



Universidad de Almería

Escuela Politécnica Superior

TESIS DOCTORAL

AVANCES EN LA ESTRATEGIA
DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS
DE TOMATE

Mario Pedro Lenscak

Marzo 2001



Universidad de Almería

Economía, Sociología y Política Agraria

*Avances en la estrategia de producción
de plántulas de tomate*

Mario Pedro Lenscak

Director:

Dr. José López Galvez

**TESIS PRESENTADA EN LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALMERÍA
PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR INGENIERO AGRÓNOMO.**

MARZO 2001

José López-Gálvez, Doctor Ingeniero Agrónomo, Profesor de la Universidad de Almería

CERTIFICA:

Que el trabajo de investigación titulado “Avances en la estrategia de producción de plántulas de tomate”, ha sido realizado bajo su dirección por Don Mario Pedro Lenscak. Una vez examinada la memoria, autoriza la presentación de dicho trabajo para aspirar al grado de Doctor Ingeniero Agrónomo y para que pase a consideración de trámite de lectura.

Para que así conste, firma el presente en Almería, el día ocho del mes de enero del año 2001



Fdo. José López-Gálvez

Conforme:



Mario Pedro Lenscak

A mi madre
A la memoria de mi padre
A mi esposa
A mis hijos

INDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	7
ÍNDICE DE CUADROS	13
ÍNDICE DE FIGURAS	16
ÍNDICE DE GRÁFICOS	17
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	19
AGRADECIMIENTOS	21
ABREVIATURAS	23
GLOSARIO	23
RESUMEN	27
ABSTRACT	28
1 CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN. ANTECEDENTES. OBJETIVOS.	29
1.1 Introducción.	31
1.2 Estructura de la presente Tesis.	32
1.3 Antecedentes. Revisión Bibliográfica.	33
1.3.1 Introducción.	33
1.3.2 Descripción de la estrategia de producción de plántula adulta.	35
1.3.3 Sistema de riego en semillero.	38
1.3.4 Desarrollo de raíces.	42
1.3.5 Volumen del recipiente.	45
1.3.6 Solución nutritiva. Acondicionamiento nutritivo	48
1.3.6.1 Conductividad Eléctrica.	48
1.3.6.2 pH.	49
1.3.6.3 Temperatura.	50
1.3.6.4 Oxigenación.	50
1.3.7 Manejo fitosanitario.	50
1.3.8 Substratos.	51
1.3.9 Tipo de cultivo hacia el que se pretende la estrategia.	52
1.3.10 Substancias que favorecen la formación de raíces.	53
1.3.10.1 Definición de sustancias húmicas.	53
1.3.10.2 Efectos en las propiedades físicas del suelo.	54
1.3.10.3 Las sustancias húmicas como fuente de nutrientes.	54
1.3.10.4 Influencia en la capacidad de intercambio catiónico.	54
1.3.10.5 Propiedades de formar complejos.	54
1.3.10.6 Efecto en el contenido de nutrientes de las plantas.	55
1.3.10.7 Efecto en el crecimiento de las plantas.	55

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN. ANTECEDENTES. OBJETIVOS (CONTINUACIÓN)	
1.3.10.8 Efectos en el mecanismo de absorción de nutrientes.	56
1.3.10.9 Rol de las sustancias húmicas como quelatos naturales.	56
1.3.10.10 Consideraciones finales sobre las sustancias húmicas.	57
1.3.11 Acondicionamiento mecánico para control de crecimiento.	57
1.3.11.1 Respuestas entre especies y cultivares.	58
1.3.11.2 Respuesta de la planta.	58
1.3.11.3 Respuesta estacional.	58
1.3.11.4 Otras respuestas.	59
1.3.11.5 Métodos de realización. Momentos. Reacciones.	60
1.3.12 Espaciamiento en el semillero.	61
1.4 Finalidad y objetivos específicos.	61
1.4.1 Finalidad.	61
1.4.2 Objetivos específicos.	61
1.5 Hipótesis De Trabajo	62
1.5.1 Desarrollo de raíces.	62
1.5.2 Frecuencias de riego.	62
1.5.3 Sustancias Húmicas.	63
1.5.4 Materiales debajo del taco.	63
1.5.5 Colocación del microplug.	63
1.5.6 Cepillado.	64
1.5.7 Densidad.	64
1.5.8 Producción.	64
2 CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS GENERALES A TODOS LOS ENSAYOS.	65
2.1 Localización de los ensayos.	67
2.2 Clima.	67
2.3 Infraestructura.	67
2.4 Semillero.	68
2.5 Solución nutriente.	70
2.6 Control fitosanitario.	70
2.7 Manejo de las plántulas.	70
2.8 Manejo del cultivo.	71
2.9 Descripción de los tratamientos.	72
2.9.1 Frecuencias de riego.	72
2.9.2 Materiales empleados en la base de los tacos.	73
2.9.3 Material empleado dentro de los tacos.	74
2.9.4 Tratamientos para tener mayor crecimiento radical y plántula retacona.	74

2	CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS GENERALES A TODOS LOS ENSAYOS. (CONT.)	
2.10	Variables Medidas.	75
2.11	Anexo I. Instrumental.	77
2.11.1	Peachímetro.	77
2.11.2	Balanza Electrónica de precisión.	77
2.11.3	Balanza Electrónica de carga superior.	77
2.11.4	Estufa para secado de biomasa.	78
2.11.5	Medición de Radiación interceptada.	78
2.12	Anexo II. Cuadros.	79
2.13	Anexo III. Figuras.	81
2.14	Anexo IV. Fotografías.	83
3	CAPÍTULO III: ENSAYO PRELIMINAR EN PEPINO.	87
3.1.	Introducción.	89
3.2	Objetivos.	89
3.3	Material y métodos.	89
3.3.1	Calendarios.	89
3.3.2	Tratamientos utilizados.	89
3.3.3	Densidad de plantas en semillero.	90
3.3.4	Variables Analizadas.	90
3.3.5	Diseño experimental y modelo estadístico.	90
3.4	Resultados y discusión.	91
3.5	Conclusiones.	93
3.6	Anexo I. Cuadros.	95
3.7	Anexo II. Gráficos.	101
4	CAPÍTULO IV: ENSAYO PRELIMINAR EN TOMATE.	103
4.1	Introducción.	105
4.2	Objetivos.	105
4.3	Material y métodos.	105
4.3.1	Calendario.	105
4.3.2	Densidad de plantas.	106
4.3.3	Tratamientos utilizados.	106
4.3.4	Variables analizadas.	106
4.3.5	Diseño experimental y modelo estadístico.	107
4.4	Resultados y discusión.	108
4.5	Conclusiones.	113
4.6	Anexo I. Cuadros.	115

4 CAPÍTULO IV: ENSAYO PRELIMINAR EN TOMATE. (CONTINUACIÓN)	
4.6 Anexo II. Gráficos.	121
5 CAPÍTULO V: ENSAYO EN SEMILLERO Y RESPUESTA EN CULTIVO.	125
5.1 Introducción.	127
5.2 Objetivos.	127
5.3 Material y métodos.	127
5.3.1 Calendario.	127
5.3.2 Densidades utilizadas.	128
5.3.3 Tratamientos utilizados.	128
5.3.4 Variables analizadas.	128
5.3.5 Diseño experimental y modelo estadístico.	129
5.4 Resultados y discusión.	129
5.5 Conclusiones.	136
5.6 Anexo I. Cuadros.	139
5.7 Anexo II. Gráficos.	151
5.8 Anexo III. Fotografías.	153
6 CAPÍTULO VI: FRECUENCIA DE RIEGO EN SEMILLERO.	155
6.1 Introducción.	157
6.2 Objetivos.	157
6.3 Material y métodos.	157
6.3.1 Calendario.	157
6.3.2 Tratamientos utilizados.	157
6.3.3 Densidad de plantas en semillero.	158
6.3.4 Variables analizadas.	158
6.3.5 Diseño experimental y modelo estadístico.	158
6.4 Resultados y discusión.	159
6.5 Conclusiones.	161
6.6 Anexo I. Cuadros.	163
6.7 Anexo II. Gráficos.	167
7. CAPÍTULO VII: TÉCNICAS PARA FAVORECER EL DESARROLLO RADICAL.	169
7.1 Introducción.	171
7.2 Objetivos.	171
7.3 Material y métodos.	171
7.3.1 Calendario.	171
7.3.2 Tratamientos utilizados.	171

7. CAPÍTULO VII: TÉCNICAS PARA FAVORECER EL DESARROLLO RADICAL.(CONT.)	
7.3.3 Densidad de plantas en semillero.	172
7.3.4 Variables analizadas.	172
7.3.5 Diseño experimental y modelo estadístico.	173
7.4 Resultados y discusión.	173
7.5 Conclusiones.	177
7.6 Anexo I. Cuadros.	179
7.7 Anexo II. Gráficos.	185
8 CAPÍTULO VIII: TÉCNICAS PARA OBTENER UNA PLÁNTULA RETACONA.	187
8.1 Introducción.	189
8.2 Objetivos.	189
8.3 Material y métodos.	189
8.3.1 Calendario.	190
8.3.2 Tratamientos utilizados.	190
8.3.3 Densidad de plantas en semillero.	190
8.3.4 Variables analizadas.	191
8.3.5 Diseño experimental y modelo estadístico.	191
8.4 Resultados y discusión.	192
8.5 Conclusiones.	194
8.6 Anexo I. Cuadros.	197
8.7 Anexo II. Gráficos.	201
8.8 Anexo III. Fotografías.	205
9 CAPÍTULO IX: OPTIMIZACIÓN DE LA DENSIDAD EN SEMILLERO.	207
9.1 Introducción.	209
9.2 Objetivos.	209
9.3 Material y métodos.	209
9.3.1 Calendario.	209
9.3.2 Tratamientos utilizados.	209
9.3.3 Variables Analizadas.	210
9.3.4 Diseño experimental y modelo estadístico.	210
9.4 Resultados y discusión.	211
9.5 Conclusiones.	213
9.6 Anexo I. Cuadros.	215
9.7 Anexo II. Gráficos.	219

10 CAPÍTULO X: DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES.	221
10.1 Discusión General.	223
10.1.1 Desarrollo de raíces.	223
10.1.2 Frecuencias de riego.	224
10.1.3 Substancias Húmicas.	225
10.1.4 Materiales debajo del taco.	226
10.1.5 Colocación del microplug.	227
10.1.6 Cepillado.	228
10.1.7 Densidad.	229
10.1.8 Producción.	229
10.2 Conclusiones.	230
BIBLIOGRAFÍA	231

INDICE DE CUADROS

CAPÍTULO I

Cuadro I-1: Contenido elementales de ácidos húmicos y fúlvicos	53
--	----

CAPÍTULO II

Cuadro II-1: Elementos presentes en la disolución, expresados en meq l-1, pH y conductividad según cultivos .	79
---	----

Cuadro II-2: Valores medios de desecación de tacos de lana de roca.	79
---	----

Cuadro II-3: Peso de tacos (g) como indicadores de riego.	79
---	----

CAPÍTULO III

Cuadro III-1: Biomasa del tallo y hojas en semillero a los 18 DDS.	95
--	----

Cuadro III-2: Biomasa aérea y radical en semillero a los 18 DDS.	95
--	----

Cuadro III-3: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 18 DDS.	96
---	----

Cuadro III-4: Biomasa del tallo y hojas en semillero a los 25 DDS.	96
--	----

Cuadro III-5: Biomasa aérea y radical en semillero a los 25 DDS.	96
--	----

Cuadro III-6: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 25 DDS.	97
---	----

Cuadro III-7: Biomasa del tallo en cultivo a los 32 DDS.	97
--	----

Cuadro III-8: Biomasa de hojas y flores en cultivo a los 32 DDS.	98
--	----

Cuadro III-9: Biomasa aérea y radical en cultivo a los 32 DDS.	98
--	----

Cuadro III-10: Biomasa total y parámetros adicionales en cultivo a los 32 DDS.	99
--	----

CAPÍTULO IV

Cuadro IV-1: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 27 DDS	115
--	-----

Cuadro IV-2: Biomasa de hojas en semillero a los 27 DDS.	115
--	-----

Cuadro IV-3: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 27 DDS.	116
---	-----

Cuadro IV-4: Biomasa total en semillero a los 27 DDS.	116
---	-----

Cuadro IV-5: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a 45 DDS.	116
---	-----

Cuadro IV-6: Biomasa de hojas en semillero a los 45 DDS.	117
--	-----

Cuadro IV-7: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 45 DDS.	117
---	-----

Cuadro IV-8: Biomasa total en semillero a los 45 DDS.	117
---	-----

Cuadro IV-9: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 53 DDS.	118
---	-----

Cuadro IV-10: Biomasa de hojas y flores en semillero a los 53 DDS.	118
--	-----

Cuadro IV-11: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 53 DDS.	118
--	-----

Cuadro IV-12: Biomasa total en semillero a los 53 DDS.	119
--	-----

Cuadro IV-13: Dimensiones y biomasa del tallo 8 días después del segundo transplante (53 DDS)	119
---	-----

Cuadro IV-14: Biomasa de hojas y flores 8 días después del segundo transplante.	119
---	-----

Cuadro IV-15: Biomasa aérea y de raíz 8 días después del segundo transplante.	120
---	-----

Cuadro IV-16: Biomasa total 8 días después del segundo transplante (53 DDS).	120
--	-----

CAPÍTULO V

Cuadro V-1: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 26 DDS.	139
Cuadro V-2: Biomasa de hojas en semillero a los 26 DDS.	139
Cuadro V-3: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 26 DDS.	140
Cuadro V-4: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 26 DDS.	140
Cuadro V-5: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 32 DDS.	140
Cuadro V-6: Biomasa de hojas en semillero a los 32 DDS.	141
Cuadro V-7: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 32 DDS.	141
Cuadro V-8: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 32 DDS.	141
Cuadro V-9: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 39 DDS.	142
Cuadro V-10: Biomasa de hojas e inflorescencias en semillero a los 39 DDS.	142
Cuadro V-11: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 39 DDS.	142
Cuadro V-12: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 39 DDS.	143
Cuadro V-13: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 46 DDS.	143
Cuadro V-14: Biomasa de hojas e inflorescencias en semillero a los 46 DDS.	143
Cuadro V-15: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 46 DDS.	144
Cuadro V-16: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 46 DDS.	144
Cuadro V-17: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 53 DDS.	144
Cuadro V-18: Biomasa de hojas, inflorescencias y brotes a los 53 DDS.	145
Cuadro V-19: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 53 DDS.	145
Cuadro V-20: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 53 DDS.	145
Cuadro V-21: Dimensiones y biomasa del tallo en cultivo a los 60 DDS	146
Cuadro V-22: Biomasa de hojas e inflorescencias en cultivo a los 60 DDS	146
Cuadro V-23: Biomasa de frutos y brotes en cultivo a los 60 DDS	147
Cuadro V-24: Biomasa aérea en cultivo a los 60 DDS	147
Cuadro V-25: Biomasa aérea en cultivo. Interacción tratamiento por época.	148
Cuadro V-26: Rendimiento precoz.	149
Cuadro V-27: Rendimiento precoz por épocas de transplante.	149

CAPÍTULO VI

Cuadro VI-1: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 36 DDS.	163
Cuadro VI-2: Biomasa de hojas en semillero a los 36 DDS.	163
Cuadro VI-3: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 36 DDS.	163
Cuadro VI-4: Biomasa total en semillero y parámetros adicionales a los 36 DDS.	163
Cuadro VI-5: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 43 DDS.	164
Cuadro VI-6: Biomasa de hojas en semillero a los 43 DDS.	164
Cuadro VI-7: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 43 DDS.	164
Cuadro VI-8: Biomasa total en semillero y parámetros adicionales a los 43 DDS.	164
Cuadro VI-9: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 48 DDS.	164

