE TESIS:

“RESPUESTA DEL TOMATE DE MESA
(Solanum lycopersicum L) BAJO
INVERNADERO AL MEJORAMIENTO DE LAS
PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ARENA
SILÍCEA Y LAMINAS DE RIEGO EN LA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL LA ARGELIA”



Director: Ing. Miguel Villamagua
Asesor: Ing. Francisco Guamán
Tesistas: Egda. Emilia E. Bravo Escudero
Egdo. Juan F. Rosillo Guarnizo

1. PROBLEMA

Los suelos del sector Los Molinos de la Quinta experimental La Argelia, al igual que la mayoría de los suelos de la provincia y de la hoya de Loja, son ácidos (pH 4,5), con bajos contenidos de fósforo y materia orgánica; de textura arcillosa y franco arcillosa y de baja capacidad de aireación en un rango del 9 al 12% (BUSTOS P; CARTUCHE C. 2003),

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar una tecnología para mejorar las condiciones físicas de los suelos, mediante la aplicación de diferentes dosis de arena silícea (15%, 20%, 25%), y un manejo adecuado del agua de riego en el cultivo de tomate riñón bajo invernadero a fin de incrementar el rendimiento.

2.2 Objetivo Específico

- Evaluar las propiedades físicas del suelo mediante la aplicación de diferentes dosis de arena silícea, (15%, 20%, 25%).
- Determinar la lámina óptima de agua de riego a través del tanque evaporímetro en el cultivo de tomate riñón.
- Determinar la rentabilidad económica de los tratamientos.



- Difundir los resultados y experiencias generadas en la presente investigación a los estudiantes y agricultores interesados.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Materiales de Campo

3.2 Metodología

3.2.1 Agrotecnia del Cultivo

3.2.1.1 Preparación del suelo

3.2.1.2 Construcción de las camas

3.2.1.3 Transplante

3.2.1.4 Control de malezas

3.2.1.5 Fertilización

3.2.1.6 Tutoraje

3.2.1.7 Podas

3.2.1.8 Controles fitosanitarios

3.2.1.9 Fertiriego

3.2.1.10 Cosecha

comercialización

3.2.2 Metodología para el primer

objetivo

Sustratos	Arena %	Carbón vegetal Kg/m ²	Bocashi %
S0(Testigo)	0	0	8
S1	15	1,5	8
S2	20	1,5	8
S3	25	1,5	8

3.2.3 Metodología para el segundo objetivo

- 1) Lectura del tanque evaporímetro.
- 2) Determinar el valor estimado de Kp.
- 3) Determinar la ETC = ETo x Kc
- 4) Aplicar el porcentaje de incremento de la ETC en cada una de las láminas.

- L1 = 140% ETC (40 % más de la ETC)
- L2 = 155 % ETC (55 % más de la ETC)
- L3 = 170 % ETC (70 % más de la ETC)

- 5) Determinación del Q (caudal) en cada lámina a través de un aforo durante 1 minuto.
- 6) Determinación de la intensidad de precipitación del sistema de riego (mm/h).
- 7) Calculamos el tiempo de riego para cada una de las láminas.

3.2.4 Diseño Estadístico

El diseño experimental que se utilizó en la presente investigación es el de parcelas divididas en diseño de bloques al azar con cinco réplicas.

Variables

Variables Independientes

Variable 1: Láminas de riego (A)

- a₁: 140 % Etc (Evapotranspiración del cultivo)
- a₂: 155 % Etc (Evapotranspiración del cultivo)
- a₃: 170 % Etc (Evapotranspiración del cultivo)



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[*Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features*](#)

- b1:** 15 % (Arena)
- b2:** 20 % (Arena)
- b3:** 25 % (Arena)
- b4:** Testigo (Bocashi)

Anexo 36. Cuadro de altura de plantas (cm) por bloque y tratamiento, 27 de Marzo 2009,
La Argelia.

	1,40 ETc				1,55 ETc				1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Bloque 1	60	59	56	58	60	62	60	57	60	58	68	61
Bloque 2	61	56	62	61	60	59	58	61	62	58	60	59
Bloque 3	64	58	60	63	63	60	59	57	68	61	62	51
Bloque 4	62	59	59	63	60	60	64	61	58	62	59	60
Bloque 5	58	61	60	61	60	61	60	60	62	58	60	59
Promedio	61	59	59	61	60	60	60	59	62	59	62	58

Anexo 37. Cuadro de altura de plantas (cm) por bloque y tratamiento, 16 de Abril 2009, La
Argelia.

	1,40 ETc				1,55 ETc				1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Bloque 1	110	111	104	103	109	113	108	114	109	109	118	111
Bloque 2	107	106	113	111	112	108	107	117	118	113	117	113
Bloque 3	126	113	121	113	113	116	113	118	127	124	117	115
Bloque 4	112	106	110	117	115	116	123	117	111	110	114	110
Bloque 5	112	115	109	113	112	116	114	115	113	114	108	109
Promedio	113	110	111	111	112	114	113	116	116	114	115	111

Anexo 38. Cuadro de altura de plantas (cm) por bloque y tratamiento, 06 de Mayo 2009, La Argelia.

	1,40 ETc				1,55 ETc				1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Bloque 1	164	158	145	168	162	171	171	165	182	178	157	182
Bloque 2	177	168	180	179	181	171	183	184	177	178	185	163
Bloque 3	185	181	178	167	193	193	184	184	195	190	191	176
Bloque 4	177	188	198	198	184	182	193	194	192	181	192	192
Bloque 5	187	186	188	186	190	190	191	191	196	194	196	195
Promedio	178	176	178	179	182	181	184	184	188	184	184	182

Anexo 39. Cuadro de altura de plantas (cm) por bloque y tratamiento, 26 de Mayo 2009, La Argelia.

	1,40 ETc				1,55 ETc				1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Bloque 1	220	207	202	211	217	218	217	216	211	210	214	210
Bloque 2	226	224	214	221	226	219	217	233	226	233	235	223
Bloque 3	239	219	220	217	220	221	206	216	247	238	214	208
Bloque 4	220	223	234	239	218	216	219	205	217	227	228	219
Bloque 5	227	230	228	218	226	225	224	227	217	226	228	225
Promedio	226	221	220	221	221	220	217	219	224	227	224	217

Anexo 40. Cuadro de altura de plantas (cm) por bloque y tratamiento, 21 de Junio 2009, La Argelia.

	1,40 ETc				1,55 ETc				1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Bloque 1	272	282	284	269	309	285	288	297	309	285	297	288
Bloque 2	288	275	284	289	285	279	285	285	299	301	287	295
Bloque 3	293	296	298	293	304	308	283	301	294	293	286	295
Bloque 4	294	280	286	293	287	280	287	291	291	291	301	286
Bloque 5	298	302	294	297	296	299	292	304	297	297	292	296
Promedio	289	287	289	288	296	290	287	296	298	293	293	292

Anexo 41. Cuadro de altura mensual de las plantas por tratamiento (m), Marzo -Junio 2009, La Argelia.