Cuadro VI-10: Biomasa de hojas y altura de primer inflorescencia a los 48 DDS.	165
Cuadro VI-11: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 48 DDS.	165
Cuadro VI-12: Biomasa total y parámetros adicionales a los 48 DDS.	165
CAPÍTULO VII	
Cuadro VII-1: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 28 DDS.	179
Cuadro VII-2: Biomasa de hojas en semillero a los 28 DDS.	179
Cuadro VII-3: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 28 DDS.	180
Cuadro VII-4: Biomasa total en semillero y parámetros adicionales a los 28 DDS.	180
Cuadro VII-5: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 36 DDS.	180
Cuadro VII-6: Biomasa de hojas en semillero a los 36 DDS.	181
Cuadro VII-7: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 36 DDS.	181
Cuadro VII-8: Biomasa total en semillero y parámetros adicionales a los 36 DDS.	181
Cuadro VII-9: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 43 DDS.	182
Cuadro VII-10: Biomasa de hojas en semillero a los 43 DDS.	182
Cuadro VII-11: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 43 DDS.	182
Cuadro VII-12: Biomasa total y parámetros adicionales a los 43 DDS.	183
Cuadro VII-13: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 47 DDS.	183
Cuadro VII-14: Biomasa de hojas y altura de primer inflorescencia a los 47 DDS.	183
Cuadro VII-15: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 47 DDS.	184
Cuadro VII-16: Biomasa total y parámetros adicionales a los 47 DDS.	184
CAPÍTULO VIII	
Cuadro VIII-1: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 35 DDS.	197
Cuadro VIII-2: Biomasa de hojas y altura de primer inflorescencia a los 35 DDS.	197
Cuadro VIII-3: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 35 DDS.	198
Cuadro VIII-4: Biomasa total y parámetros adicionales a los 35 DDS.	198
Cuadro VIII-5: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 53 DDS.	199
Cuadro VIII-6: Biomasa de hojas y altura de primer inflorescencia a los 53 DDS.	199
Cuadro VIII-7: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 53 DDS.	200
Cuadro VIII-8: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 53 DDS	200
CAPÍTULO IX	
Cuadro IX-1: Dimensiones y biomasa del tallo según densidades a los 33 DDS	215
Cuadro IX-2: Biomasa de hojas y aérea, altura de primer floración a los 33 DDS.	215
Cuadro IX-3: Dimensiones y biomasa del tallo a los 40 DDS.	216
Cuadro IX-4: Biomasa de hojas y aérea, altura de primer floración a los 40 DDS.	216
Cuadro IX-5: Dimensiones y biomasa del tallo según densidades a los 47 DDS.	217
Cuadro IX-6: Biomasa de hojas y aérea, altura de primer floración a los 47 DDS.	217

INDICE DE FIGURAS

Figura II-1: Croquis de ubicación de los ensayos.	81
Figura II-2: Croquis de la distribución de los invernaderos, redes de distribución de agua, saneamiento y drenajes	81
Figura II-3: Croquis de la distribución de agua en el semillero, inundación y drenaje.	82
Figura II-4: Croquis del sistema inyector de fertilizantes.	82
Figura II-5: Croquis de la calefacción.	82

INDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO III

Gráfico III-1: Evolución de la biomasa aérea en el primer transplante.	101
Gráfico III-2: Crecimiento de raíces en el primer transplante.	101
Gráfico III-3: Producción de biomasa total en el primer transplante.	101
Gráfico III-4: Evolución de la biomasa aérea en el segundo transplante.	102
Gráfico III-5: Crecimiento de raíces en el segundo transplante.	102
Gráfico III-6: Producción de biomasa total en el segundo transplante.	102

CAPÍTULO IV

Gráfico IV-1: Evolución de la biomasa aérea en semillero.	121
Gráfico IV-2: Crecimiento de raíces en semillero.	121
Gráfico IV-3: Producción de biomasa total en semillero.	121
Gráfico IV-4: Evolución de la biomasa aérea en el primer transplante.	122
Gráfico IV-5: Crecimiento de raíces en el primer transplante.	122
Gráfico IV-6: Producción de biomasa total en el primer transplante	122
Gráfico IV-7: Evolución de la biomasa aérea en el segundo transplante.	123
Gráfico IV-8: Crecimiento de raíces en el segundo transplante.	123
Gráfico IV-9: Producción de biomasa total en el segundo transplante.	123

CAPÍTULO V

Gráfico V-1: Evolución de la altura de planta en semillero	151
Gráfico V-2: Evolución de la biomasa aérea en semillero.	151
Gráfico V-3: Evolución de la biomasa radical en semillero.	151
Gráfico V-4: Evolución de la biomasa total en semillero.	152
Gráfico V-5: Evolución de la relación vástago/raíz en semillero.	152

CAPÍTULO VI

Gráfico VI-1: Evolución de la altura de planta.	167
Gráfico VI-2: Evolución de la biomasa aérea.	167
Gráfico VI-3: Evolución de la biomasa radical.	167
Gráfico VI-4: Evolución de la biomasa total.	168
Gráfico VI-5: Evolución de la relación vástago/raíz.	168

CAPÍTULO VII

Gráfico VII-1: Evolución de la altura de planta en semillero. A) Tratamientos. B) Frecuencias de riego.	185
Gráfico VII-2: Evolución de la biomasa aérea en semillero. A) Tratamientos. B) Frecuencias de riego.	185
Gráfico VII-3: Evolución de la biomasa radical en semillero. A) Tratamientos. B) Frecuencias de riego.	185

Gráfico VII-4: Evolución de la biomasa total en semillero.	
A) Tratamientos. B) Frecuencias de riego	186
Gráfico VII-5: Evolución de la relación vástago/raíz en semillero.	
A) Tratamientos. B) Frecuencias de riego	186
CAPÍTULO VIII	
Gráfico VIII-1: Evolución de la altura de plantas.	
A) Por posición. B) Por húmicos. C) Por cepillado.	201
Gráfico VIII-2: Evolución de la biomasa aérea.	
A) Por posición. B) Por húmicos. C) Por cepillado.	202
Gráfico VIII-3: Evolución de la biomasa radical.	
A) Por posición. B) Por húmicos. C) Por cepillado.	203
Gráfico VIII-4: Evolución de la relación vástago/raíz.	
A) Por posición. B) Por húmicos. C) Por cepillado.	204
CAPÍTULO IX	
Gráfico IX-1: Radiación interceptada en función del número de hojas.	219
Gráfico IX-2: Radiación interceptada en función de la densidad.	219
Gráfico IX-3: Altura de planta en función del número de hojas.	219
Gráfico IX-4: Altura de planta en función de la densidad.	220
Gráfico IX-5: Crecimiento en diámetro según evolución de la planta.	220
Gráfico IX-6: Evolución de la biomasa	220

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

CAPÍTULO II

Foto II-1: Vista del invernadero semillero.	83
Foto II-2: Vista del cabezal de riego.	83
Foto II-3: Bandejas con microplug y plántulas emergiendo.	83
Foto II-4: Plántulas de tomate en microplug al momento del repicado.	84
Foto II-5: Tratamiento con lámina continua de solución nutriente.	84
Foto II-6: Tratamiento sobre malla antiraíz.	84
Foto II-7: Tratamiento de paño de celulosa y algodón.	85
Foto II-8: Tratamiento de Tejido capilar.	85
Foto II-9: Acondicionamiento mecánico.	
A) Efectuando el cepillado. B) Midiendo la altura del canopeo.	85

CAPÍTULO V

Foto V-1: Raíces debajo del taco de lana de roca en el tratamiento Agua.	153
Foto V-2: Raíces en el costado del taco de lana de roca en el tratamiento Agua.	153
Foto V-3: Raíces debajo del taco de lana de roca en el tratamiento Malla.	154
Foto V-4: Raíces debajo del taco de lana de roca en el tratamiento Testigo.	154

CAPÍTULO VII

Foto VIII-1: Desarrollo de raíces en los tratamientos según posición.	205
Foto VIII-2: Efecto del cepillado.	205

Agradecimientos

La culminación de toda obra nos motiva al agradecimiento. Quizá porque intuimos que por más esfuerzo e inspiración que nos haya costado, constituye en esencia, e irremediabilmente, una co-creación. En ella se sintetizan numerosos esfuerzos de una comunidad con historia, los que generalmente obviamos, centrándonos generalmente en la mención de aquellos más próximos, que han colaborado directamente.

En esta obra, no quiero olvidarme de agradecer a todos quienes han contribuido a gestar algo que hasta ayer no era o no tenía rigor académico. Hoy es, y aquí está. Por ello, vaya mi profundo agradecimiento a todos los que han posibilitado esta obra.

En primer lugar a Dios, quien nos dio la posibilidad de ser co-creadores, y experimentar esta hermosa sensación de ser partícipes de la responsabilidad de transformar la naturaleza y construir la historia. En segundo lugar a la comunidad argentina que me ha formado, ha confiado en mi capacidad y me ha financiado los estudios de postgrado. En tercer lugar a la comunidad española, que ha dispuesto de todos los elementos necesarios para la cristalización de un nuevo aporte a la ciencia.

Y de aquí en más, quisiera particularizar mis agradecimientos comenzando por mi familia, quien ha aliviado sensiblemente estos años de virtual exilio, ofreciendo su sacrificio en función de la capacitación y la investigación. Para mi esposa y mis hijos, para mi madre, y mis hermanos con sus respectivas familias. Todos ellos me alentaron permanentemente y ayudaron directa o indirectamente, a pesar de la distancia que nos separaron durante estos años. No hay palabras para expresar el agradecimiento de quien ha encontrado en los suyos solo palabras de aliento, y una actitud positiva para solucionar todos los problemas que se fueron presentando.

Y así como no puedo olvidarme de mi familia, debo particularizar también mi agradecimiento al INTA Bella Vista (Corrientes) por su confianza y la financiación de este emprendimiento que hoy se corona con esta obra. Y dentro de esta Institución no puede pasar por alto al Director de la Estación Experimental, Ing. Arturo D. Carcaño, quien me allanó el camino en toda la tramitación del postgrado. Cabría mencionar aquí a muchos colegas y compañeros que me ayudaron en distintos momentos, pero quisiera particularizar el agradecimiento a la Lic. Laura Itatí Giménez, por todo el aporte en la discusión de los modelos estadísticos utilizados, como así también el procesamiento de los datos e interpretación estadística de los resultados.

Debo hacer mención a quienes tuvieron directamente la responsabilidad de tutorar esta experiencia. A los Doctores José López-Gálvez y José Ramón Díaz Álvarez, quienes, a través de estos años y del trabajo compartido, me han dado la orientación en el post-grado, la formación académica, la solución a muchos problemas, la lectura detallada de los borradores

de la presente Tesis con sus valiosos aportes, pero además, me brindaron lo más valioso: su amistad.

La parte experimental de este trabajo ha sido desarrollada en la empresa DuniAgro S. A., a quienes les estoy agradecido por ofrecerme las instalaciones, y al personal de campo de la misma, quienes con su amistad hicieron posible un ambiente agradable de trabajo. Es en ese ambiente de trabajo en que mis colegas y compañeros, Roberta Marins Peil, Claudia Virgen Acosta, Omar Sidahi, Francisco Zapata Navas, Inma Sánchez Porcel y Manuel Molina me ayudaron con profesionalismo, a la realización de esta obra.

Entre las sugerencias sobre metodologías de trabajo, quiero agradecer el aporte brindado por el Dr. Carlos Gil Carrasco, y en la lectura del borrador y correcciones finales, las sugerencias y aportes del Dr. José Miguel Guzmán Palomino.

La extensa revisión bibliográfica realizada para la presentación de la presente Tesis, no hubiese sido posible sin el apoyo eficiente del servicio de búsqueda de documento de la Biblioteca de la Universidad de Almería, en las personas de Rosa María Escobar Gomiz, María del Mar López Castro, José Ignacio López-Gay Lucio-Villegas, María Teresa López Rodríguez y José Francisco Pérez Sánchez, a quienes va mi reconocimiento por su labor.

También en este sentido, no debo olvidarme del servicio de Informática de la Universidad de Almería, en las personas de Antonio Caballero Guzmán, Armando García Fernández, Jesús Rubén García Sánchez y Juan Antonio Quintana Tortosa, quienes me han ayudado en todo lo referente al trabajo en ordenador para la confección de este trabajo.

Finalmente, quiero dejar expresado mi agradecimiento a todo el grupo de amigos de la Coral Universitaria, y en particular al matrimonio Milan Salinas, quienes supieron llenar con amistad y buena música el vacío que supone estar lejos de la familia. Y también, porque no decirlo, agradecer las guitarreadas con sabor argentino en el Martín Fierro.

Para Todos, Muchísimas Gracias.

ABREVIATURAS

- PAR:** Radiación Fotosintéticamente Activa.
SH: Substancias Húmicas.
VRR: Volumen Restrictivo Radical.
CE: Conductividad eléctrica.
PNC: Condiciones Nutritivas de Pretransplante
NFT: Técnica del Film Nutriente.
MA: Acondicionamiento Mecánico.
rpm: revoluciones por minuto.
DDS: Días desde la siembra
RGR: Intensidad de crecimiento relativa.

GLOSARIO

- ACIDOS FÚLVICOS:** Dentro de las sustancias húmicas, corresponde a la fracción que es soluble en agua bajo cualquier condición de pH.
- ACIDOS HÚMICOS:** Dentro de las sustancias húmicas, corresponde a la fracción que no es soluble en agua bajo condiciones muy ácidas (pH menor a 2) pero soluble a altos valores de pH.
- ACONDICIONAMIENTO MECÁNICO:** Aplicación comercial de respuestas de estrés mecánico natural en producción de plántulas de hortalizas. El estímulo puede producirse de diferentes formas: tocando alguna parte de la planta, frotando secciones del tallo con los dedos, por vibraciones o viento (Latimer, 1991a)
- BALSA:** Hueco hecho en la tierra que se llena de agua.
- BALSETA:** Balsa de superficie amplia y escasa profundidad.
- CABEZAL DE RIEGO:** Conjunto de dispositivos que realiza una o varias de las siguientes funciones: control y medida de los riegos que se dan aguas abajo, incorporación de fertilizantes, filtración de agua, regualción de presión y gasto, etc.
- CEPILLADO:** Tratamiento físico para controlar el crecimiento de las plantas, sometiéndolas a pasadas consecutivas con una pequeña plancha de poliestireno expandido ú otro material, de ida y vuelta, en forma suave, dos veces diarias desde el momento en que la altura de las plántulas es de aproximadamente 8 cm y durante 10 a 15 días (Garner y Björkman, 1996).

CONDICIONES NUTRITIVAS DE PRETRANSPLANTE: Proceso de acondicionamiento nutricional de plántulas durante la fase de producción en semillero para predisponer las plántulas a una mayor tolerancia al estrés de transplante, recuperación rápida post-transplante e incrementar los rendimientos precoces. (Dufault, 1986)

CUAJAR: Fecundación de las flores.

HUMINAS: Dentro de las sustancias húmicas, corresponde a la fracción que no es soluble en agua a ningún valor de pH.

LÁMINA (de solución nutritiva): Capa de agua de poco grosor extendida sobre una superficie supuestamente a nivel.

LIXIVIADOS: Solución nutritiva que se pierde por filtración en el suelo o escorrentía.

MICROPLUG: Taco de lana de roca de pequeña magnitud que se utiliza para geminar la semilla y tener la plántula hasta la primer ó segunda hoja verdadera.

MINIRIZOTRONES: Sótanos pequeños bajo tierra para observación de raíces con cámara de televisión (Taylor, 1986).

NFT (técnica de la película nutritiva): La tecnología del film nutritivo se basa en una película de solución nutritiva que circula constantemente a través de las raíces, no existiendo pérdidas o salida al exterior de lixiviados, por lo que constituye un sistema cerrado por sí. Las plantas se encuentran suspendidas en canales de cultivos con o sin recipiente de soporte. Otra característica del sistema, es la necesidad de contar con una pendiente o desnivel de la superficie de cultivo, ya que por medio de ésta se posibilita la recirculación (Cooper, 1979; López-Gálvez y Peil, 2000; Resh, 1997).

PINZAMIENTO: Acción de dejar determinada cantidad de frutos cuajados por racimo

PLÁNTULA: Planta nueva que ha de ser transplantada.

PLÁNTULA ADULTA: Plántula con una o más floración/es abierta/s y en proceso de fecundación.

PLÁNTULA RETACONA: Plántula de menor longitud y mayor diámetro que la normal.

QUIMIODENTRIFICACIÓN: Pérdida de nitratos en el suelo ó substrato por acción química. (Daum y Schenk, 1999).

RAÍCES ADVENTICIAS: Son aquellas que surgen de cualquier parte de la planta que no sean las raíces.

RAÍCES BASALES: Son las desarrolladas en la región basal de la planta. Esta región en tomate comprende el cm inferior del hipocótilo y el cm superior de la raíz primaria (Zobel, 1975).

RAÍCES CENTRALES: Es el conjunto de la raíz primaria y las raíces laterales.

RAÍCES LATERALES: Son las que surgen de la proliferación del periciclo radical. Pueden ser de distintos órdenes.

RAÍZ PRIMARIA: Raíz embrional o principal.

RECIRCULACIÓN: Acción de someter repetidamente la solución nutriente a un ciclo de fertirriego.

RIZOTRONES: Sótanos bajo tierra con un pasillo central para observación de raíces (Taylor, 1986)

SEISMOMORFOGÉNESIS: Tratamientos mecánicos para controlar el crecimiento sin contacto con la planta (viento, vibración o sacudida) (Mitchell *et al.*, 1975).

SEMILLERO: Sitio donde se siembran y crían vegetales que después han de transplantarse.