Fecha	Lámina 1 = 1,40 ETc				Lámina 2 = 1,55 ETc				Lámina 3 = 1,70 ETc			
	Bocashi	15%	20%	25%	Bocashi	15%	20%	25%	Bocashi	15%	20%	25%
		Ao	Ao	Ao		Ao	Ao	Ao		Ao	Ao	Ao
27/03/2009	0,61	0,59	0,59	0,61	0,60	0,60	0,60	0,59	0,62	0,59	0,62	0,58
16/04/2009	1,13	1,10	1,11	1,11	1,12	1,14	1,13	1,16	1,16	1,14	1,15	1,11
06/05/2009	1,78	1,76	1,78	1,79	1,82	1,81	1,84	1,84	1,88	1,84	1,84	1,82
26/05/2009	2,26	2,21	2,20	2,21	2,21	2,22	2,17	2,19	2,24	2,27	2,24	2,17
21/06/2009	2,89	2,87	2,89	2,88	2,96	2,90	2,87	2,96	2,98	2,93	2,93	2,93

Anexo 42. Cuadro de altura de plantas (m) por sustrato, Marzo - Junio 2009, La Argelia.

Tratamiento	27/03/2009	16/04/2009	06/05/2009	26/05/2009	21/06/2009
8% Bocashi	0,61	1,14	1,83	2,24	2,94
15% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi	0,59	1,13	1,81	2,22	2,90
20% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi	0,60	1,13	1,82	2,20	2,90
25% arena + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi	0,59	1,13	1,81	2,19	2,92

Anexo 43. Cuadro de altura de plantas (m) por lámina, Marzo - Junio 2009, La Argelia.

Lámina	27/03/2009	16/04/2009	06/05/2009	26/05/2009	21/06/2009
1,40 ETc	0,60	1,12	1,78	2,22	2,88
1,55 ETc	0,60	1,14	1,83	2,19	2,92
1,70 ETc	0,60	1,14	1,84	2,94	2,94

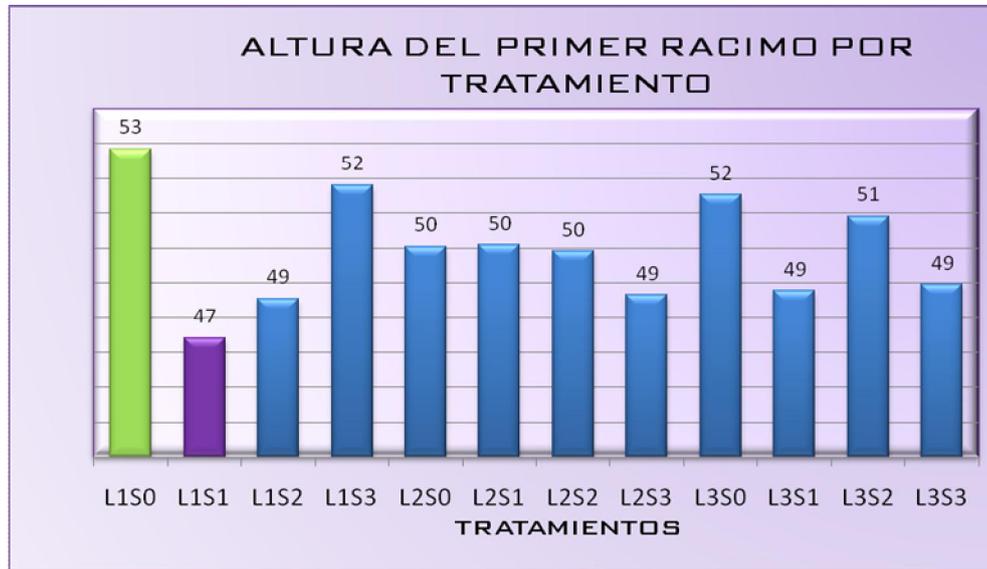
Anexo 44. Cuadro de altura al primer racimo (cm) por bloque y tratamiento, Abril 2009, La Argelia.

	L1 = 1,40 ETc				L2 = 1,55 ETc				L3 = 1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Bloque 1	51	48	45	48	50	52	49	47	48	47	56	51
Bloque 2	50	44	52	50	50	48	46	50	53	48	49	47
Bloque 3	62	47	49	54	53	50	47	47	59	51	52	51
Bloque 4	53	47	49	57	49	51	58	51	48	51	49	49
Bloque 5	48	51	48	50	49	50	49	49	49	47	49	47
Promedio	53	47	49	52	50	50	50	49	52	49	51	49

Anexo 45. Altura al primer racimo (cm) por tratamiento, Abril 2009, La Argelia.

Tratamiento	Sustrato			Lámina	Altura (cm)
	Arena	Carbón vegetal	Bocashi		
	%	Kg/m ²	%		
L1S0	0	0	8	1,40 ETc	53
L1S1	15	1,5	8		47
L1S2	20	1,5	8		49
L1S3	25	1,5	8		52
L2S0	0	0	8	1,55 ETc	50
L2S1	15	1,5	8		50
L2S2	20	1,5	8		50
L2S3	25	1,5	8		49
L3S0	0	0	8	1,70 ETc	52
L3S1	15	1,5	8		49
L3S2	20	1,5	8		51
L3S3	25	1,5	8		49

Anexo 46. Figura de altura del primer racimo por tratamiento (cm).



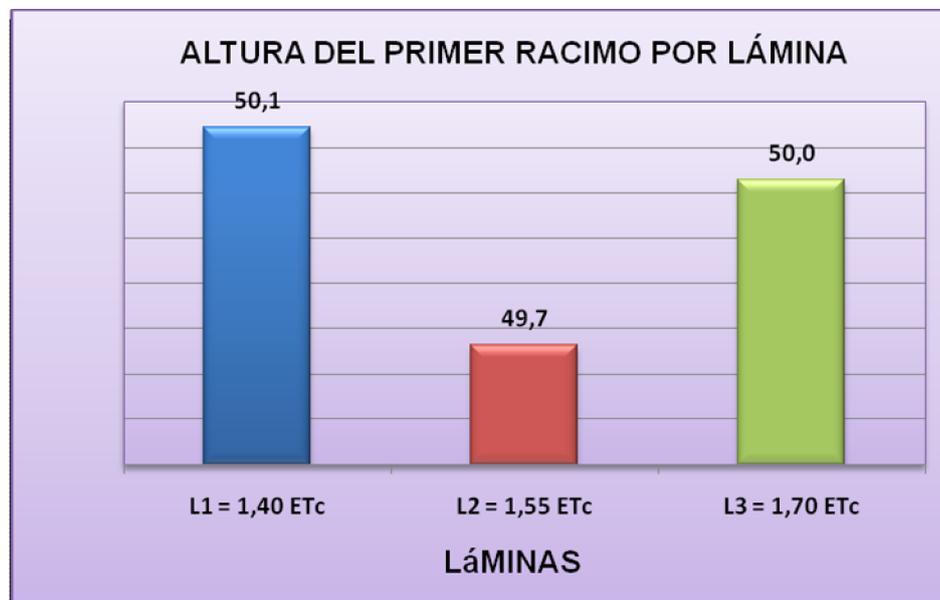
Cuadro 47. Altura del primer racimo por lámina y sustrato (cm), Abril 2009, La Argelia.

Lámina	Altura (cm)	Sustrato	
			Altura (cm)
		Bocashi	51,5
1,40 Etc	50,1	15% Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal	48,7
		+ 8% bocashi	
1,55 Etc	49,7	20% Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal	49,8
		+ 8% bocashi	
1,70 Etc	50,0	25% Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal	49,8
		+ 8% bocashi	

Anexo 48. Figura de altura del primer racimo por sustrato (cm).