SEMILLERO DE FLUJO Y REFLUJO: En este tipo de semillero, las macetas, tacos o recipientes con plántulas son colocados en una cama de cemento o balseta que se inunda hasta humedecer el sustrato, procediendo luego al drenaje de la solución nutritiva, hasta un nuevo ciclo de riego.

SOLUCIÓN NUTRIENTE: Mezcla que resulta de disolver sustancias nutritivas para las plantas en agua.

SUBIRRIGACIÓN: En este sistema de riego, las macetas, tacos o recipientes con las plántulas son colocados en una balseta que se inunda con una fina película de agua constante y el agua asciende por capilaridad.

SUBSTANCIAS HÚMICAS: Categoría de sustancias orgánicas heterogéneas de origen natural, por biogénesis, que generalmente pueden ser caracterizadas como de color amarillas a negras, con alto peso molecular y con propiedades refractarias (Aiken *et al.*, 1985).

SUBSTRATO: Material que sirve de asiento a una planta.

THIGMOMORFOGÉNESIS: Tratamientos mecánicos para controlar el crecimiento pueden ser por contacto con la planta (tocar, frotar, cepillar) (Jaffe, 1973).

VÁSTAGO: Conjunto de tallo y hojas

VOLUMEN RESTRICTIVO RADICAL: Nombre genérico que se le asigna a los trabajos de investigación que estudian los aspectos del volumen del recipiente donde se encuentran las raíces.

RESUMEN

Lenscak, M. P. 2001. Avances en la estrategia de producción de plántulas de tomate.

Tesis Doctoral. Universidad de Almería. Escuela Politécnica Superior. España. 245 páginas. 5 figuras. 99 cuadros. 40 gráficos. 187 referencias bibliográficas.

La estrategia de producción de plántulas adultas en semillero se basa en la reducción de costos buscando un óptimo productivo, con el mínimo impacto medioambiental. Esta Tesis pretende avanzar en la mejora de la técnica de obtención de plántula adulta de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en semilleros de flujo y reflujo. Se ha estudiado la formación de raíces dentro del taco de lana de roca con distintas frecuencias de riego, con agregado de sustancias húmicas, con la colocación de distintos materiales debajo del taco, con varias formas de repicado y con un tipo de acondicionamiento mecánico para observar su crecimiento y, su influencia en la generación de biomasa total de la plántula. A su vez se evaluaron distintas densidades para conocer su óptimo.

Los resultados obtenidos permiten aportar los siguientes avances en el conocimiento: a) La realización de la estrategia de producción de plántula adulta en semillero de flujo y reflujo puede ser mejorada con determinadas técnicas. b) El desarrollo de raíces dentro del taco de lana de roca puede mejorarse colocando una malla antiraíz debajo, así como con el agregado de sustancias húmicas que, en determinadas ocasiones tienden a mejorar el crecimiento radical o, con la colocación del microplug en forma acostada dentro del taco de lana de roca, que incrementa el desarrollo de raíces basales. c) El agregado de una fina plancha de lana de roca debajo del taco, permite un mejor desarrollo de la plántula y un buen establecimiento en los canales de NFT. d) Una lámina permanente de solución nutriente produce plántulas vigorosas pero se resiente mucho en los trasplantes tardíos. e) La programación del riego mediante pesada de los tacos resulta ser una herramienta útil, obteniendo plántulas con buena relación vástago/raíz y menor altura. f) El cepillado de las plántulas reduce significativamente la altura sin detrimento de la materia seca final. g) La combinación del tratamiento de cepillado junto con el agregado de sustancias húmicas permite obtener menor altura y mayor desarrollo radical, siendo muy conveniente para obtener una plántula adulta en semillero. h) La densidad óptima, que evidentemente dependerá de la intensidad de radiación solar, se sitúa en torno a 22 pl/m², en siembras de primavera en Almería, llevadas a 14 hojas.

Palabras claves: Tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., semillero de flujo y reflujo, lana de roca, malla antiraíz, sustancias húmicas, densidad, cepillado, thigmomorfogénesis, plántula adulta, repicado.

ABSTRACT

Lenscak M.P. 2001. Advances in production strategy of tomato seedlings. Doctoral thesis. University of Almería. High Polytechnic School. Spain. 245 pages. 5 Figures. 99 Tables. 40 Grafics. 187 References

The production strategy of senior seedlings in nursery is based upon the cost reduction, seeking for an optimum product, with the lowest possible environmental impact. This Thesis will try to advance in the improvement of the technique used to obtain adult tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum Mill.*) in ebb and flow nursery. We have studied the root formation within the rockwool block with different frequencies of irrigation, and also with addition of humics substances, placing different materials below the block, with several ways of transplanting at the block, and a mechanical conditioning to observe the growth and its influence in the generation of the total biomass of the seedlings. Besides, different densities to acknowledge the optimum were evaluated.

The obtained results offered the following advances in our knowledge: a) The performance of the production strategy of the senior seedling in ebb and flow nursery can be improved using certain techniques. b) The root development within the rockwool block can be incremented by placing an anti-root net below, as well as the addition of humics substances, which, in certain occasions, tend to improve root growth, or even placing a microplug in horizontal position within the rockwool block helps the development of basal roots. c) The addition of a fine sheet of rockwool below the block also allows a better development of the seedling and a good establishment of the NFT channels. d) The permanent layer of nutrient solution gives vigorous seedlings, but this is detrimental in latest transplants. e) A scheduled irrigation through the weighing of the blocks proved to be a useful tool to obtain seedlings with a better relationship between shoot/root and lower height. f) The brushing of the seedlings, reduces significantly the height without affecting the final dry weight. g) The combination of the brushing treatment and the addition of humics substances allows to obtain lower height and better root development, all of which is very convenient to obtain a senior seedling in nursery. h) The optimum density in tomato spring sowing, taken to 14 leaves to transplantation, would be of 22 pl/m².

Key Words: Tomato, *Lycopersicon esculentum Mill.*, ebb and flow nursery, rockwool, anti-root net, humics substances, density, brushing, thigmomorfogénesis, senior seedling, transplant.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN. ANTECEDENTES. OBJETIVOS.

1. Introducción. Antecedentes. Objetivos.

1.1 INTRODUCCIÓN

El cultivo de hortalizas ha sufrido una evolución y un cambio en toda su concepción, motivado fundamentalmente por la incursión de los plásticos en los medios productivos. A este respecto cabe destacar los materiales para protección de cultivos: acolchados, cubiertas flotantes, túneles e invernaderos. También los plásticos han contribuido de forma decisiva en la gestión y manejo del agua de riego: revestimiento de canales, balsas, tuberías y sistemas de riego principalmente de goteo que ya forman parte indispensable en los establecimientos hortícolas. Este material ha permitido ejercer en forma económica el control parcial de las condiciones climáticas, favoreciendo el desarrollo de los cultivos a lo largo del año, haciendo que se dispusiera de una oferta continuada de producto, y a su vez, ha permitido entrar en producción a tierras que eran consideradas marginales para la agricultura. La nueva situación se caracteriza por una mayor oferta que modifica tanto los hábitos de consumo como las tendencias de precios en los mercados.

El cambio en las tendencias se ve reflejado en dos formas. Por un lado, se reducen los picos de precios altos que se obtenían en época invernal, y por otro, se observa una tendencia a la baja en el precio medio percibido a lo largo de todo el año. Esta modificación en el precio de venta del producto motiva a los productores a plantearse distintas estrategias para reducir costos y mantener una oferta, como así también diferenciar productos con el fin de maximizar beneficios.

El aumento de la superficie dedicada a la agricultura protegida también ha acarreado problemas medioambientales. Cada vez se tornan más críticos los conceptos de manejo de medio ambiente, en cuanto a la eliminación de lixiviados (contaminación de napas), al uso de combustibles fósiles para la calefacción (contaminación del aire) y a la utilización de productos fitosanitarios (contaminación del suelo, el agua y la cosecha).

Este trabajo plantea una alternativa para optimizar la cosecha y minimizar el impacto medioambiental. Con este fin se aportará un mayor conocimiento sobre una determinada estrategia productiva, basada en dejar en el semillero la plántula el mayor tiempo posible, reduciendo de esta forma el tiempo entre el transplante y primera recolección.

La estrategia se fundamenta en la producción de plántula para transplante en semillero de flujo y reflujo. Esta técnica permite obtener plántulas más grandes a las que se riega en forma uniforme. A su vez, la recirculación de prácticamente toda la solución de nutrientes se recupera, evitándose de esta manera los lixiviados. Por otra parte, al trabajar

mayor cantidad de plantas en menor espacio, que es el que tendrían en plantación definitiva, se reduce la energía utilizada para la calefacción en invierno o enfriar en verano, como así también se reduce la cantidad de productos fitosanitarios necesarios en cada aplicación.

La estrategia general planteada en esta Tesis se centra en las técnicas para obtener una plántula de tomate con 2 inflorescencias en el semillero, con características que permitan un buen manejo durante el transplante y un buen arraigue posterior. Para ello se debe buscar baja altura, buen diámetro, buen desarrollo radical y baja relación vástago/raíz. La información bibliográfica con respecto a este tema no es abundante, por lo que se aportarán conocimientos para que la estrategia propuesta pueda llegar a buen término.

1.2 ESTRUCTURA DE LA PRESENTE TESIS.

La presente Tesis se ha estructurado como sigue:

El capítulo I se inicia con una introducción general a la problemática planteada, luego de la cual se hace la revisión bibliográfica sobre los distintos puntos que abarca la Tesis, para posteriormente fijar los objetivos y plantear las hipótesis de trabajo.

En el capítulo II se da una descripción del material y la metodología general empleada en todos los ensayos realizados. Aspectos tales como la localización de los ensayos, el clima, la infraestructura disponible, el semillero utilizado, la solución nutritiva, el manejo fitosanitario del semillero, el manejo de las plántulas en semillero, como así también la descripción de los tratamientos utilizados en los ensayos y de las variables analizadas.

El capítulo III corresponde al ensayo preliminar realizado con plántulas de pepino, tratando de tener una valoración rápida del manejo de este tipo de ensayo y una primera aproximación de los tratamientos a evaluar.

El capítulo IV presenta el ensayo preliminar con plántulas de tomate, introduciendo nuevas variables como consecuencia del ensayo anterior. Este ha servido para tener una primera medición de los parámetros y poner a punto la metodología de trabajo.

El capítulo V muestra el ensayo con distintos tratamientos de plántulas de tomate en semillero. Aquí, con los antecedentes de los anteriores, se trató de avanzar en el conocimiento del comportamiento de distintos materiales para favorecer el enraizado dentro del taco de lana de roca, como también medir el rendimiento de los primeros racimos florales en los tratamientos combinados con distintas fechas de transplante.

En el capítulo VI se analiza un ensayo sobre frecuencias de riego en semillero. Se plantean los momentos de riego a través de parámetros de tiempo fijo, contrastando con la determinación de las necesidades de riego mediante el peso del taco de lana de roca.

El capítulo VII muestra el ensayo con distintos tratamientos en los tacos de lana de roca, en el cual se validan los resultados obtenidos en el ensayo de los capítulos IV y V.

El capítulo VIII corresponde a un ensayo para obtener una plántula retacona (de menor altura y mayor diámetro). En este ensayo se evalúan nuevas técnicas para obtener una plántula con mejores condiciones de transplante.

En el Capítulo IX se investiga la densidad de plántulas de tomate en semillero. Se evalúan distintos marcos entre plantas para conocer la densidad más conveniente a colocar en semillero, en función del estado de desarrollo a alcanzar.

Finalmente, el Capítulo X trata la discusión general, en la que se relacionan todos los resultados obtenidos de los ensayos, refrendados con la bibliografía específica. A continuación se relacionan las conclusiones generales de la Tesis, y las propuestas de investigación surgidas a partir del presente trabajo.

Los cuadros, gráficos, figuras y fotografías se han colocado todos en anexos al final de cada capítulo.

Si bien existe un glosario de los términos utilizados en la presente tesis, se definirán aquí tres vocablos que serán de uso frecuente para establecer claramente su alcance y facilitar con esto la lectura.

- *Plántula adulta*: Planta con una o más floración abierta y en proceso de fecundación.
- *Plántula retacona*: Plántula de menor longitud y mayor diámetro que la normal
- *Semillero de flujo y refluo*: Semillero en el que el riego se realiza por inundación temporal. En la bibliografía se puede encontrar también como de inundación y drenaje.

1.3 ANTECEDENTES. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:

1.3.1 Introducción

Tal vez el rasgo más característico de la horticultura moderna y más precisamente de la horticultura protegida, sea la de su constante cambio hacia nuevas formas y concepciones. Y es justamente dentro de esa característica de cambio que se pretende introducir nuevas estrategias o alternativas ante un sector que a pasado de ser tradicionalista en sus concepciones y prácticas, a ser altamente innovador.

López-Galvez y Peil, (2000) describen, para la horticultura bajo plástico almeriense, 4 etapas en esta evolución: La primera (1970 a 1980) con un componente de tipo familiar, con la incorporación de filmes de polietileno sobre parrales modificados; la segunda (1980-1990) con el cambio en el material genético y la incorporación del riego por goteo; la tercera (1990-1995) con el paso de la estructura familiar a la empresarial, aumento del tamaño de las explotaciones y cambios en las estructuras de invernaderos; y la etapa actual (1995 en adelante), en que el cambio en el entorno económico y medioambiental obliga a replantear muchas de las técnicas que hasta este momento se venían realizando.

Es en esta etapa, en que como consecuencia de la mayor oferta de producto lanzado al mercado (producido por el aumento de la superficie cultivada bajo invernadero y también por el aumento de los rendimientos por unidad de superficie), originó una caída en los precios percibidos por el productor, tanto del precio medio a lo largo del año, como de los precios altos obtenidos en pleno invierno. (Planells y Mir Piqueras, 2000; Aliaga Mateos, 2000).

A su vez, la inversión requerida para la construcción de un invernadero oscila entre 42000 y 120000 Euros por hectárea, que sumado al valor de la tierra y otros componentes del capital fijo (Enarenado, riego, galpones, etc.) hacen un total del capital inmovilizado de entre 114000 y 360000 Euros/ha (López-Gálvez y Peil, 2000)

Como consecuencia de la disminución en los precios obtenidos en los mercados, con lo elevado de las inversiones descritas, se produjo una disminución en la rentabilidad de las inversiones. Por lo tanto, para poder optimizar cada metro cuadrado de invernadero, se torna necesario entonces un cambio en las estrategias, ya sean comerciales o productivas. Las estrategias comerciales pasan por la búsqueda de nichos de mercado donde colocar determinado producto con algún valor diferencial y dentro de las estrategias productivas están aquellas que tratan de aprovechar el mayor tiempo posible el invernadero durante el año.

A modo de ejemplo, para el caso de la búsqueda de nichos de mercado, se tiene el uso de variedades con características especiales (en tomate: racimos, cherry, copetín, larga vida, redondo, y perita) o la diversificación de especies, como ser: pepino, pimiento, calabacín, judía, melón, sandía, etc. y a su vez combinada con diversidad en las épocas. Cada productor va viendo anualmente qué combinación de especie-variedad-época es la que, de acuerdo a sus posibilidades de comercialización más le conviene.

Dentro de las estrategias del uso del invernadero a lo largo del año, Kabala y Giacomelli (1992) proponen un sistema tipo factoría, realizando el cultivo de tomate como una línea de ensamble, en el que día a día se van colocando bassetas de cultivo nuevas y se

llega hasta la cosecha solamente del primer racimo, con una densidad de 11 plantas por metro cuadrado en cada balseta movable. Existen otras estrategias alternativas que son parte de la experiencia de cada productor o empresa. Caben citar como ejemplo el uso de doble escala de cultivo, o cultivo intercalar, que mientras se va cosechando uno, comienza el crecimiento de un segundo cultivo.

El otro punto importante es el tema de la contaminación (Alexander, 1993; López-Gálvez y Naredo, 1996). Los sistemas de cultivo que utilizan técnicas de fertirriego producen pérdidas de agua y fertilizantes por lixiviación o drenaje de la solución que alcanzan entre el 20% y el 50% del total de la solución nutriente aportada (Schröder *et al.*, 1995). Si bien hasta el momento no se tiene ninguna reglamentación específica con respecto a los lixiviados en España, ya en la ley general sobre residuos (Ley 10/1998 del 21 de abril), se deja expresa constancia sobre la normativa a promulgar y el vertido de residuos fertilizantes “deberá llevarse a cabo sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos que puedan perjudicar al medio ambiente, y en particular sin producir contaminación al agua” (Disposición adicional 5ta BOE 9478. 1998.). A su vez, en Holanda se obligará por ley a partir de este año al empleo de sistemas cerrados ó de recirculación de la solución nutritiva en el 100% de las superficies de cultivo (Gielsing *et al.*, 1995; Kreij, 1995; Van Os, 1998). En los demás países de la Unión Europea se están preparando leyes similares. Por otra parte, existe un gran avance técnico en este sentido (Stein, 1980; García Lozano, 1997; Marfá, 2000)

Por estas razones la estrategia productiva que sirve de marco a la presente Tesis involucra el transplante de planta adulta para reducir el tiempo entre transplante y cosecha, junto con la utilización de un semillero de flujo y reflujo para la disminución de lixiviados.