Anexo 49. Figura de altura del primer racimo por lámina (cm).



Anexo 50. Cuadro de altura al segundo racimo (cm) por bloque y tratamiento, Abril 2009,

La Argelia.

	L1 = 1,40 ETc				L2 = 1,55 ETc				L3 = 1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Bloque 1	76	74	71	72	75	84	72	72	73	74	87	75
Bloque 2	74	71	78	75	76	74	70	78	79	77	80	69
Bloque 3	91	67	80	82	78	77	73	76	96	81	79	78
Bloque 4	80	76	76	86	77	86	88	78	77	79	76	77
Bloque 5	74	76	73	76	75	78	77	75	75	73	75	71
Promedio	79	73	75	78	76	80	76	76	80	77	79	74

Anexo 51. Cuadro de altura al tercer racimo (cm) por bloque y tratamiento, Mayo 2009, La

Argelia.

	L1 = 1,40 ETc				L2 = 1,55 ETc				L3 = 1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Bloque 1	101	103	94	93	109	113	97	109	97	99	117	99
Bloque 2	96	95	102	103	101	97	97	107	104	102	110	92
Bloque 3	120	103	108	113	104	105	100	110	126	115	106	102
Bloque 4	101	95	99	109	105	112	117	110	99	99	104	101
Bloque 5	101	105	99	104	103	106	105	103	102	104	101	99
Promedio	104	100	100	104	104	107	103	108	106	104	107	99

Anexo 52. Cuadro de altura al cuarto racimo (cm) por bloque y tratamiento, Mayo 2009, La Argelia.

	L1 = 1,40 ETc				L2 = 1,55 ETc				L3 = 1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Bloque 1	133	136	119	122	134	130	129	132	124	126	137	130
Bloque 2	122	119	133	121	127	130	129	127	129	134	133	130
Bloque 3	130	123	124	129	128	132	125	137	127	134	129	125
Bloque 4	128	134	130	132	128	142	143	140	140	137	139	141
Bloque 5	130	135	132	138	137	136	135	138	129	128	134	131
Promedio	129	129	128	128	131	134	132	135	130	132	134	131

Anexo 53. Cuadro de altura al quinto racimo (cm) por bloque y tratamiento, Junio 2009, La Argelia.

	L1 = 1,40 ETc				L2 = 1,55 ETc				L3 = 1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Bloque 1	158	163	143	142	155	153	153	154	148	151	158	160
Bloque 2	151	135	154	143	155	153	151	154	158	161	160	162
Bloque 3	149	150	145	144	151	156	151	162	160	162	161	158
Bloque 4	145	148	146	150	149	164	168	168	161	158	162	160
Bloque 5	148	150	145	149	152	153	154	155	160	158	161	160
Promedio	150	149	147	146	152	156	155	159	157	158	160	160

Anexo 54. Cuadro de altura al sexto racimo (cm) por bloque y tratamiento, Junio 2009, La Argelia.

	L1 = 1,40 ETc				L2 = 1,55 ETc				L3 = 1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Bloque 1	182	191	165	165	178	176	180	179	172	176	187	184
Bloque 2	176	168	176	168	178	179	176	179	183	185	187	184
Bloque 3	170	169	167	171	175	183	177	188	186	187	184	185
Bloque 4	172	169	170	171	174	191	196	195	183	185	184	187
Bloque 5	171	170	168	169	175	180	179	176	184	182	186	187
Promedio	174	173	169	169	176	182	182	183	182	183	186	185

Anexo 55. Cuadro de altura al séptimo racimo (cm) por bloque y tratamiento, Junio 2009, La Argelia.

	L1 = 1,40 ETc				L2 = 1,55 ETc				L3 = 1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Bloque 1	204	213	190	187	198	196	200	197	194	202	215	211
Bloque 2	201	197	205	192	198	196	200	199	210	208	206	207
Bloque 3	193	191	190	189	201	210	203	208	207	208	210	205
Bloque 4	189	191	190	193	214	218	226	222	210	205	209	208
Bloque 5	171	170	168	166	176	179	180	177	207	205	210	209
Promedio	191	192	189	186	197	200	202	201	206	206	210	208

Anexo 56. Cuadro de altura al octavo racimo (cm) por bloque y tratamiento, Junio 2009, La Argelia.

	L1 = 1,40 ETc				L2 = 1,55 ETc				L3 = 1,70 ETc			
	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
Bloque 1	229	241	215	212	234	229	236	232	219	224	239	241
Bloque 2	230	222	234	215	234	229	237	233	248	250	247	251
Bloque 3	220	219	218	216	228	236	225	236	248	249	250	251
Bloque 4	214	215	218	220	233	240	251	249	249	251	250	248
Bloque 5	220	215	218	219	229	234	230	236	249	248	251	250
Promedio	223	222	221	216	232	233	236	237	243	244	247	248

Anexo 57. Cuadro de altura de racimos (m) por sustrato, Abril - Septiembre 2009, La Argelia

	2	3	4	5	6	7	8
8% Bocashi	0,78	1,04	1,30	1,53	1,77	1,98	2,32
15%Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal	0,76	1,03	1,32	1,54	1,79	1,99	2,33
+ 8% bocashi							
20%Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal	0,77	1,04	1,31	1,54	1,79	2,00	2,35
+ 8% bocashi							
25%Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal	0,76	1,04	1,32	1,55	1,79	1,98	2,34
+ 8% bocashi							

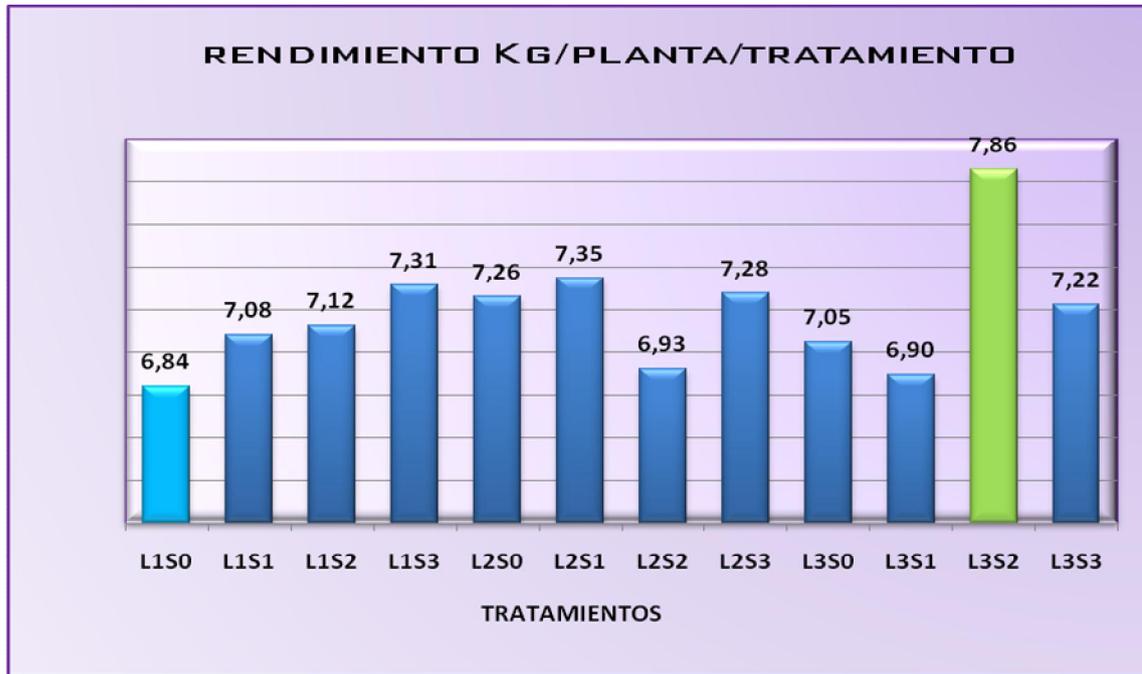
Anexo 58. Cuadro de altura de racimos (m) por lámina, Abril – Septiembre 2009, La Argelia.

	2	3	4	5	6	7	8
1,40 ETc	0,76	1,02	1,28	1,48	1,71	1,89	2,20
1,55 ETc	0,77	1,05	1,33	1,56	1,81	2,00	2,34
1,70 ETc	0,78	1,04	1,32	1,59	1,84	2,07	2,46

Anexo 59. Cuadro sobre rendimiento en Kg/planta/tratamiento (Kg), Junio – Septiembre 2009, La Argelia.

Tratamiento	Sustrato	Lámina	Rendimiento
			Kg
L1S0	8% bocashi		6,84
L1S1	15% Ao + 1,5 Kg. carbón vegetal + 8% bocashi	1,40 ETc	7,08
L1S2	20% Ao + 1,5 Kg. carbón vegetal + 8% bocashi		7,12
L1S3	25% Ao + 1,5 Kg. carbón vegetal + 8% bocashi		7,31
L2S0	8% bocashi		7,26
L2S1	15% Ao + 1,5 Kg. carbón vegetal + 8% bocashi	1,55 ETc	7,35
L2S2	20% Ao + 1,5 Kg. carbón vegetal + 8% bocashi		6,93
L2S3	25% Ao + 1,5 Kg. carbón vegetal + 8% bocashi		7,28
L3S0	8% bocashi		7,05
L3S1	15% Ao + 1,5 Kg. carbón vegetal + 8% Bocashi	1,70 ETc	6,90
L3S2	20% Ao + 1,5 Kg. carbón vegetal + 8% Bocashi		7,86
L3S3	25% Ao + 1,5 Kg. carbón vegetal + 8% Bocashi		7,22

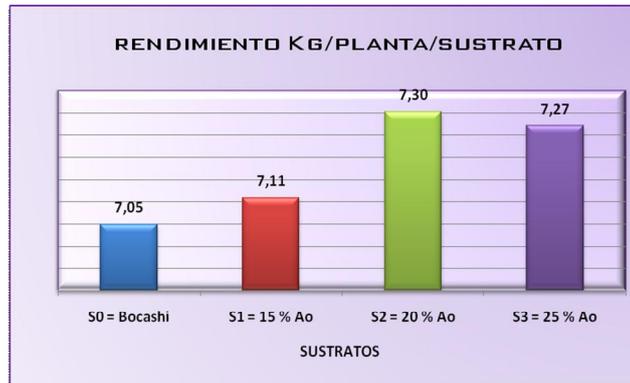
Anexo 60. Figura sobre el rendimiento en Kg/planta/tratamiento (Kg), Junio – Septiembre 2009, La Argelia.



Cuadro 61. Rendimiento en Kg/planta/sustrato, Junio – Septiembre 2009, La Argelia.

Sustratos			
S0 = 8 %	S1 = 15% Ao + 1,5 Kg/m ²	S2 = 20% Ao + 1,5 Kg/m ²	S3 = 25 % Ao + 1,5 Kg/m ²
Bocashi	carbón vegetal + 8%	carbón vegetal + 8%	carbón vegetal + 8%
	bocashi	bocashi	bocashi
7,05	7,11	7,30	7,27

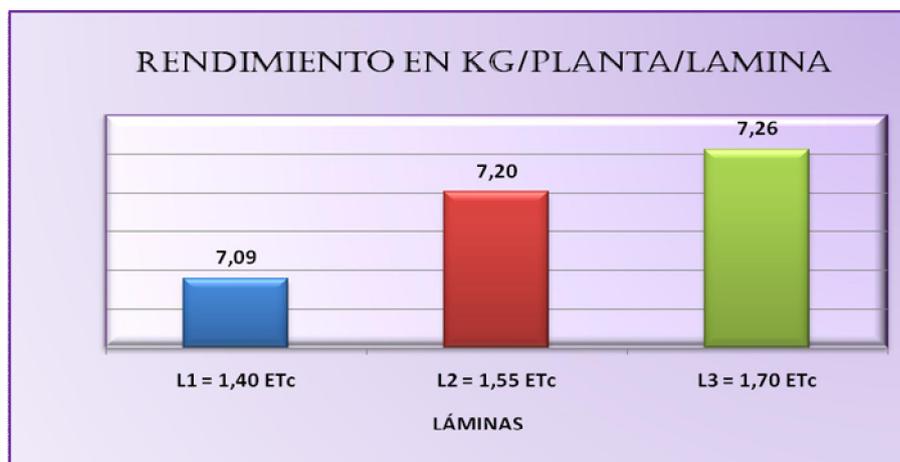
Anexo 62. Figura sobre el rendimiento en Kg/planta/sustrato, Junio – Septiembre 2009, La Argelia.



Anexo 63. Cuadro sobre el rendimiento en Kg/planta/lámina, Junio – Septiembre 2009, La Argelia.

Láminas		
L1 = 1,40 ETc	L2 = 1,55 ETc	L3 = 1,70 ETc
7,09	7,20	7,26

Anexo 64. Figura sobre el rendimiento en Kg/planta/lámina (Kg), Junio – Septiembre 2009, La Argelia.



Anexo 65. Registro de producción por bloque y tratamiento (Kg/planta), Junio - Septiembre 2009, La Argelia.

Rendimiento por bloques y tratamiento Kg/planta									
Tratamiento	Sustrato	Lámina	B1	B2	B3	B4	B5	Media	TOTAL
L1S0	8% bocashi	1,40 ETC	7,32	7,38	7,26	6,18	6,07	6,84	34,20
L1S1	15% Ao + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		7,30	7,09	7,25	7,08	6,67	7,08	35,40
L1S2	20% Ao + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		7,25	7,70	6,76	7,23	6,67	7,12	35,61
L1S3	25% Ao + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		8,30	7,66	7,29	7,04	6,29	7,31	36,57
L2S0	8% bocashi	1,55 ETC	7,69	8,09	7,34	6,82	6,36	7,26	36,29
L2S1	15% Ao + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		7,79	7,26	8,18	6,78	6,72	7,35	36,73
L2S2	20% Ao + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		7,69	7,22	7,20	5,93	6,58	6,93	34,63
L2S3	25% Ao + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		8,02	7,19	7,77	6,72	6,68	7,28	36,38
L3S0	8% bocashi	1,70 ETC	7,77	7,24	7,21	6,20	6,83	7,05	35,25
L3S1	15% Ao + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		7,24	7,51	6,96	6,68	6,10	6,90	34,49
L3S2	20% Ao + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		7,86	8,17	7,84	7,65	7,76	7,86	39,28
L3S3	25% Ao + 1,5 Kg/m ² carbón vegetal + 8% bocashi		7,42	7,70	7,87	6,81	6,30	7,22	36,10

Anexo 66. Cuadro del peso total del fruto de 1^{ra}, 2^{da}, 3^{ra} y 4^{ta} clase/sustrato (Kg), Junio – Septiembre 2009, La Argelia.