1.3.2 Descripción de la estrategia de producción de plántula adulta

Existen dos épocas del año en que la alternativa de producción de planta adulta en semillero resulta más interesante:

- En invierno, pues la mayor densidad en el semillero, mejora la eficiencia en la calefacción, pues si esta plántula crece en el invernadero de cultivo, la baja densidad obliga a calentar mayor volumen.
- En verano, la restricción se encuentra en los sistemas de enfriamiento de invernadero, fundamentalmente de tipo activo como la nebulización, debiendo aprovechar estos sistemas con alta densidad.

Además del ahorro de energía para lograr la temperatura óptima de desarrollo de las plántulas, cabría esperar un ahorro adicional en los tratamientos fitosanitarios, por la reducción en la cantidad de producto y mano de obra que se necesitan en cada aplicación.

Ahora bien, se debe considerar también que durante el tiempo adicional que la planta permanece en el semillero, se puede estar cosechando los frutos del cultivo anterior. Este proceder optimiza el uso de cada metro cuadrado de invernadero. Además durante ese periodo hay que considerar los costos de cultivo, fundamentalmente climatización y control fitosanitario, que se producen en distinta medida en una relación de 1:10 si la planta está en el semillero o en el invernadero de cultivo. A todo lo anterior habrá que añadir el mayor riesgo de plagas y enfermedades en el invernadero por menor estanqueidad. Esto hace una sumatoria de beneficios que solo se contrarresta por un precio algo superior por plántula, el cual está ampliamente justificado.

Este tipo de plántula se logra si se cuenta con un tipo de riego que asegure uniformidad aún con plántulas adultas, a su vez, que se mantenga una baja humedad relativa en el invernadero y también que se recuperen los lixiviados. Por lo tanto, la estrategia planteada precisa de la utilización de un semillero de flujo y reflujo, que es el que reúne estos requisitos.

Ahora bien, casi todas las hortalizas pueden ser transplantadas sin que se observe una detención visual de crecimiento en un estado temprano de plántula (Loomis, 1925). La severidad de la detención del transplante se incrementa con la edad, especialmente con plantas escasamente adaptadas a soportar disturbios. La referencia más antigua sobre investigaciones en el tema del transplante, es quizás la tesis doctoral de Loomis (1925). Este autor, distingue tres grupos de especies dependiendo de su facilidad de transplante:

- Grupo 1: Plantas muy fácilmente transplantables, las cuales muestran una rápida formación de raíces nuevas, asociado a un lento crecimiento vegetativo. Este es el caso del repollo, la lechuga y el tomate, entre otros.
- Grupo 2: Plantas que requieren cuidados en el transplante por tener baja intensidad de formación de raíces nuevas, menos que las del grupo 1. El crecimiento vegetativo es lento, como por ejemplo en coliflor, cebolla, pimiento y apio.
- Grupo 3: Plantas problemáticas para ser transplantadas ya que la intensidad de formación de raíces es lenta y el crecimiento vegetativo es rápido. El pepino y el calabacín son representantes de este grupo.

Hay que tener presente que la época en que se realizó este trabajo, lo usual era el transplante a raíz desnuda. En la segunda mitad del siglo XX, varios autores han escrito sobre este particular pero enfocando los trabajos hacia la producción de plántula en maceta y evaluando su estado fenológico al momento del transplante (Morgan y Clarke, 1975; Cooper y Hurd 1968a y b; Leskovar *et al.* 1991). Estos autores investigaron las consecuencias de llevar plántulas adultas a cultivo. Observaron que con plántulas con la tercer floración abierta en el momento del transplante, los efectos se ven reflejados hasta la

sexta inflorescencia. Sin embargo, éstos conceptos se han ido modificando en parte debido a la incorporación de otras técnicas en nuevas investigaciones, lo cual se analizará seguidamente en mayor detalle.

El tamaño del recipiente es uno de los puntos en que se ha puesto mayor énfasis (Morgan y Clarke, 1975). Estos autores utilizaron un tipo de recipiente que consideraron en sus conclusiones que resultó pequeño para las plántulas transplantadas tardíamente, sin especificar el volumen. Este punto se analizará en el apartado 1.3.5. Existen contradicciones en lo referente a las consecuencias del transplante de plántulas adultas. Por lo tanto, las conclusiones deben ser analizadas distinguiendo la metodología de trabajo en cada caso, pues están quienes han encontrado depresiones de rendimiento importantes (Morgan y Clarke, 1975) hasta beneficios adicionales (Cooper y Hurd, 1968a y b). Quizás los métodos utilizados sean la causante de las contradicciones anteriores.

Morgan y Clarke (1975) mostraron depresiones en el rendimiento con transplantes tardíos. En la época en que se realizó la investigación, era incipiente la utilización de disoluciones nutritivas equilibradas para cultivos sin suelo, como así también su utilización en semilleros (Steiner, 1973, 1980). En el trabajo citado a comienzo de párrafo, se utilizó una solución de N y K, algo enriquecida en Mg, sin mencionar P, Ca y microelementos. Además se trabajó con un substrato con escaso aporte de nutrientes (arena y turba). Las soluciones utilizadas en la actualidad en semilleros pueden ser más equilibradas, mejor reguladas y con aporte de todos los elementos (Alarcón y Egea, 1999). Conviene mencionar que a medida que las plántulas tenían mayor desarrollo en semillero, mayor fue el estrés hídrico y nutricional presentado, con lo cual posteriores trabajos determinaron el efecto detrimental de esta práctica (Garton y Widders, 1990. Weston y Zandstra, 1986). Cooper y Hurd (1968a y b) no encontraron diferencias en la producción total, tal vez por haber utilizado solución nutritiva equilibrada durante el desarrollo de la plántula. Por lo tanto, es razonable pensar que si se trabaja con una solución nutritiva equilibrada no se tendrá ese efecto de disminución de rendimiento debido a este factor.

Con plántulas adultas, con flores abiertas y hasta frutas establecidas al transplante, se ha obtenido mayor rendimiento precoz (Weston y Zandstra, 1989; Dyck y McFerram, 1961; Nicklow y Minges, 1962). Estos últimos encontraron un mayor número de frutos establecidos transcurridos 10 días del transplante, y un menor crecimiento vegetativo posterior hasta el comienzo de maduración de fruto en transplantes tardíos. Para estos autores, la detención de crecimiento se produce por la competencia de asimilados entre el desarrollo de los frutos y la regeneración del sistema radical. Cooper (1972) demostró, no obstante, que la competencia por asimilados se produce entre las hojas y la parte reproductiva y no entre raíz y fruto, si bien este autor trabajó con recipientes más grandes y en hidroponía.

Vavrina *et al.* (1993), investigaron con sandía, no encontrando diferencias significativas entre rendimiento ni con la edad de la plántula ni con distintos envases ensayados. En este caso se trabajó con bandejas de celdas pequeñas para un cultivo más susceptible que el tomate al daño por raíz y con duración de semillero de un mes.

A la luz de lo mostrado por los distintos autores parece que para poder prolongar la permanencia de la plántula en el semillero, se debe tener en cuenta: el volumen del recipiente, el sustrato, la nutrición y los factores medioambientales para no deteriorar la productividad final del cultivo. A pesar de que los trabajos citados muestran restricciones importantes hacia la concreción de esta estrategia, es posible su establecimiento. No obstante, se debe afinar la puesta a punto de la técnica para hacerla operativa y viable.

Se analizarán a continuación 1) el sistema de riego y su frecuencia, 2) el desarrollo de raíces, 3) el volumen del recipiente, 4) la solución nutritiva, 5) el manejo fitosanitario, 6) el sustrato, 7) el cultivo posterior, 8) sustancias que favorecen el desarrollo de raíces, 9) técnicas de acondicionamiento mecánico y 10) densidad en semillero.

1.3.3 Sistema de riego en semillero

En la producción de plántulas para trasplante de hortalizas se ha operado un cambio vertiginoso en las últimas décadas, pasándose de la producción en almácigos a raíz desnuda, a la producción en recipientes (macetas, bandejas con celdas, etc.), y con distintos tipos de sustrato y diferentes sistemas de riego. Dentro de éstos son muy variados y se utilizan riegos con manguera, riego por aspersión, que son métodos que aplican el agua por arriba de la planta, y los que riegan por capilaridad, ya sea por flujo y reflujo (inundación temporal) o por subirrigación (lámina de agua constante).

Las plántulas regadas por aspersión han mostrado una mayor producción de raíces basales mientras que en las regadas por subirrigación se observó mayor crecimiento de raíces laterales (Leskovar *et al.*, 1994). El rendimiento final para el cultivo de tomate, no se ha visto afectado por el sistema de riego.

El riego de flujo y reflujo está siendo utilizado actualmente en varios países de Europa y se está expandiendo también en Estados Unidos y Nueva Zelanda. En este sistema, se colocan los recipientes (que pueden ser tacos de lana de roca o macetas con distintos sustratos) con las plántulas en un piso de cemento específicamente diseñado, el cual es inundado periódicamente con agua o solución nutritiva. El agua entra al medio de crecimiento por acción capilar y entonces se humedece el sustrato y las raíces. Después de un tiempo específico (del orden de minutos), se drena la solución nutritiva y se almacena en un tanque a la espera de un nuevo ciclo de inundación, cuando éste sea necesario (Sanogo y Moorman, 1993). A esta breve descripción del sistema hay que

agregar que el piso de cemento tiene empotrado tubos de calefacción que permiten mantener el piso, y por ende el substrato de las macetas, a la temperatura deseada. (Figuras II-3, II-4 y II-5)

La utilización de este sistema conlleva ahorro de agua y reducción de lixiviados, que bien manejados se reducen a su mínima expresión. Probablemente las normativas ambientales de Holanda estén propiciando la utilización de este sistema. Roberts (1998) expone que un sistema de riego por flujo y reflujocombina tres sistemas de manejo en uno: Riego, calefacción por losa radiante y transporte interno. Para que todo lo anterior sea posible el diseño del piso de cemento debe tener una excelente nivelación tal que permita el drenaje sin que se formen charcos. A su vez el desarrollo de sistemas de calefacción de suelo radiante ha hecho posible que el control de la temperatura se realice en forma eficiente. Por último, este tipo de construcción permite desplazarse sin obstáculos dentro del semillero. Por lo tanto, los tres componentes actuando en forma conjunta, hacen sumamente eficiente todo el sistema (Roberts, 1998; Green Link, 1999).

Los aspectos negativos de este sistema son su elevado costo inicial, su carácter de permanente, la necesidad de contar con un buen sistema de desinfección de la solución y la elevada precisión en el trabajo de nivelado del piso. Sin embargo, una vez establecido el semillero, todos los elementos arriba mencionados se convierten en ventajas.

Green Link (1999) y Roberts (1998) resumen como sigue las características principales de un buen sistema de producción de plántulas con riego por flujo y reflujo:

Un amplio rango de cultivos responden favorablemente.

Un análisis de los sistemas de riego para plántulas de repollo muestra que con el sistema de flujo y reflujo se obtiene una plántula más vigorosa que con el sistema de aspersión. La rustificación es mayor a diferencia de los sistemas de subirrigación, en los cuales se tienen mayor porcentaje de fallas en el transplante (Frantz *et al.*, 1998). Lo mismo fue observado por otros autores, incluyendo a su vez que con el riego por flujo y reflujo se tiene un mejor establecimiento posterior del cultivo (Fujiwara *et al.*, 1998). También, en plantas forestales, se comprobó un mejor crecimiento de plantas en sistema de subirrigación que con sistemas de aspersión o de goteo (Hicklenton y Cairns, 1996). Según señalan los autores, al final del ciclo hay una conductividad levemente superior en el sistema de subirrigación y el pH también era levemente superior, sin que esto afectase el crecimiento.

Otro trabajo en plantas ornamentales y de jardín, en el que se probaron distintos tratamientos para observar resistencias a plagas, demostró que con el riego por flujo y reflujo se disminuía la población de arañuelas (*Tetranychus urticae*) comparada con el

riego por aspersión (Latimer y Oetting, 1999). También son alentadoras las experiencias realizadas en pepino (Sanogo y Moorman, 1993) y tomate (Latimer y Oetting, 1994).

El nivelado del piso, brinda una lámina de agua uniforme, dando como resultado uniformidad en el cultivo.

El trabajo de nivelado de piso, requiere una elevada precisión, lo que si bien se enumera como una desventaja en el momento de la construcción, se convierte en una de sus principales ventajas a la hora de realizar un riego. Al realizarse la inundación en una superficie nivelada, la lámina de agua es prácticamente constante desde el punto de salida hasta los puntos más alejados. Esto supone una total uniformidad en la distribución del riego en las macetas o tacos, que redonda en una uniformidad de plantas.

Se debe llenar y vaciar rápida y uniformemente, evitando la formación de charcos.

El diseño del sistema debe prever el llenado y vaciado rápido, se debe inundar a razón de aproximadamente $5 \text{ l min}^{-1} \text{ m}^{-2}$, lográndose con esta conjunción de: nivelado del suelo, rapidez de llenado y drenaje, que no se formen bolsas ni charcos que perjudiquen algún sector de plántulas.

Sin lixiviados no hay contaminación. No hay desechos de agua ni de fertilizantes.

Se mencionó como una razón importante para la utilización de este sistema al ahorro de agua y, especialmente, la reducción de lixiviados. Las balsetas donde se cultivan las plántulas, debido a su construcción, impiden que la solución se pierda en profundidad, y el consumo de agua y fertilizantes sea exclusivamente el que se utiliza para el crecimiento y el que toma el sustrato. Por lo tanto, en este sistema en que la solución nutritiva no tiene pérdidas ni escapes y a su vez se recircula, se elimina esta vía de contaminación (Chenault y Reed, 1998; López-Gálvez y Peil, 2000 y Spencer, 1999).

La calefacción del suelo y un adecuado drenaje condicionan que el suelo esté seco la mayor parte del tiempo. Este efecto de menor humedad también es notable en las hojas, reduciendo la proporción de enfermedades y algas en el piso.

Una superficie húmeda y con elementos nutritivos, es una situación ideal para el crecimiento de algas. Al producirse un rápido drenaje en el sistema, no permite que esa situación se produzca, sobre todo si en invierno se tiene calefacción por suelo radiante, que reduce el tiempo que tarda en secarse todo el piso de la balseta. Esto impide la proliferación de algas en el suelo.

Al no producirse un mojado en las hojas se disminuye la humedad en el área foliar. A su vez, el periodo de inundación es breve con un rápido drenaje, y sumado a la calefacción, no permite que exista una superficie evaporante que aumente la humedad

relativa del ambiente, manteniendo un rango de déficit de saturación que permite un mejor desarrollo de la planta y evita la proliferación de enfermedades (Latin *et al.*, 1995).

Ciertos patógenos utilizan para su entrada al hospedante, la superficie húmeda que queda en hojas y tallos después de un riego por aspersión o con manguera. Esto se ve agravado cuando existe una herida que facilita aún más la entrada de los mismos. Éste es el caso de la producción de plantas injertadas en la que es necesario minimizar la superficie aérea mojada para impedir el avance de patógenos.

El diseño es simple, lo que le otorga gran confiabilidad, bajo mantenimiento y fácil limpieza.

El elevado costo inicial constituye una desventaja de este sistema, como contraposición es una ventaja el hecho de tener un bajo costo de mantenimiento ya que la simplicidad de su diseño los únicos elementos que pueden averiarse son las válvulas y los motores. El sistema de riego, al no disponer de goteros ni aspersores, no exige un control especial para tener una uniformidad de caudales adecuada. El piso de cemento del semillero facilita la operación de limpieza, pues una vez retiradas las plantas, se barre el piso y se desinfecta, quedando listo para iniciar un nuevo plantel (Spencer, 1999).

El riego es automatizado.

La operación de riego se automatiza con sistemas sencillos como temporizadores, controlador todo/nada, electroválvulas, que se manejan con facilidad y proporcionan un alto grado de eficiencia debido a su sencillez (Spencer, 1999).

La calefacción en el suelo es parte esencial de este sistema, que permite un mejor crecimiento del cultivo.

La absorción de agua y nutrientes por parte de las raíces, al igual que todo proceso fisiológico, tiene rangos de temperatura en los cuales se produce un óptimo para la planta (Klock *et al.*, 1996; Reyes y Jennings, 1994). Si un sistema se calefacciona solamente en la parte aérea y no se tiene en cuenta la parte radical, indirectamente se puede producir un desbalance entre el requerimiento hídrico desde la parte aérea y la absorción por parte de las raíces. Este sistema, permite mantener calefaccionada la zona radical al estar en contacto directo el recipiente con el piso de cemento, el cual, por diseño ya tiene incorporados los tubos por los que circula agua caliente y por lo tanto calefacciona al mismo. El sistema de calefacción se puede automatizar sencillamente con un sensor de temperatura en el piso.