Sustrato	Clase			
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
8% bocashi	10,04	12,88	8,80	3,53
15% Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi	9,91	12,95	8,98	3,70
20% Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi	10,35	13,28	9,04	3,84
25% Ao + 1,5 Kg/m² carbón vegetal + 8% bocashi	10,49	12,74	9,33	3,79

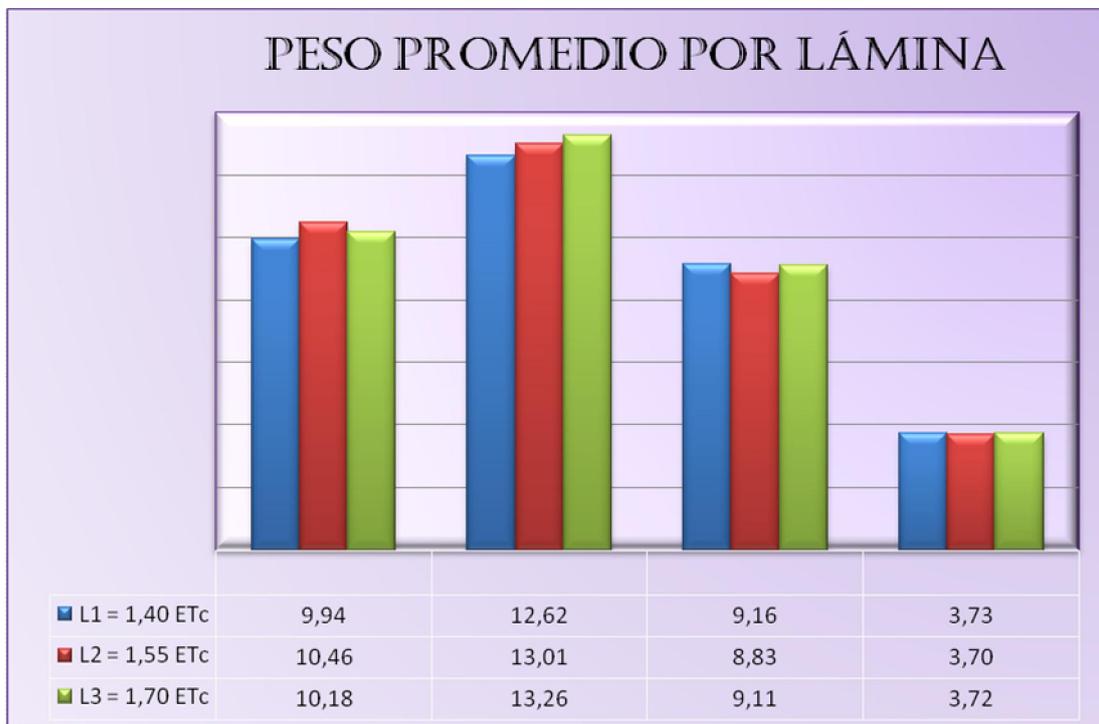
Anexo 67. Gráfico del peso promedio del fruto de 1^{ra}, 2^{da}, 3^{ra} y 4^{ta} clase/sustrato (Kg), Junio – Septiembre.



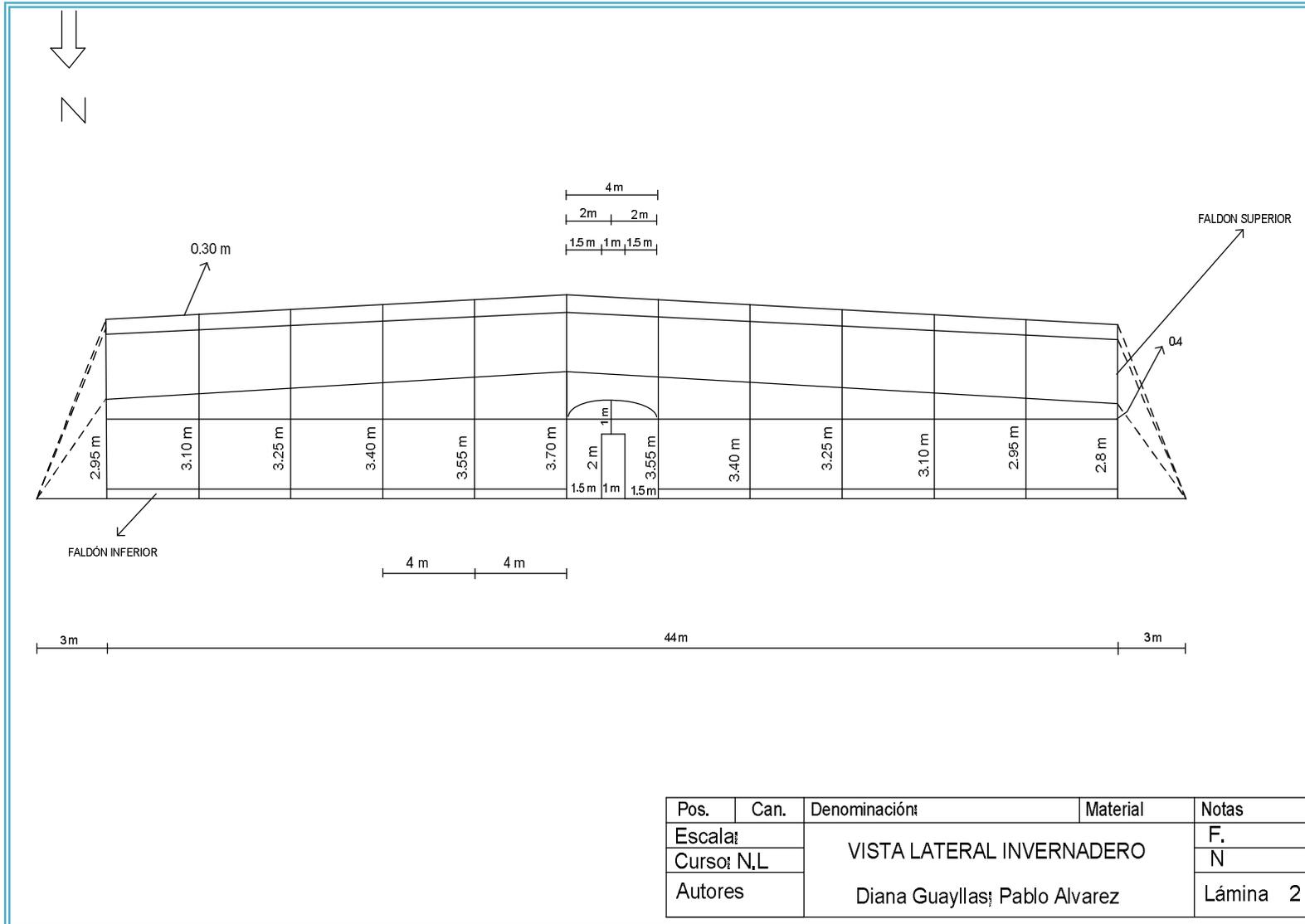
Anexo 68. Cuadro del peso total del fruto de 1^{ra}, 2^{da}, 3^{ra} y 4^{ta} clase/lámina (Kg), Junio – Septiembre 2009, La Argelia.