El invernadero puede ser dividido en secciones manejables.

El llenado y vaciado se podrá realizar tanto más rápido, cuanto menor sea el volumen de agua. Por lo tanto, el tamaño de cada sección o balseta debe ser lo

suficientemente grande como para operar con maquinaria y tener gran cantidad de plantas, y también debe ser lo necesariamente pequeño como para que las operaciones de llenado y vaciado no se tornen lentas. Las medidas que se pueden utilizar son de aproximadamente de 200 a 250 metros cuadrados, que equivalen entre 6000 y 7500 litros de agua que pueden ser entregados y drenados en un corto periodo de tiempo sin que sean hechos de forma muy brusca.

Debe soportar diferentes dispositivos de transporte y permitir el movimiento interno en todas direcciones.

El diseño debe prever la resistencia para soportar la maquinaria de transporte en su interior. Además ha de tener presente que las cañerías de riego y calefacción están incrustadas en el suelo. Asimismo, en los finales de las balsetas ha de disponerse un sistema que permita la entrada y salida de vehículos. Esto generalmente se soluciona con un tope de caucho butilo, que se coloca dentro de una hendidura hecha en el piso y calafateado con silicona u otro material. Como no existe ningún obstáculo en el medio, la posibilidad de movimiento dentro del semillero es alta (Green Link, 1999)

La técnica descrita reduce costos y minimiza el impacto medioambiental.

La reducción de costos siempre es uno de los temas que preocupan a todo productor agrícola, presentándose este sistema como una alternativa interesante, para esa finalidad.

Pero a su vez, no debemos olvidar aquello que algunos autores llaman “costos sociales”, y otros prefieren llamar “externalidades” (López-Gálvez y Naredo, 1996). Estos costos que no se ven, pero que perjudican el medioambiente, tarde o temprano terminará pagando la sociedad en su conjunto. En este caso, al utilizar solución recirculante en prácticamente un 100% se tiende a una reducción total de lixiviados y al permitir una mayor permanencia de las plantas en el semillero se logra una disminución en el uso de plaguicidas.

La simplicidad del sistema, hace que no se vea perjudicado mayormente por roturas (no hay picos rociadores como en el riego por aspersión), y esto evita preocupaciones y demoras en plena producción, que son costos tampoco evaluados comúnmente en los análisis de economía clásica, pero que tienen su repercusión a la hora de tomar una decisión por parte del productor (Spencer, 1999). Toda esta reducción de costos, directos, sociales, tangibles e intangibles, hace que el beneficio económico no sea solamente monetario, sino también en valores difícilmente medibles pero ciertamente apreciados.

1.3.4 Desarrollo de raíces

La estrategia propuesta pretende producir plántulas adultas en el semillero, por esta razón es importante el análisis del comportamiento de las raíces, ya que son el factor

esencial para el desarrollo total de la planta y van a influir en que se produzca mayor o menor estrés en el momento del transplante (Mackee, 1981a y b).

Se observó al comienzo de esta investigación que las raíces de las plántulas en el taco de lana de roca no proliferaban más al entrar en contacto con la cama de cemento, y a su vez, que no había una producción adicional de raíces laterales ó adventicias, quedando el taco con baja cantidad de raíces, lo cual fue uno de los motivos de la presente Tesis.

Existen varias clasificaciones en cuanto a la formación de raíces. Zobel (1975) basándose principalmente en tomate, propone 4 tipos de acuerdo a un criterio genético y las divide en 1) Radícula ó raíz primaria (raíz embriológica), 2) raíces laterales (las raíces surgen de la proliferación del periciclo radical), 3) raíces adventicias (surgiendo de cualquier parte de la planta que no sean las raíces) y 4) raíces basales, desarrolladas en la región basal de la planta. Esta región en tomate abarca el centímetro inferior del hipocótilo y el centímetro superior de la radícula.

Stoffella (1983), realizó una comparación de raíces en 23 cultivares de tomate separándolas en raíces centrales y basales, incluyendo dentro de las centrales a la raíz principal y las raíces laterales, despreciando las adventicias. En esa evaluación, las raíces basales contribuyeron con la mayor proporción del total de biomasa radical, no encontrando diferencia entre cultivares en el peso de raíces centrales. Un hecho importante es que el diámetro del tallo fue significativamente correlacionado con el peso radical basal y total.

Fitter (1987) realiza otra clasificación atendiendo a la función que desempeña cada tipo de raíz, para ello propuso un modelo topológico con componentes de arquitectura del sistema radical, como ser la longitud de enlaces, ángulos de ramificación y diámetros, aspectos éstos que deberían ser usados para estudios ecológicos de los sistemas radicales. El autor discute el porqué de la arquitectura y define más la adaptabilidad de una especie a partir de la arquitectura que de la morfología radical. De igual forma, una misma especie ante distintas situaciones modifica su arquitectura radical, como por ejemplo las raíces “tipo agua” y “tipo suelo” definidas por Lint y Klapwijk (1986), los cuales son cambios topológicos. También hace notar que los cambios morfológicos en el sistema radical son escasos ya sea entre especies o dentro de una misma especie, y es insignificante su variación comparada con los órganos aéreos (Fitter, 1987).

Las consideraciones arriba realizadas están basadas en datos de plantas en cultivo. Sin embargo, es mínima la investigación sobre el desarrollo del sistema radical de la plántula en el semillero y sus consecuencias para su óptimo establecimiento y el consiguiente crecimiento y desarrollo de la planta. La iniciación, organización y emergencia de las raíces laterales son procesos complejos que involucran reguladores de

crecimiento y expresión de genes específicos (Leskovar y Stoffella, 1995). Por ejemplo, después de la siembra, la iniciación del primordio radical en la raíz primaria puede favorecerse por el cultivo de la plántula en solución Hoagland's ó con el preembido de las semillas en 10 μ m de ácido absísico (ABA) ó 6-bencilamino purina (BA), los cuales incrementan significativamente el número de primordios en la raíz primaria (Aung, 1982).

Downey y Mitchel (1971) encontraron que la cantidad del sistema radical funcional requerido para mantener la turgencia de la planta a un nivel dado de potencial de agua en el suelo, está relacionado con la demanda evaporativa. Con déficit de presión de vapor bajo (alta humedad relativa) y alto potencial de agua en el suelo, las plantas pueden mantener la turgencia con solamente un cuarto del sistema radical original. Por otra parte, con alta demanda evaporativa (baja humedad relativa), se requiere tres cuartas partes del sistema radical manteniendo la turgencia con el mismo potencial de agua del suelo. Cuando el suelo está húmedo y las plantas crecen en ese estado, un recorte en las raíces perjudica su absorción, reduciendo el grado de transpiración. Ahora bien, si el crecimiento coincide con ciclos secos, la transpiración es más dependiente de la humedad del suelo. También es de destacar que el cultivo en NFT, comparado con otros sistemas, produce menor cantidad de raíces sin afectar el rendimiento del cultivo (Schwarz *et al.*, 1996)

La eficiencia de los sistemas radicales depende de: su ritmo de crecimiento, su densidad y además de su forma (Fitter, 1987). En tomate, las raíces jóvenes absorben mejor el agua y los nutrientes que las viejas (Portas y Dordio, 1980). Éstos autores además encontraron que cuando crecían 2 ó 3 plantas juntas tenían mayor desarrollo radical que cuando el crecimiento era aislado. Este hecho es de importancia práctica ya que justifica desde el punto de vista fisiológico el uso de 2 plántulas en cada taco de lana de roca, si bien esta práctica se realiza por razones de índole económica.

Los factores que afectan el crecimiento radical son: la temperatura (Dufault y Melton, 1990), el contenido de nutrientes en la solución antes del transplante (Dufault, 1986 y la revisión de ese trabajo en 1994), la concentración de sales del medio (Snapp y Sheman, 1992), el estrés hídrico (Leskovar y Cantliffe, 1992) y las condiciones de anegamiento (Poysa *et al.*, 1987). Entre éstas dos situaciones extremas de sequía y anegamiento, el desarrollo de raíces difiere en su formación, dando una arquitectura diferente (Fitter, 1987; Lint y Klapwijk, 1986). En situaciones de estrés, se forman raíces muy ramificadas y más o menos jerarquizadas en grosor, con abundantes pelos absorbentes, mientras que aquellas que crecen en condiciones de disponibilidad constante de agua, son poco ramificadas y bastante homogéneas en grosor con escasos pelos absorbentes. Lint y Klapwijk (1986) describieron estos tipos como “raíces tipo suelo” y “raíces tipo agua” respectivamente, siendo éste un aspecto importante a la hora de preparar

una plántula para un cultivo posterior ya sea en suelo, cultivo sin suelo pero en sustrato ó a hidroponia pura, por ej. NFT.

Taylor (1986) para los estudios de raíces a campo, realizó una revisión de métodos, clasificándolos en destructivos y no destructivos. Dentro de los métodos destructivos cita y describe las excavaciones, el uso de monolitos y también los cilindros. Como métodos no destructivos describe los rizotrones y los minirizotrones. Sin embargo, en la etapa de plántula, cuando se trabaja con sustratos tipo perlita, turba o arena, éstos se deshacen fácilmente con el simple lavado, dejando las raíces intactas para su estudio. De esta manera es posible tener medidas de longitud, de número de raíces y de peso seco (Leskovar *et al.*, 1991; Aung, 1982). También los experimentos hechos con plántulas en hidroponía son fáciles de medir (Cooper, 1972; Peterson y Krizek, 1992).

El trabajo con lana de roca aporta un inconveniente adicional, pues ésta no se deshace fácilmente y se produce una rotura inevitable de raíces al querer separarlas del sustrato. Este hecho no impide realizar una buena medición del peso seco de las mismas y algunas observaciones adicionales aunque subjetivas, como por ejemplo la presencia de pelos absorbentes, a los fines prácticos son de utilidad. Pero no se puede medir el largo de raíz. Por esta razón se están afinando los métodos para saber en cada especie el largo específico de raíz y convertir los valores de peso seco en longitud (Van Noordwijk y Brouwer, 1991).

1.3.5 Volumen del recipiente

La bibliografía con respecto a este tema es muy amplia y muchos trabajos se refieren principalmente a la etapa de cultivo, como así también sobre la etapa de semillero. A los trabajos sobre los aspectos del volumen del recipiente donde se encuentran las raíces, se los denomina genéricamente “volumen restrictivo radical” (VRR). Los investigadores han analizado variables como la temperatura o el potencial mátrico del sustrato (Klock *et al.*, 1996, Hurley *et al.*, 1998), como también la forma del recipiente y la rugosidad de la superficie (Liptay y Eduards, 1994), o la edad de la planta con respecto al VRR (Ruff *et al.*, 1987; Cooper, 1972; Liu y Latimer, 1995a y b; Vavrina *et al.*, 1993).

La restricción en el volumen disponible en el recipiente es limitante para el crecimiento de la planta (Ruff *et al.*, 1987). El menor crecimiento que se produce en situaciones con recipientes pequeños es probablemente atribuible al confinamiento del sistema radical, que llevan a cambios en varios procesos de comunicación desde la raíz al vástago (Liu y Latimer, 1995a y b). En las investigaciones que se han desarrollado para elucidar la fisiología y morfología de los procesos que se llevan a cabo cuando la plántula crece en un recipiente de escaso volumen, se puede confundir estos efectos con un cambio

en el potencial mátrico y/o la temperatura en el sustrato, porque muchas de las respuestas morfológicas al VRR son similares a un ligero estrés hídrico (Hurley *et al.*, 1998).

El grado de agotamiento de la reserva de agua varía inversamente con el volumen de la maceta, implicando que el sistema radical de las plantas creciendo en un volumen restrictivo del recipiente radical es más susceptible al estrés hídrico (Spomer, 1975). Varios experimentos analizaron los efectos del VRR tratando de evitar su efecto mediante el incremento de la frecuencia de riego (Krizek *et al.*, 1985; Ruff *et al.*, 1987; NeSmith *et al.*, 1992; Liu y Latimer, 1995b).

Otro factor en los estudios del VRR es la temperatura del ambiente radical, el cual es función de la capacidad de calentamiento de la fracción de volumen de agua en el sustrato y del volumen total del recipiente. Sin embargo, todavía se ignoran las diferencias en la respuesta debidas específicamente a las temperaturas entre diferentes volúmenes de recipientes (Kriezek *et al.*, 1985, Ruff *et al.*, 1987).

El cultivo de tomate en sustrato ha mostrado diferencias en el largo de la hoja, que disminuye linealmente a medida que se reduce el volumen del recipiente, mientras que la altura de la planta disminuye aunque no linealmente. La relación vástago/raíz aumenta en recipientes pequeños porque la acumulación de materia seca en tallos y hojas es relativamente menos inhibida que en las raíces (Nishizawa y Saito, 1998). En el caso de cultivo en hidroponía, no hay diferencia en la altura y en el largo de la hoja como consecuencia del menor volumen del recipiente, pero si se observa el aumento en la relación vástago/raíz similar a lo apuntado para el caso del cultivo en sustrato.

Cooper (1972) en una experiencia sobre la edad de la plántula y el volumen de la maceta, encontró que en recipientes mayores a 0.65 l no hay diferencia en el total de materia seca independientemente de la época del año. Ahora bien, en el análisis de la partición de la materia seca total, el volumen del recipiente puede afectar la proporción relativa de materia seca en tejidos reproductivos y en hojas. El recipiente más chico tuvo mayor proporción de materia seca en inflorescencias y menor en las hojas. Según el mismo autor en otro trabajo, comenta que la experiencia comercial ha mostrado que manteniendo una planta de tomate en maceta mejora el desarrollo de la inflorescencia, y esto ha sido llevado a la práctica (conocida como “restricción radical”) de mantener las plantas en macetas pequeñas y retardando el transplante (Cooper, 1967). Este efecto beneficioso sobre el desarrollo de las inflorescencias era a menudo atribuido a una influencia en la competencia entre el crecimiento de raíz y desarrollo de la inflorescencia, (Nicklow y Minges, 1962) demostrando Cooper que, si bien existe determinada influencia, la relación es debida al destino de fotosintatos entre hojas y flores (Cooper, 1967, 1972)

Hurley *et al.*, (1998) concluyeron que la oscilación de la temperatura y del potencial mátrico a lo largo del día, en los recipientes ensayados con distintos volúmenes tenían un efecto negativo en el crecimiento de la plántula que podía ser atenuado disminuyendo la amplitud de la oscilación. Esta conclusión, es importante para programar la temperatura y el contenido de agua del sustrato. Sin embargo, también existen efectos que son debidos al propio VRR. Estas conclusiones, que fueron obtenidas en un sistema de cultivo modificado, son en parte coincidentes con las de Cooper (1972) y Peterson y Krizek (1992) quienes trabajaron en hidroponía, si bien, como apuntan otros autores, pueden existir diferencias entre el ambiente radical de hidroponía y el sistema de crecimiento en sustrato (Nishizawa y Saito, 1998).

Liptay y Edwards (1994) investigaron sobre la forma del recipiente y la rugosidad de sus paredes. Partiendo de una profundidad dada y una sección cuadrada, modificando la sección hasta una forma extremadamente rectangular, pero conservando el mismo volumen, observaron un mejor crecimiento aéreo cuando la proporción largo/ancho de la sección de la celda estaba entre 1.4 a 2.5, y a su vez encontraron una restricción del crecimiento del vástago significativa con celdas muy estrechas y largas. Sin embargo, no se encontró diferencias en el crecimiento de la raíz. En cuanto a la rugosidad de la celda, si bien se sugiere como más conveniente una superficie lisa, los resultados no muestran una clara tendencia y existe interacción entre la forma y la rugosidad.

Carmi (1993) evaluando los procesos fisiológicos en torno al VRR, demostró que no se debía a una deficiente absorción de N, mientras que en pepino, se determinó que la causa de la detención de crecimiento era la falta de oxígeno en la raíz (Kharkina *et al.*, 1999). En estudios de VRR en solución nutritiva se determinó que el menor crecimiento se debía a un estrés hídrico. Esto es debido a que las raíces en plantas confinadas tenían mayor resistencia hidráulica y esto derivó a potenciales de agua de las hojas más negativos, incrementos en la resistencia a la difusión foliar, y reducción en la tasa de asimilación neta. En este caso se trabajó con volúmenes de 75 ml a 4500 ml y con plantas de 6 semanas. El confinamiento del crecimiento radical redujo substancialmente el crecimiento del vástago y la raíz e incrementó la proporción del total de materia seca presente en los tallos (Hameed *et al.*, 1987). Estas conclusiones son coincidentes con las observaciones apuntadas en diferentes trabajos (Nishizawa y Saito, 1998; Liu y Latimer 1995 b)

De lo expuesto se pueden extraer algunas consideraciones prácticas. Por un lado, el tamaño del recipiente para llevar una plántula de tomate en semillero hasta la segunda floración debería tener por lo menos un volumen de 0.6 l (Cooper, 1972). La forma del recipiente debería ser cuadrada a rectangular, y de paredes lisas (Liptay y Edwards, 1994). De hecho, está estandarizado un taco de lana de roca de 10 cm de lado y 6.5 cm de alto, lo

cual nos da un volumen de 0.65 l. Estos tacos vienen con recubrimiento en polietileno liso, blanco (García Pareja, 1999).

1.3.6 Solución nutritiva. Acondicionamiento Nutritivo

El manejo del riego y los fertilizantes exigen de una programación particular en un semillero de flujo y reflujo. Wien (1997) describe el acondicionamiento nutritivo como el nivel de nutrientes a entregar en cada momento a la plántula en el semillero según el objetivo al momento del trasplante. Si bien este no ha sido un elemento a investigar en la presente Tesis, es otra estrategia de manejo que puede ser tenida en cuenta. Los aspectos a considerar en la solución son la CE, el pH, la temperatura y la concentración de oxígeno.

1.3.6.1 Conductividad Eléctrica

La solución nutriente debe ser mantenida a bajas concentraciones debido a la frecuencia y tipo de riego el cual puede causar un incremento en las sales, si bien en *Viola tricolor* en un semillero de flujo y reflujo, se demostró que no existía un aumento pronunciado en la CE, lo cual permitía un manejo apropiado de las plántulas (van Iersel, 1999). Cabe destacar que en pimiento se debe tener más precaución, ya que un aumento en la concentración de sales puede resultar en una disminución del peso fresco, no así del peso seco. Los valores de peso fresco se restablecen en el cultivo posterior (Palma *et al.*, 1997).

Dufault (1986) define las condiciones nutritivas de pretrasplante (PNC) como el proceso de acondicionamiento nutricional de plántulas durante la fase de producción en semillero para predisponer las plántulas a una mayor tolerancia al estrés de trasplante, recuperación rápida post-trasplante e incrementar los rendimientos precoces. Sin embargo, pese a los muchos beneficios citados del PNC, existen algunos problemas para su implementación que deben ser rectificados (Dufault 1994). Este tipo de fertilización puede ser posible en operaciones que utilicen un sistema de subirrigación o de flujo y reflujo, siendo impensables en otros sistemas. Para cada especie existe una fertilidad mínima por debajo de la cual se disminuye el rendimiento pero en ninguno de los casos estudiados, un aumento en la concentración óptima disminuyó los rendimientos posteriores (Dufault y Schultheis, 1994; Schultheis y Dufault, 1994; Melton y Dufault, 1991). Retener temporalmente la fertilización antes del trasplante resulta en una disminución en tejido de las concentraciones de N y P, lento crecimiento aéreo postrasplante y menores rendimientos. (Garton y Widders, 1990). La baja productividad como resultado de retener nutrientes a las plántulas en semillero destinados a tomate en fresco, también fue demostrado por Weston y Zandstra (1986). Por lo tanto, un pequeño aumento en la CE no es perjudicial para el cultivo, al contrario, ya que permitirá un mejor desarrollo de raíces luego del trasplante, si la concentración en el sitio de cultivo es menor, ya que las raíces

tenderán a crecer hacia el sitio de menor concentración (Martínez y García, 1993; Wien, 1997; Alarcón y Egea, 1999).

La concentración de la solución nutritiva afecta la partición de fotoasimilados en plántulas de tomate. Con solución diluida se incrementa la proporción de materia seca con destino a los cotiledones, primariamente a expensas de las raíces, hasta aproximadamente 30 días después de la siembra. Después sin embargo, una proporción ligeramente superior del total de materia seca es enviada a las raíces. Este incremento en la proporción en las raíces se consigue inicialmente a expensas de las hojas y seguidamente a expensas del tallo (Cooper, 1972).

1.3.6.2. pH

La mayor parte de los cultivos hortícolas requieren suelos ligeramente ácidos, con un pH comprendido entre 6 y 7. Se debe tener en cuenta el pH de la solución nutritiva ya que afecta a la solubilidad y a la forma de los iones, lo que influye en la asimilación de los mismos, y consecuentemente en el crecimiento de la plántula. El hierro, el manganeso, el zinc y el cobre a pH básico precipitan formando hidróxidos insolubles no disponibles para la planta. El fósforo, según la acidez del medio se puede encontrar en diferentes formas mas o menos asimilables por la planta. (Cooper, 1979; Resh, 1997)

El pH de la solución nutritiva tiene efecto en la biomasa y en la partición de la materia seca. Entre 4 y 7 el peso seco se incrementa un 50%, pero la influencia del pH en la partición de la materia seca es insignificante. Solamente a pH 9 es afectada la partición, encontrándose relativamente más materia seca en las raíces y cotiledones que en tallos y hojas. También a pH mayor a 7 disminuye rápidamente el total de materia seca, y las plantas crecen muy lentamente, con un peso seco menor a una vez y media que aquellos que se encuentran a pH óptimo (Cooper, 1972).

Con solución preparada con valores iniciales de pH de 5 y 6, el pH final derivó en 6.6 y 6.7 respectivamente (Cooper, 1972). La diferencia en el valor del pH inicial y el derivado resultante tuvo poco efecto en la partición de la materia seca entre los órganos componentes de las plántulas. Se encontró que valores bajos de pH (menor a 4,5) afectan el crecimiento temprano de ciertas variedades de sandía (Liu *et al.*, 1994). Por otra parte, en cultivos sin suelo se ha demostrado que existe una quimiodenitrificación, siendo mayor a pH 7 y disminuye con el pH (Daum y Schenk, 1999). Es por eso que los valores de pH de la solución nutritiva más aconsejados están entre 5 y 6.

1.3.6.3. Temperatura

La temperatura de la solución nutritiva tiene óptimos que están comprendidos entre 25 y 30° C, dependiendo de la especie (Klock *et al.*, 1996). Para lograr esto, puede ser apoyado por la calefacción del piso del semillero.

1.3.6.4. Oxigenación

La falta de oxígeno en la solución nutriente en hidroponía reduce el crecimiento hasta un 30%, y tiene una pequeña influencia en la partición de la materia seca entre raíces, cotiledones, tallos y hojas (Cooper, 1972). Si se tiene en cuenta que un volumen pequeño de recipiente produce falta de oxígeno, esta interacción entre volumen y aireación es importante al programar la frecuencia de riego en el sistema (Kharkina *et al.*, 1999). En cuanto a la frecuencia de riego, la duración de cada evento deberá ser lo suficientemente prolongada para permitir el humedecimiento del sustrato sin llegar a saturación total. Esto varía con el tamaño del recipiente y el sustrato. Por ejemplo, para bandejas de microplug esto debe ser de solamente 3 a 4 minutos. Para potes entre 7 a 15 cm de altura, este debe ser de 10 minutos. Para recipientes mayores o tubos se requieren 20 minutos. (Chenault y Reed, 1998)

1.3.7 Manejo fitosanitario.

La propagación de enfermedades es una de las mayores preocupaciones en los sistemas de riego cerrados. Hongos, bacterias y esporas pueden ser transportadas por el agua a las plántulas, por lo cual es imperativo su desinfección. Existen distintos métodos de esterilización, entre los que podemos citar la pasteurización por temperatura, tratamiento con ozono, peróxido de hidrógeno, luz ultravioleta, filtros de carbón activado (Yu *et al.*, 1993; Yu y Matsui, 1994; Asao *et al.*, 1998) y en los últimos años se está proponiendo los filtros lentos de arena, por su eficiencia y bajo costo (Van Os, 1999).

Algunos autores desestiman el semillero de flujo y reflujo por considerar que es fácil la contaminación con patógenos (Vega y Raya, 1999). Sin embargo, la bibliografía con respecto a este tema muestra que este aspecto no es tan crítico y tiene solución práctica (Cherif *et al.*, 1997; Sanogo y Moorman, 1993; Grote *et al.*, 1992; Park *et al.*, 1999; Latin *et al.*, 1995; Latimer y Oetting, 1999).

Hasta ahora se ha visto como serio el caso de la infección de *Pythium spp.*, principalmente en pepino por ser altamente susceptible. En este caso, la transmisión por el agua de riego es perjudicial cuando las temperaturas tanto del ambiente como del agua son elevadas. Este riesgo se puede reducir trabajando con sistemas de refrigeración, oxigenación (Cherif *et al.*, 1997) o con la aplicación de fungicidas en la solución (Sanogo y Moorman, 1993; Grote *et al.*, 1992).

Park *et al.* (1999) demostraron que las contaminaciones de TMV no se transmiten con sistemas de riego recirculante, salvo que se produzcan lesiones en las raíces. Latin *et al.* (1995) por otra parte, demostraron que en plantas de sandía había menor incidencia de mancha del fruto (*Acidovorax avenae subsp. citrulli*) con riego por subirrigación en contraposición con el riego por aspersión en la fase de semillero. La comparación de sistemas de riego en semillero sobre plantas ornamentales y su efecto sobre las poblaciones de ácaros y pulgones también fue investigada, dando como resultado una menor incidencia de estas plagas sobre las plantas con riego por flujo y reflujo (Latimer y Oetting, 1999).

Vanninen y Koskula (1998) sugieren para el tratamiento de algas la aplicación de 1 dl por plántula de una solución de 125 ppm de peróxido de hidrógeno. Con esto, se reduce la aparición de algas en un 50 % aproximadamente y concomitantemente se reduce la aparición de la mosca *Scatella stagemalis*. También se notó una reducción del crecimiento, pero que desaparecía el efecto a la segunda semana de concluido el tratamiento.

1.3.8 Substratos.

Los sistemas de producción de plántulas hortícolas en semillero están basados actualmente en la utilización de bandejas de plástico o de poliestireno expandido con determinada cantidad de alvéolos, con turba ó perlita como sustrato, enriquecido a veces con nutrientes minerales mediante abonado de fondo. Esta práctica está referida a plántulas pequeñas, donde el objetivo es producir plántulas de calidad en el más corto período de tiempo, con los más bajos costos de producción (Abad *et al.*, 1999)

En la bibliografía, prácticamente no se citan trabajos con respecto a sustratos para semilleros de flujo y reflujo, con lo cual, la información disponible es escasa. Algunos trabajos citan para el cultivo sin suelo sustratos formados por compost o humus de lombriz, obteniendo con éstos mejores cualidades organolépticas de los frutos ó mejor emergencia de plántulas (Lulakis y Petsas, 1995; Premuzic *et al.*, 1998; Vethencour y Zapata, 1999). Otros autores sugieren el uso de perlita (Moreno Iniesta, 1997) ó fibra de coco (Fruterra, 1999) ó turba (Abad *et al.*, 1999). El problema que se plantea con el uso de sustratos que se desarman fácilmente, es que requiere de un recipiente, y a partir de allí tenemos un ambiente confinado que nos hace dificultoso todo el resto del sistema, pues si se utiliza otro tipo de recipiente degradable, se deshace el sustrato y ensucia la solución nutritiva, pudiendo taponar el sistema.

Ahora bien, para este tipo de semillero, el sustrato a utilizar que más se adapta a estas condiciones es el taco de lana de roca, por su facilidad de manejo, porque es recipiente y contenido al mismo tiempo, por su elevada capilaridad que permite un rápido humedecimiento en todo el perfil una vez iniciado el riego y por su elevada capacidad de retención de agua.

La lana de roca es un material fibroso inerte de composición variable. Es ligeramente alcalina, pero inerte y biológicamente no degradable. Tiene una capacidad de retención de agua del 80 %. Por ser inerte, todos los fertilizantes se deben añadir con el agua de riego. El pH oscila entre 7 y 8,5, y no tiene capacidad reguladora, por lo tanto, el pH se puede reducir fácilmente a niveles óptimos, de 6 a 6.5 usando una solución nutritiva ligeramente ácida. (Cánovas y García, 1997; Resh, 1997)

Con el propósito de ahorrar en cuanto a la colocación de plantas en semillero, es muy utilizado un taco de lana de roca de 10 cm de lado, en el cual se le colocan 2 plantas. Esto resulta muy interesante al momento de economizar en cuanto a tacos y en cuanto a movimiento. Pero al intentar realizar una planta adulta, esto no resulta tan fácil pues existe competencia mutua entre plantas resultando en menor crecimiento y la no-verticalidad de los tallos, si bien, como se expresó anteriormente con respecto al crecimiento radical, éste puede ser mayor estando dos plantas en el taco que una sola (Portas y Dordio, 1980). Este tipo de sustrato, a su vez se está imponiendo para distintas formas de cultivo posterior por su versatilidad y excelente respuesta a distintas situaciones (Vega López *et al.*, 1999).

1.3.9 Tipo de cultivo hacia el que se pretende la estrategia.

La estrategia marco planteada tiende a un máximo aprovechamiento en el tiempo del invernadero. El tipo de cultivo que complementa la estrategia debe permitir que una vez que se termina un ciclo vegetativo, inmediatamente se pueda comenzar con otro, aprovechando al máximo la inversión de la superficie cubierta. También es importante que sea mínimo el estrés de transplante y que no se produzcan lixiviados.

Uno de los tipos de cultivo que reúne estas características es el NFT (técnica de la película nutriente) que se ha impuesto comercialmente en distintos lugares del mundo, y por sé o con alguna otra variante se está desarrollando en Almería. La tecnología del film nutriente no requiere sustrato y se basa en una película de solución nutritiva que circula constantemente a través de las raíces, no existiendo pérdidas o salida al exterior de lixiviados, por lo que constituye un sistema cerrado por sí. A diferencia de los sistemas de cultivos sin suelo que utilizan sustratos, las plantas en este caso se encuentran suspendidas en canales de cultivos con o sin recipiente de soporte. Otra característica del sistema, es la necesidad de contar con una pendiente o desnivel de la superficie de cultivo, ya que por medio de ésta se posibilita la recirculación (Cooper, 1979; López-Gálvez y Peil, 2000; Resh, 1997; Carrasco Silva, 1997).

Un problema que se presenta a veces en el transplante en NFT se deriva del canal donde se colocan las plantas. Cuando este canal es de polietileno de 200 μm (800 galgas), existen sectores en que un leve corrimiento hace que la solución nutriente pase por el costado del taco transplantado, por lo cual no llega suficiente solución para un buen

humedecimiento del taco y, por lo tanto, no se produce la nutrición. Algunas de las experiencias que se presentan en esta Tesis tienden a la solución de este problema.

1.3.10 Substancias que favorecen la formación de raíces

Comercialmente está difundida la práctica de agregar sustancias húmicas (SH) para lograr mayor producción de raíces en los cultivos, si bien no existen referencias de su utilización en lana de roca. Se describirán a continuación algunos conceptos sobre las SH.

1.3.10.1 Definición de sustancias húmicas:

Aiken *et al.* (1985) definen como sustancias húmicas: “Categoría de sustancias orgánicas heterogéneas de origen natural, por biogénesis, que generalmente pueden ser caracterizadas como de color amarillas a negras, con alto peso molecular y con propiedades refractarias”. Aproximadamente el 60 % de la materia orgánica presente en los suelos está representada por esas sustancias y son el resultado de la descomposición de residuos vegetales, microbianos y animales debido a la actividad de los microorganismos del suelo. Estos productos tienden a ligarse en estructuras químicas complejas que son más estables que los componentes originales. Dentro de las SH se distinguen (Aiken *et al.*, 1985):

- **Acidos Húmicos:** La fracción que no es soluble en agua bajo condiciones muy ácidas (pH menor a 2) pero soluble a altos valores de pH.
- **Acidos Fúlvicos:** La fracción que es soluble en agua bajo cualquier condición de pH.
- **Huminas:** La fracción que no es soluble en agua a ningún valor de pH.

A su vez, fueron propuestos distintos modelos estructurales para las moléculas húmicas, pero ninguna de ellas puede ser considerada completamente satisfactoria (Varanini y Pinton, 1995).

Cuadro I-1: Contenido elementales de ácidos húmicos y fúlvicos (Stevenson, 1982).

Elemento	Acidos Fúlvicos	Acidos Húmicos
C	40-50	50-60
O	44-50	30-35
H	4-6	4-6
N	<1-3	2-6
S	0-2	0-2

1.3.10.2 Efectos en las propiedades físicas del suelo.

Las SH contribuyen a la estabilización de la estructura del suelo, creando un elevado porcentaje (40-50%) de microporos que favorece el mantenimiento del régimen de agua en el suelo y el intercambio gaseoso (Principalmente O₂). Ha sido probado que las SH contribuyen a cementar las partículas de arcilla a través de los enlaces hidrógeno y la coordinación con cationes polivalentes (Stevenson, 1982).