Lámina	Clase			
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
1,40 ETc	9,94	12,62	9,16	3,73
1,55 ETc	10,46	13,01	8,83	3,70
1,70 ETc	10,18	13,26	9,11	3,72

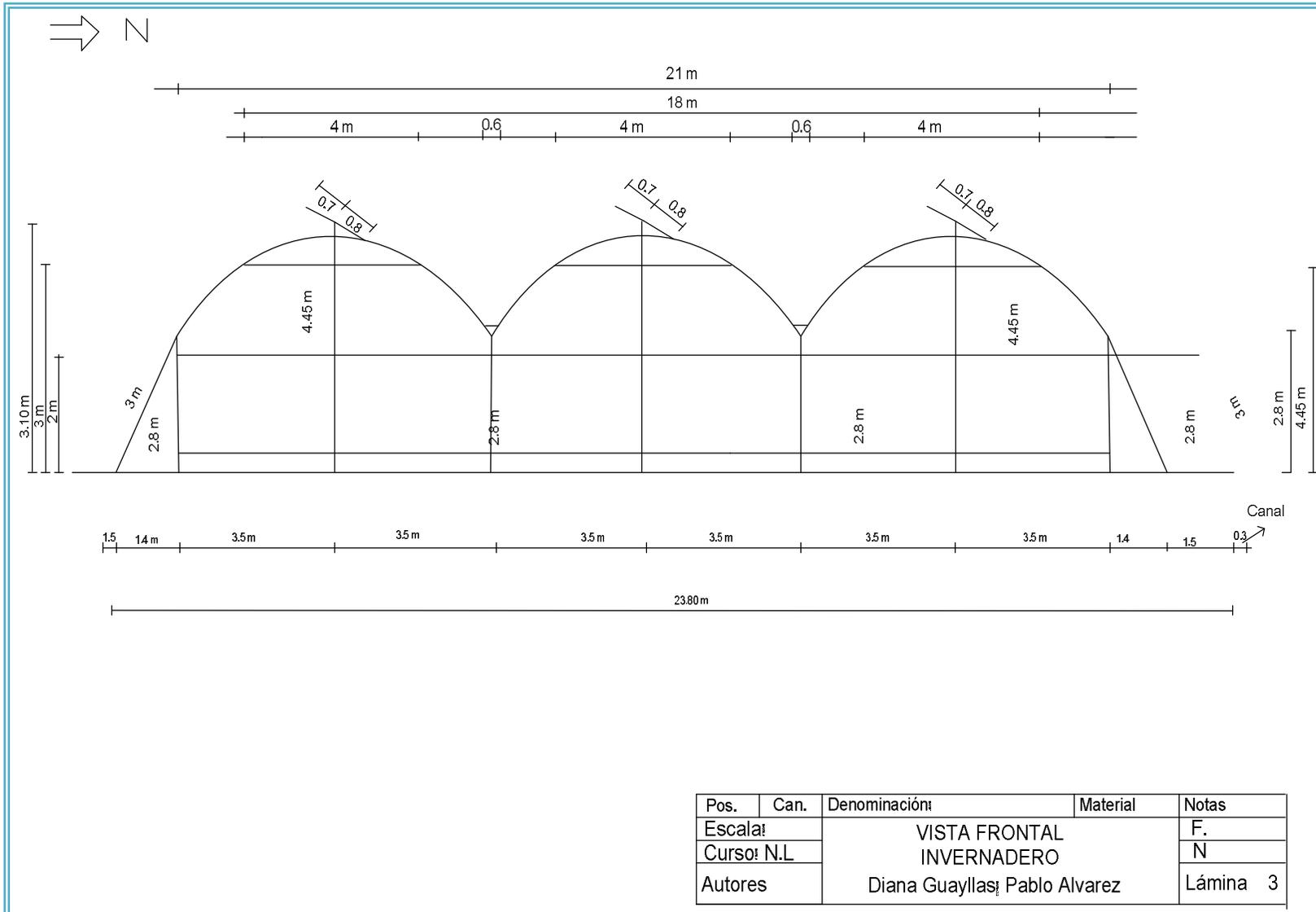
Anexo 69. Gráfico del peso promedio del fruto de 1^{ra}, 2^{da}, 3^{ra} y 4^{ta} clase/lámina (Kg), Junio – Septiembre.



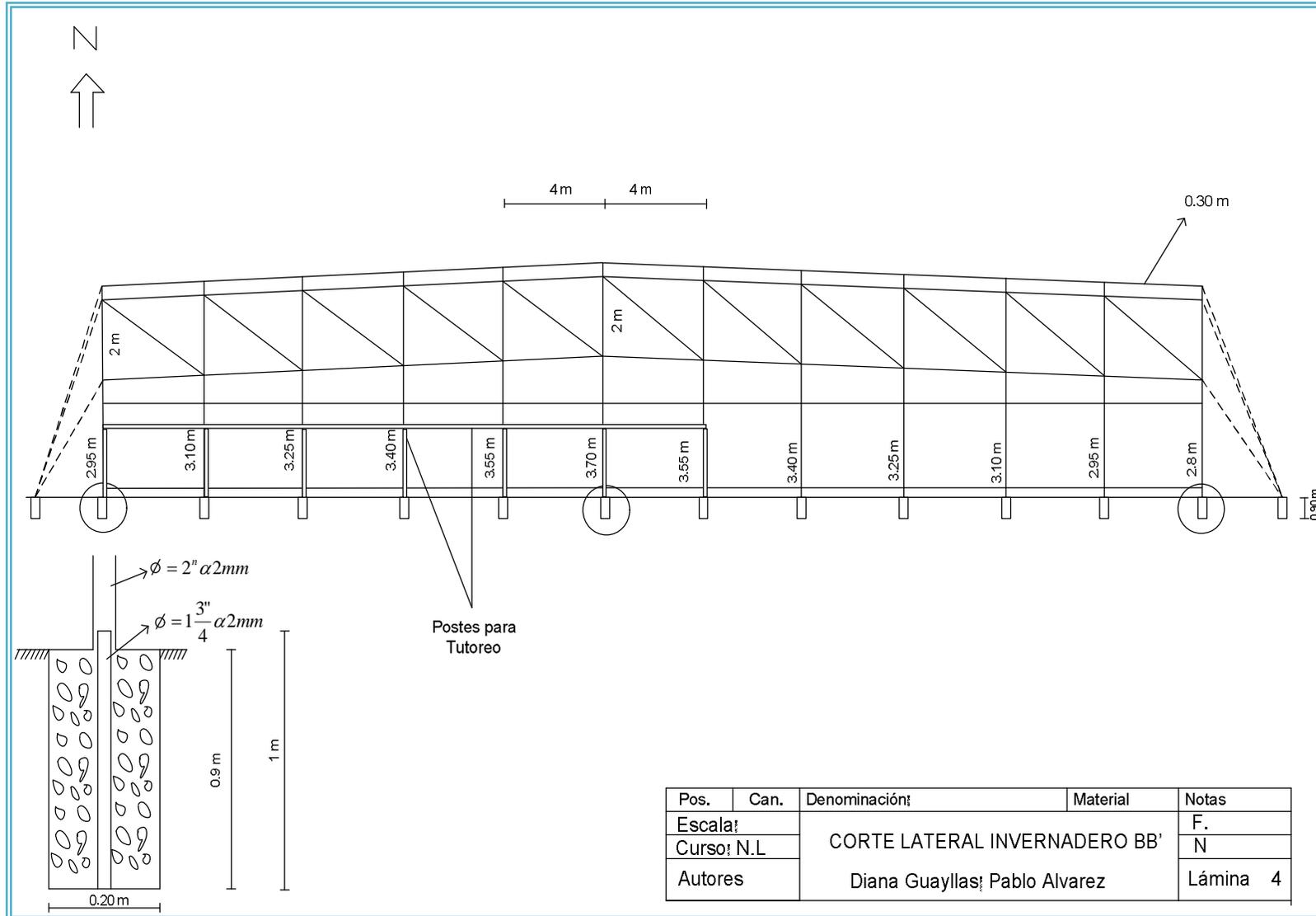
vernadero donde se realizó el ensayo, tomado de Álvarez P & Guayllas D, 2009.