1.3.10.3 Las sustancias húmicas como fuente de nutrientes

Está establecido que el aporte de SH puede ser una fuente de nutrientes, en especial de N (He *et al.*, 1990) a través de la mineralización del humus, o de S, que contienen las SH en forma de proteínas y ésteres sulfatos (Houghton y Rose, 1976). Estos elementos parecerían ser descompuestos en el suelo. El P sería otro elemento que debido a la baja solubilidad del P inorgánico y su baja movilidad, la contribución de las SH en este sentido puede ser importante (Helal y Sauerbeck, 1984 y 1987). Para otros autores, la aplicación de sustancias húmicas, en condiciones de campo, incrementa la concentración de ácido fúlvico en la solución del suelo, que induce un mayor crecimiento de las plantas y aumenta la concentración de micronutrientes solubles (Chen y Aviad, 1990). Si se comparan los trabajos realizados por Cooper y Liu en soluciones nutrientes, vemos que cuando trabajaban con solución Hoagland diluida obtenían mayor actividad fotosintética y desarrollo radicular (Liu *et al.*, 1998), pero cuando se trabajó con solución completa no se observan diferencias con el agregado de SH (Cooper *et al.*, 1998).

1.3.10.4 Influencia en la capacidad de intercambio catiónico.

Algunos autores ponen de manifiesto el aumento de la capacidad de intercambio catiónico (Caro *et al.*, 1991). Debido esto, las SH pueden actuar como buffer contra cambios en el pH del suelo. Esta característica puede resultar útil suponiendo un esquema sobre substrato inerte, en que se debe regular perfectamente todo, una capacidad buffer adicional podría actuar como un reaseguro contra posibles errores. (Varanini y Pinton, 1995).

1.3.10.5 Propiedades de formar complejos.

Las SH tienen la propiedad de formar complejos insolubles con metales, por lo tanto juegan un papel importante en la desintoxicación de suelos de estos elementos (como Cd y Al), que pueden estar presentes en altas concentraciones en la solución del suelo. Los complejos formados por los ácidos húmicos y fúlvicos reducen la concentración de iones nocivos (metales pesados no complejados), lo cual previene su rápida absorción por las raíces de las plantas. De hecho, es bien conocido que las SH reducen la toxicidad de aluminio, que depende grandemente de la concentración de las especies no disociadas.

Resultados similares han sido informados para el cadmio y zinc (Mota *et al.*, 1996; Varanini y Pinton, 1995). Si bien esto no es motivo de nuestra investigación, puede ser un elemento a futuro, pensando en la contaminación de aguas con metales pesados.

1.3.10.6 Efecto en el contenido de nutrientes de las plantas.

Rauthan y Schnitzer (1981) encontraron que plantas de pepino creciendo durante 6 semanas en una solución Hoagland doblaron su peso seco cuando estaba presente 300 mg de ácido fúlvico. Paralelamente se observó un incremento en el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe y Zn en la parte aérea. Tan y Nopamornbodi (1979) mostraron que la parte aérea de plantas de maíz creciendo por 16 días en solución nutriente a la cual había sido agregado 640 mg/l de ácido húmico, triplicaron su peso seco e incrementaron su contenido total de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn y Mn. Otros autores informan efectos de menor importancia, con diferencias en relación al órgano de la planta considerado (Mylonas y McCants, 1980; Vaughan y Malcom, 1985). La variabilidad en los resultados puede ser debida a las diferencias del origen de las SH (Lee y Bartlett, 1976) ó a la fracción húmica utilizada (Sladky, 1959, Lulaki y Petsas, 1995). Por otro lado, varias especies vegetales tratadas con la misma fracción húmica han mostrado diferentes respuestas (Dormaar, 1975).

1.3.10.7 Efecto en el crecimiento de las plantas.

La respuesta de las raíces de las plantas a la exposición de SH involucra cambios morfológicos como la mayor proliferación de raíces laterales y adventicias (Linehan, 1976; Mylonas y McCants, 1980), como así también los pelos radicales (Rauthan y Schnitzer, 1981). Es posible que los cambios en la morfología del aparato radical y el incremento de la superficie absorbente pueden influenciar la capacidad de la planta a absorber los nutrientes del suelo.

Linehan (1976) trabajó con ácidos fúlvicos, encontrando mayor crecimiento en las raíces de tomate. Mylonas y McCants, (1980) trabajando en tabaco, encontraron a baja concentración de ácidos húmicos, un aumento en el crecimiento radical y a mayor concentración, menor efecto, mientras que con ácidos fúlvicos, no fue tan marcado. Lulakis y Petsas (1995) encontraron que el mejor crecimiento radical de tomate se produce con una concentración de 50 a 100 ppm de ácidos húmicos y 300 ppm de ácidos fúlvicos, pero si se quería mejorar el crecimiento del tallo, se debían aumentar las concentraciones.

Rauthan y Schitzer (1981), trabajaron en pepino con solución Hoagland y observaron que con el aporte de 100 a 300 ppm de ácidos fúlvicos se produjo incrementos significativos en el crecimiento y desarrollo aéreo y radical, en la absorción de elementos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, y Zn) desde la solución circundante, con un

concomitante incremento en el proceso fisiológico y en la formación del número de flores por planta, lo cual sugiere que los ácidos fúlvicos pueden afectar la actividad enzimática en la producción de flores. En el caso de las raíces, éstas fueron altamente ramificadas y ricas en pelos, las cuales aumentaron la superficie y facilitó una absorción de nutrientes más eficiente.

Ahora bien, en las investigaciones sobre los mecanismos de acción que tienen efecto sobre el crecimiento de las plantas, diferentes autores han mostrado que las SH tienen una actividad similar a diferentes hormonas, como ser auxinas (Nardi *et al.*, 1994), giberelinas (Muscolo *et al.*, 1993; Muscolo y Sidari, 1998) o poliaminas (Young y Chen, 1997).

1.3.10.8 Efectos en el mecanismo de absorción de nutrientes.

David *et al.* (1994) determinaron que las SH ayudan o facilitan determinados transportes. Guminski *et al.* (1983) observaron en tomate que siguiendo un tratamiento con SH y elementos marcados, la asimilación de K^+ incrementó un 20-30%, además de impedir la salida “pasiva” de iones K^+ . Un incremento similar fue observado en la absorción de Ca en raíces de tomate, mientras que la absorción de Mg fue de menor valor. Los efectos observados en la absorción de nitrato y sulfato fueron aún más importantes. A diferencia de los efectos en la absorción de sulfatos y nitratos, se observó una fuerte inhibición en la absorción de cloruros.

La acción estimulante de las SH sobre la tasa de absorción de cationes y aniones es función del tiempo de contacto entre estas sustancias y las raíces, el cual debe ser mayor a 6 horas a temperaturas fisiológicas. Cuando las raíces son mantenidas en contacto con SH en períodos cortos (sobre las 2 h), se observa menor estimulación (Varanini y Pinton, 1995).

1.3.10.9 Papel de las sustancias húmicas como quelatos naturales.

Las SH han sido extensivamente consideradas como quelatos naturales para micronutrientes catiónicos. Las pruebas de esta posibilidad y de los mecanismos por los cuales estos complejos pueden ser usados por las plantas son todavía escasas. Además, la variabilidad de las aproximaciones experimentales en este punto a menudo no permiten una generalización de las conclusiones (Varanini y Pinton, 1995). Resultados interesantes para la distribución de ^{59}Fe absorbidos por las plantas en presencia de SH han sido descritas por Guminski *et al.* (1983). Sus experimentos muestran claramente que la acumulación de hierro en raíces de tomate se inhibe en presencia de SH en la solución nutriente, mientras que se favorece la concentración de ^{59}Fe en la parte aérea.

1.3.10.10 Consideraciones finales sobre las sustancias húmicas.

Todos los puntos señalados sobre las propiedades de las SH, como ser: la retención de agua, el crecimiento radical, la regulación del pH, la formación de complejos con metales pesados y la mayor absorción de nutrientes, hacen de su inclusión en esta estrategia general una alternativa sumamente interesante. El efecto principal que se busca al incorporar SH en los tacos de lana de roca, es un mayor desarrollo de raíces, para obtener así una plántula adulta mejor adaptada para el transplante.

1.3.11 Acondicionamiento mecánico para control de crecimiento.

Uno de los aspectos a tener en cuenta en la realización de esta estrategia es lograr una plántula con la menor altura posible, sin detrimento de la biomasa tanto aérea como radical, y de ser posible con la menor altura a la primera floración. A este tipo de plántula la definimos como “retacona”. Dentro de las prácticas que se encontraron en la bibliografía está el acondicionamiento mecánico (MA), y hay otra alternativa utilizada en algunos viveros, que es la colocación del microplug en forma transversal para disminuir la altura y favorecer el desarrollo de raíces. De esta técnica, la única referencia bibliográfica está en pimiento para la reducción del síntoma conocido como pié de elefante (Vavrina *et al.*, 1994). Estos autores encontraron que el establecimiento de plántulas con más profundidad hasta la altura de las hojas cotiledonares, o mejor aún a las primeras hojas verdaderas, tenían mayor rendimiento que los transplantes a la altura del cuello. La altura de planta es crítico también para los manejos posteriores al momento del transplante, pues el transporte de una planta ahilada es dificultoso y hay riesgos de quiebre.

Los tratamientos mecánicos para controlar el crecimiento pueden ser por contacto con la planta (tocar, frotar, cepillar) y su respuesta ha sido denominada “thigmomorfogénesis” (Jaffe, 1973) o sin contacto con la planta (viento, vibración o sacudida), cuya respuesta fue denominada “seismomorfogénesis” (Mitchell *et al.*, 1975). Latimer (1991a) propuso el término de acondicionamiento mecánico (MA) para referirse a la aplicación comercial de respuestas de estrés mecánico natural en producción de plántulas de hortalizas. El estímulo puede producirse de diferentes formas. Las formas por contacto se realizan tocando alguna parte de la planta, frotando secciones del tallo con los dedos o “cepillando” la parte aérea de las plantas con las manos, escoba, papel u otros materiales. Entre los estímulos sin contacto se incluye la sacudida manual de plantas en macetas o la vibración de macetas o también la sacudida por medio de viento.

En varios trabajos se demuestra que las plantas vuelven a su crecimiento normal después de dos o tres días de cesado los tratamientos (Jaffe, 1973; Mitchell *et al.*, 1975, Neel y Harris, 1972)

1.3.11.1 Respuestas entre especies y cultivares.

Latimer (1991a) en su revisión, cita diferencias de crecimiento o de respuesta relativa según distintas especies o cultivares. En el caso del pepino, el grado de retardo de crecimiento de cuatro cultivares japoneses en respuesta al cepillado correspondieron al vigor normal del cultivar y hábito de crecimiento (Latimer *et al.*, 1991). Los cultivares con entrenudo corto exhibieron menor reducción de crecimiento que aquellos de entrenudo largo.

Johjima *et al.* (1992) trabajaron con 4 cultivares de tomate que diferían en la longitud de entrenudo y vigor, los cuales mostraron idéntica respuesta al MA. También se encontró que la berenjena es fácilmente dañada con tratamientos de frotado del tallo (Latimer *et al.*, 1986). El daño en las hojas también difiere entre cultivares, modificando la morfología de las hojas, así, en el cultivar de tomate “Dantobi-Yohyu” se observó un fuerte daño foliar en la primera semana de cepillado, mientras que en otros 6 cultivares no ocurrió tal cosa (Johjima *et al.*, 1992).

1.3.11.2 Respuesta de la planta:

La mayor reducción en crecimiento ocurre en tejidos jóvenes o en tejidos directamente en contacto con los tratamientos (Mitchell *et al.*, 1975). Las plantas muy jóvenes sufren mayores daños físicos, indicando esto que al momento de comenzar a aplicar los tratamientos las plántulas deben tener determinado desarrollo (Latimer, 1991b; Garner y Björman, 1996). La duración y la hora de aplicación también son importantes, por ejemplo en tomate “supersonic” se produce una gran inhibición de crecimiento cuando se hacen dos sacudidas diarias de 30 segundos y no tanto cuando se realiza una sola de 60 seg (Mitchell *et al.*, 1975). Pero la reducción de crecimiento es independiente de la hora del día (Heuchert y Mitchel, 1983, Garner y Björman, 1996).

Pappas y Mitchel (1985) encontraron que la asimilación de CO₂ se reanuda dentro de los 60 minutos después de un tratamiento de sacudida. Sin embargo el índice fotosintético en soja se redujo por 5 horas, primariamente debido al incremento de la resistencia estomática.

1.3.11.3 Respuesta estacional.

El crecimiento en tomate se reduce mas en invierno que en verano (Heuchert y Mitchell, 1983; Piszczek y Jerzy, 1987). En general, la respuesta al MA es mayor con temperaturas moderadas y bajos niveles lumínicos que con altos niveles. En ensayos previos en cámaras de crecimiento con altas temperaturas (28 °C noche/32°C día), las plántulas tuvieron menor respuesta a la sacudida que aquellos que crecieron a menor temperatura (23 °C noche/ 27 °C día) (Heuchert y Mitchell, 1983). En el mismo trabajo, se

ve el efecto de la luz. Con un 44 % de insolación en verano, la reducción de crecimiento fue menor que cuando se trabajó con un 17% de insolación. También se indica la reducción del área foliar del 34 % en invierno y solamente del 19% en verano.

1.3.11.4 Otras respuestas.

El MA bajo condiciones de buena disponibilidad de agua, muestra síntomas de falta de vigor en el tallo, pero esto hace que mejore la resistencia a debilitamientos más severos inducidos por sequía (Pressman *et al.*, 1983). En tomates sacudidos se observa un color verde más intenso ya que aumenta el contenido clorofílico específico, que es el contenido de clorofila por unidad de peso seco de tejidos (Mitchel *et al.*, 1975).

Ahora bien, el peso específico de hojas (SLW=peso seco de hojas/area foliar) que es una estimación de la densidad foliar, también se ve incrementada en tomate (Heuchert y Mitchell, 1983) y otras especies (Latimer *et al.*, 1986). El incremento del SLW y del contenido de clorofila, puede incrementar la proporción de fotosíntesis (Nobel y Hartsock, 1981). Debido a que los estados tempranos del desarrollo foliar influencia el SLW, el acondicionamiento mecánico de plántulas en invierno mejora su adaptación a condiciones de campo en parte por el incremento del peso específico de hojas (Latimer *et al.*, 1986).

El MA generalmente reduce el crecimiento de raíces en menor medida que la parte aérea, resultando en una disminución de la relación vástago/raíz en algunas especies: brócoli (Latimer, 1990), pepino (1 de 4 cultivares) (Latimer *et al.*, 1991) y en 3 de 7 líneas de tomate (Johjma *et al.*, 1992). La disminución de la relación vástago/raíz ha sido asociada a un mejor establecimiento en el campo bajo condiciones de estrés hídrico, si bien esta respuesta no es general para todas las especies (Latimer, 1991a)

El cepillado no afectó la absorción de N, P, Ca ó Mg en plántulas de tomate cultivadas en solución nutriente (Adler y Wilcox, 1987). Sin embargo, se observó un incremento en la concentración de P en la parte aérea, una reducción del K, mientras que el N no fue afectado.

Durante el establecimiento a campo, las plántulas generalmente están expuestas a estrés hídrico. El acondicionamiento mecánico puede mejorar la tolerancia a condiciones de estrés. La sacudida o el frotado incrementan la resistencia de difusión foliar y decrece la transpiración en tomate (Mitchel *et al.*, 1977). A su vez se observó que 3 semanas después del transplante las plantas no tenían diferencias en peso seco, cuando al inicio, las plantas tratadas tenían un 34 % menos de peso seco que las no tratadas (Liptay, 1985).

1.3.11.5 Métodos de realización. Momentos. Reacciones.

El mecanismo de respuesta al MA todavía no está establecido, suponiendo que existe un control hormonal. (Latimer, 1991a). En este sentido, se han realizado investigaciones comparando el MA con reguladores de crecimiento (Adler y Wilcox, 1987; Pressman et al., 1983; Huberman et al., 1993). También se han estudiado algunos procesos intermedios (Loukili et al., 1999; Cipollini y Redman, 1999). La hipótesis sobre el incremento en la producción de etileno sería la más consistente hasta el momento (Latimer, 1991a; Huberman et al., 1993; Ota, 1994; Erwin, 1998).