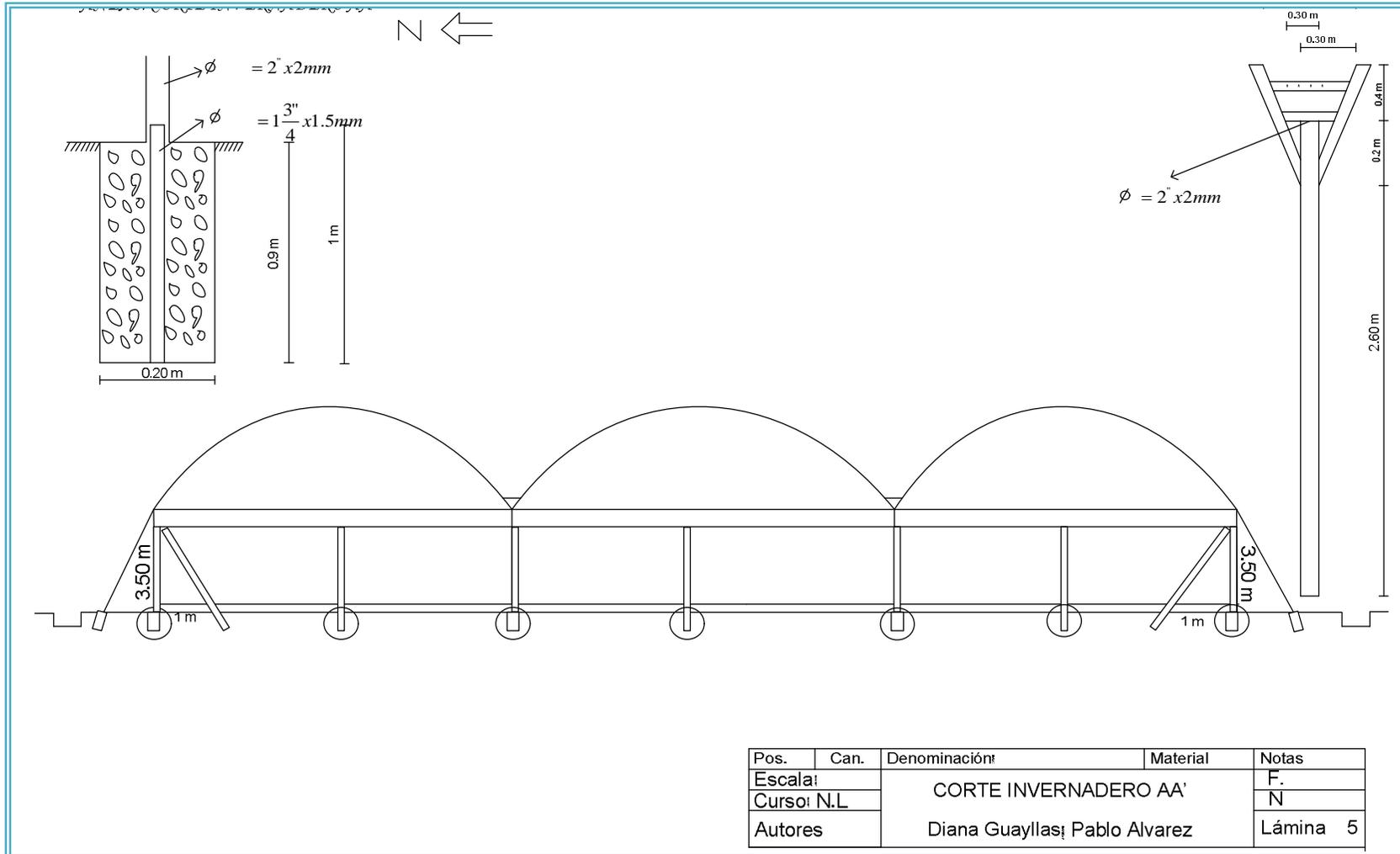
...vernadero donde se realizó el ensayo, tomado de Álvarez P & Guayllas D, 2009.



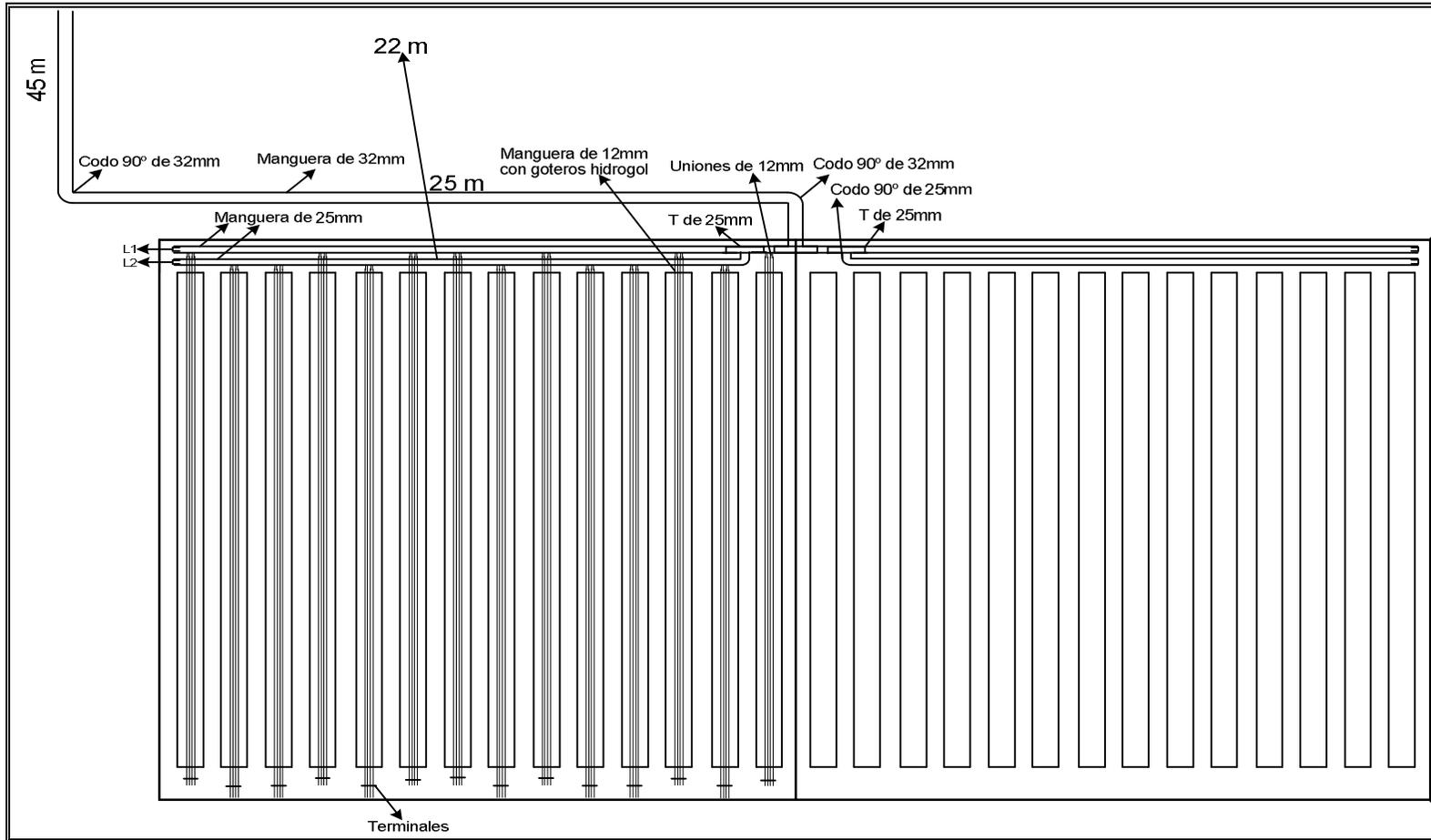
invernadero donde se realizó el ensayo, tomado de Álvarez P & Guayllas D, 2009.

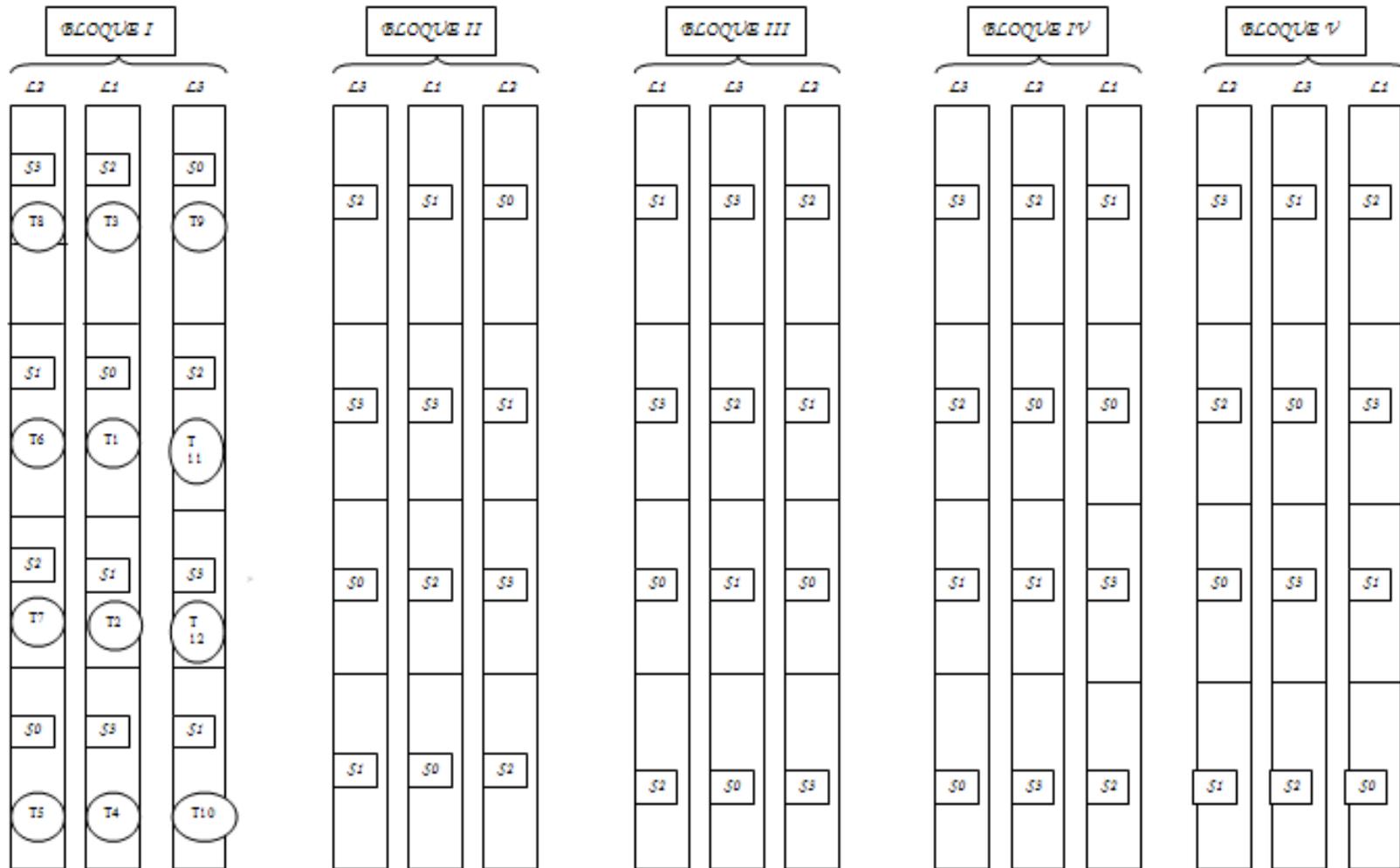


invernadero donde se realizó el ensayo, tomado de Álvarez P & Guayllas D, 2009.



...plantado en el sitio del ensayo, tomado de Álvarez P & Guailas D, 2009.





Anexo 76. Fotografías durante el ciclo del cultivo.



Figura 34 y 35. Preparación y picado del material para la preparación del abono orgánico bocashi.



Figura 36 y 37 Colocación del Bocashi en los tratamientos y semilleros de la variedad Dominique.



Figura 38 y 39. Siembra de plántulas en los tratamientos y plántulas al mes del transplante.



Figura 40 y 41. Tutoraje de las plántulas al mes del transplante y ubicación del tanque evaporímetro clase A



Figura 42 y 43. Podas fitosanitarias realizadas al cultivo y etapa de engrose del tomate de mesa de los primeros racimos.



Figura 44 y 45. Podas al primer racimo y producción de tomate antes de la maduración fisiológica .



Figura 46 y 47. Etapa de maduración y clasificación del tomate de la primera semana de cosecha.



Figura 48. Segunda semana de cosecha.



Figura 49. Peso del tomate de mesa previo a la venta.



Figura 50 y 51. Ataque de Oidium y hoja con sintomatología de Phytophthora infestans.



Figura 52 y 53. Medición de distancia entre racimos de cada tratamiento y materiales usados en la preparación del frutifol.



Figura 54. Mezcla de materiales para la elaboración del frutifol.



Figura 55 y 56. Día de campo en la fase final del cultivo y asistentes realizando la visita al cultivo.



Figura 57. Director de tesis y asistentes al día de campo.