Los métodos para reducir el crecimiento son variados y pueden pasar por la aplicación de estrés hídrico (Latimer y Oetting, 1994; Latimer y Beverly, 1994), diferencias de temperaturas diurnas/nocturnas (Dufault y Melton, 1990), diferentes tipos de luz (Carr y Jaffe, 1995) o disponibilidad de nutrientes (Acondicionamiento Nutritivo) (Melton y Dufault, 1991; Wien, 1997), solas o en combinación con algún acondicionamiento mecánico (Keller y Steffen, 1995). En todo esto, si bien los trabajos mencionados son aislados, no están todavía sistematizado como para una orientación hacia la producción de plántulas en escala comercial (Latimer, 1991a)

Los métodos para aplicar mecánicamente el estrés difieren según investigadores. La sacudida de pequeños grupos de macetas individuales ha sido probada por varios autores (Mitchell *et al.*, 1975; Pontinen y Voipio, 1992; Mitchel *et al.*, 1977). Beyl y Mitchel (1977) propusieron un sacudidor oscilatorio mecánico automático (AMOS: Automated, Mechanical Oscillatory Shaking), pero no resultó del todo práctico para alta densidad de producción de plántulas de hortalizas. En el mismo trabajo se describe un método que combina la aplicación de chorros de aire húmedo intermitentemente, lo cual puede ser factible como parte del sistema de riego. Esta modificación resulta ventajosa, ya que el estrés producido por viento seco cambia el microclima de las plantas y puede producir una desecación indeseable en el material, lo cual es evitado con el humedecimiento (Latimer, 1990). Otra forma de MA es el frotado manual, que si bien se obtienen buenos resultados, es dudosa su aplicación a escala comercial (Jaffe, 1973; Mitchel *et al.*, 1977; Loukili *et al.*, 1999; Adler y Wilcox, 1987)

En cuanto al cepillado, en Japón se utiliza comercialmente una pequeña escoba, donde las unidades de producción generalmente son chicas (Takaki *et al.*, 1991; Ota, 1994). Otros materiales probados son: papel común (Biddington, 1986; Pontinen y Voipio, 1992), cardboard (Latimer, 1990), barra de aluminio (Nakaseko, 1988), barra de acero suspendida (Johjima *et al.* 1992), caña de bambú (Cipollini, 1999) o un palo de madera (Latimer, 1991a). Garner y Björkman (1996 y 1999) realizaron sus investigaciones con una placa de poliestireno expandido de 3*20*30 cm, siendo similar a estas características el

material utilizado en la presente tesis. Deben ser evitados los materiales con alta adherencia de hojas como PVC o tubos pintados que causan demasiado daño en las hojas (Latimer, 1991a). También se ha probado el impedimento estático del crecimiento por flexión manual (Gartner, 1994) o con la utilización de distintos elementos: una cubierta de red vinílica (Samimy, 1993), capas de harpillera (Autio et al, 1994), ó filmes plásticos en estructuras rígidas (Garner y Björkman, 1997 y 1999).

Es importante saber cuando empezar y cuando terminar. El cepillado puede dañar físicamente las estructuras reproductivas en flores de tomate que pueden estar presentes en los últimos estados del tratamiento (Johjma *et al.*, 1992). Para prevenir enfermedades, se recomienda que aquellas plantas que presenten síntomas de enfermedad sean entresacadas antes del cepillado (Shawish y Baker, 1982) y que las plantas deben ser tratadas únicamente cuando el follaje esté seco (Latimer, 1991b).

1.3.12 Espaciamento en el semillero.

Uno de los aspectos importantes a tener en cuenta en la realización de esta estrategia, en la que se demora la plántula en el semillero, es la densidad que se utilizará. Esta dependerá de la época del año y del grado de desarrollo a alcanzar por la plántula. La finalidad es evitar problema de ahilado por competencia por la luz, lo que redundará en la obtención de plántulas más fuertes, evitando problemas en el transplante.

La competencia por luz produce plantas ahiladas que son difíciles de manipular. Es necesario un espacio amplio que permita un desarrollo de las plántulas extendido en el tiempo antes que sean afectadas por la competencia. La falta de un espaciamento adecuado en semillero cuando se demora un transplante, repercute en el rendimiento final de tomate (Sayre, 1948). Por lo tanto, el conocimiento de la densidad óptima dentro del semillero es esencial. Vega López *et al.* (1999), proponen una serie de densidades de acuerdo a sus observaciones, las cuales sirven de referencia práctica.

1.4 FINALIDAD Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.4.1 Finalidad

La presente tesis pretende avanzar en la mejora de la técnica de obtención de plántula adulta de tomate en semilleros de inundación.

1.4.2 Objetivos específicos:

1. Determinar la formación de raíces con distintos tratamientos y su influencia en la generación de la biomasa total de la plántula.
2. Evaluar frecuencias de riego en el semillero para la obtención de plántulas adultas.

3. Determinar si en el taco de lana de roca, el agregado de sustancias húmicas promueven una mayor formación de raíces.
4. Conocer la respuesta de diferentes materiales, colocados debajo de los tacos de lana de roca, al desarrollo de raíces.
5. Analizar la influencia de distintas formas de repicado en la formación de raíces y en la altura de planta.
6. Evaluar la técnica de cepillado para reducir la altura de la plántula sin detrimento de la producción de biomasa.
7. Precisar las densidades de plántulas más conveniente a colocar en semillero.
8. Estudiar el comportamiento al transplante de plántulas con diferentes grados de desarrollo.

1.5 HIPÓTESIS DE TRABAJO

Concomitantemente con los objetivos planteados, se describen a continuación cuáles son las hipótesis de trabajo que sustentan estos objetivos y que constituyen el aporte técnico-científico de la presente tesis.

1.5.1 Desarrollo de raíces

La finalidad de la presente tesis apunta hacia una determinada estrategia de producción de plántulas. La misma implica conducir en semillero plántulas de tomate hasta la primera o segunda floración. Para esto es importante analizar cómo se forman las raíces pues son el factor esencial para el desarrollo total de la plántula y lograr el menor estrés en el momento del transplante (McKee, 1981a y b).

La hipótesis sustentada en este caso es que “a través de distintos tratamientos de manejo se puede obtener un mejor desarrollo radical y por ende, una mejor plántula”

1.5.2 Frecuencias de riego

El tipo de raíz que se tiene que desarrollar es función del tipo de cultivo donde se realizará el transplante. Con regímenes de baja frecuencia y gran caudal, se favorece el desarrollo de raíces “tipo suelo”, y con riegos de alta frecuencia é incluso inundación constante, se desarrollan raíces de “tipo agua” (Lint y Klapwijk, 1986).

La mayor frecuencia de riego, e incluso la subirrigación permanente, produce una planta más vigorosa (Frantz *et al.*, 1998; Hicklenton y Cairns, 1996; Cooper, 1974). Sin embargo, con riego continuo se producen plantas suculentas que provocan un mayor porcentaje de fallas al transplante en repollo (Frantz *et al.*, 1998).

El potencial de agua del medio radical tiene influencia en el crecimiento de la raíz. Cuando este potencial de agua es menor a -0.8 Mpa disminuye significativamente el ritmo de crecimiento radical (Klepper, 1991).

Por lo tanto, la hipótesis de trabajo para la evaluación de frecuencias de riego se fundamenta en que “existen diferencias en el crecimiento de las plántulas en semillero debidas a las distintas frecuencias de riego, debiéndose determinar cuál es la óptima para obtener una plántula adulta en tomate.”

1.5.3 Substancias húmicas.

La lana de roca puede considerarse un sustrato inerte (Resh, 1997). Por lo tanto, el agregado de distintas sustancias podrían mejorar el desarrollo de raíces. En este sentido, las sustancias húmicas han demostrado que promueven el desarrollo de raíces (Vaughan y Malcom, 1985; Lulakis y Petsas, 1996).

Estos antecedentes son los que sustentan la hipótesis de que “con el agregado de sustancias húmicas se promueve el desarrollo de raíces obteniendo una mejor plántula adulta en semillero.”

1.5.4 Materiales debajo del taco

La superficie de contacto entre el sustrato y las paredes del recipiente, debe ser preferentemente lisa para tener un mejor desarrollo radical (Liptay y Edwards, 1994). El piso de cemento ofrece cierta rugosidad, lo cual es un factor que limita el crecimiento de las raíces.

El uso de un sustrato extendido y fino favorece el desarrollo de raíces (Fischer *et al.*, 1990; Sakuma y Suzuki, 1997). A su vez, para tener una mayor superficie de contacto con el agua que corre en los canales de NFT y mejorar el trasplante, sería conveniente el agregado de un material debajo del taco de lana de roca buscando estos efectos.

De estas consideraciones se desprende la hipótesis de que “distintos elementos colocados debajo del taco de lana de roca permiten un mayor crecimiento de raíces.”

1.5.5 Colocación del microplug

La colocación de la planta cuando se repica, en forma acostada e incluso invertida en el taco de lana de roca, puede influir en la calidad de la plántula (Vavrina *et al.*, 1994). Este recurso pretende un mejor arraigue, una mayor proliferación de raíces adventicias y una menor altura de la primera floración.

La hipótesis que se sustenta es que “la colocación de la plántula dentro del taco de lana de roca en forma acostada o invertida promueve el desarrollo de raíces adventicias”

1.5.6 Cepillado

Es conveniente por razones prácticas obtener una plántula retacona que permita una inserción baja del primer racimo y un mejor manejo en el transplante, sin detrimento de la biomasa ni del rendimiento. En este aspecto se ha trabajado en semillero con la técnica de “cepillado” (brushing) para rustificar las plántulas (Garner y Bjorkman, 1996; Latimer y Oetting, 1999).

La hipótesis sustentada entonces es que “existen métodos para obtener menor altura de planta sin disminución de la biomasa.”

1.5.7 Densidad

La optimización de la densidad de plantación es una necesidad técnica y económica. La hipótesis de partida es que “la densidad óptima de plántulas en semillero será función de la época del año y del grado de desarrollo al que se quieran llevar.”

1.5.8 Producción

El manejo en el semillero tiene influencia en la producción del cultivo (Morgan y Clarke, 1975). La evaluación de la producción en cultivo de NFT se realizará bajo la hipótesis que “el desarrollo de una mejor plántula en el semillero repercute en la producción posterior”.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS GENERALES A TODOS LOS ENSAYOS

2. Material y Métodos generales a todos los ensayos.

2.1 LOCALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS

El trabajo de campo se realizó en las instalaciones de la empresa DUNIA EXPORT S.A, situada en el Paraje La Cumbre, en el término municipal de El Ejido, Almería, España. Las coordenadas geográficas son 36° 40' latitud Norte y 2° 47' longitud Oeste. La ubicación se puede observar en el la figura II-1.

2.2 CLIMA.

El clima del litoral Almeriense, según la sistemática de J. Papadakis, corresponde al carácter Citrus-algodón menos cálido, con régimen térmico subtropical semicálido y mediterráneo semiárido (Ci-g-Su-Me), (Elías y Ruíz, 1973). Las características climáticas de invernaderos en ésta área geográfica, en algunos aspectos, han sido descritas por Castilla (1995) y López-Gálvez y Naredo (1996).

2.3 INFRAESTRUCTURA.

La finca disponía para la investigación de cuatro invernaderos de arco, dos de ellos con la cubierta simétrica, sentido de las naves norte-sur (S2, S3) y los otros dos asimétricos, sentido de las naves este-oeste (A1, A4 de la figura II-2).. El invernadero señalado como A4, corresponde al semillero, y el invernadero S3 donde se realizó el cultivo. Estas instalaciones contaban con una red de saneamiento para la recogida de pluviales que conduce a pozos de drenaje.

La etapa de cultivo posterior al transplante se realizó en un invernadero industrial multitúnel, que disponía de cinco naves de 7.5 m de ancho por 40 m de largo, lo que daba una superficie de 1500 m². La altura en el lateral y canaletas era de 4.0 m y de la cumbre de 5.8 m. El material de cerramiento era polietileno térmico de 200 µm. El invernadero, disponía de ventilación cenital mediante ventanas de cremallera ubicadas en la vertiente este y ventanas enrollables en los laterales norte y sur. Las ventanas disponían de malla antiáfidos. La técnica de cultivo empleada fue la de NFT (Peil, 2000)

Para la mejora de su microclima, el invernadero disponía de una malla de sombreado de un paso de luz del 50%, que además tenía efecto termoaislante, y de un sistema de calefacción por agua caliente, utilizando para su transporte tuberías de hierro situadas sobre apoyos a 10 cm del suelo. Los invernaderos estaban provistos en su lateral izquierdo y en el frontal posterior de unas tuberías de 8.2 cm de diámetro que provenían de la caldera de calefacción, situada en la caseta de riego. De estos tubos salían otros de 5.1 cm de

diámetro que estaban colocados sobre unos apoyos situados encima del suelo por los que circula el agua caliente. Estos tubos iban unidos en su perímetro mediante una llave de paso. A su vez, los mismos servían como rieles para los carritos con que se realizaban las tareas culturales. Los elementos que componían el sistema de calefacción se pueden observar en la figura II-5

Los equipos estaban conectados a un sistema informático que se encontraba en una nave auxiliar. Este sistema informático contaba con un programa que controlaba la apertura y cierre de ventanas, el plegamiento de la malla de sombreado y el sistema de calefacción de acuerdo con parámetros establecidos para el cultivo. Así, en función de la temperatura y de la humedad relativa se activaba la calefacción o se abrían las ventanas. La calefacción estaba programada para mantener una temperatura nocturna de 14°C. En condiciones de HR mayor al 90%, aproximadamente una hora antes de la salida del sol, y con temperaturas mayores a 16 °C se abrían las ventanas. La temperatura diurna se mantenía lo más próximo a 22 °C, cuando era menor se activaba la calefacción y si era mayor se abrían las ventanas.

2.4 SEMILLERO.

El semillero se realizó en un invernadero industrial multitúnel, de cubierta asimétrica, con seis naves de 7.5 m de ancho por 40 m de largo, con una superficie útil por nave para colocación de plantas de 240 m² (1440 m² total) y eje longitudinal este-oeste. La altura en el lateral era de 4.0 m y de la cumbre de 5.8 m. Este invernadero es el señalado como A4 en la figura II-2, y se muestra en la foto II-1.

El invernadero, disponía de ventilación cenital mediante ventanas de cremallera curvas ubicadas en la vertiente norte del techo y de ventanas de cremallera plana en los laterales norte y sur. Las ventanas estaban provistas de malla antiáfidos. El material de cerramiento era polietileno térmico de 200 µm.

Las camas del semillero (balsetas) eran de cemento, de 7.5 m de ancho por 32 m de largo, teniendo una pendiente del 4‰, confluyendo en el centro. En el punto central se encontraba la boca por donde salía el agua para la inundación y por donde se producía el drenaje. Los tubos de carga y descarga, eran de un diámetro de 6" (15 cm), para permitir un caudal de 1000 litros por minuto.

Como se puede observar en la Figura II-3, los elementos esenciales que componen este sistema son:

- Depósito de solución para inundación ó tanque de recirculación. (aproximadamente 20000 l). Este tanque estaba construido por debajo del nivel del piso, para realizar el drenaje de las balsetas por gravedad.

- Bomba para impulsar la solución nutriente e inundar las balsetas (1000 l/min).
- Tubería de inundación y drenaje (Diámetro 6”).
- Válvulas
- Piso de cemento con pendientes convergentes al punto central del 4 ‰.
- Invernadero.

Para la inundación y el vaciado cada balseta disponía de una canaleta de drenaje en el centro de la misma, corriendo paralela a la nave. Esta canaleta estaba construida con un caño de PVC de 6” cortado por el medio, con el punto de llenado y drene en su parte central.

En los laterales, las balsetas tenían un pequeño muro de contención de 7 cm de alto, mientras que en el frente este, para facilitar los desplazamientos de la maquinaria, el cerramiento lo constituía un pequeño tabique de caucho butilo que estaba metido dentro del cemento, y calafateando con silicona para evitar la pérdida de solución y/o lixiviados.

Para preparar la solución nutriente del tanque de recirculación, se utilizó el sistema inyector de fertilizantes general para el fertirriego de los invernaderos, cuyo esquema está presentado en la Figura II-4.

Los elementos que componen este sistema son:

- Entrada de agua. En este caso, provenía de una balsa. (Fig. II-1)
- Tanques con las distintas soluciones madre. El sistema utilizado tenía cinco:
 - Tanque A: Nitrato potásico, y sulfato de Magnesio.
 - Tanque B: Nitrato de Calcio, Microelementos y Quelatos de Hierro.
 - Tanque C: Ácido Fosfórico y Fosfato monopotásico
 - Tanque D: Sulfato potásico y Sulfato de Magnesio.
 - Tanque con ácido nítrico. Este sirve para el ajuste del pH del sistema.
- Cabezal de riego controlado por ordenador.
- Bombas para accionar el sistema.
- Sensores. De pH y CE para ajustar las soluciones nutritivas y de temperatura como elemento auxiliar.
- Filtros de anillas.
- Tanque de recirculación. Este es el tanque desde el cual se realiza la inundación de las balsetas del semillero.

El control de la temperatura en invierno se realizaba con sistema de calefacción por agua caliente, cuya caldera y tuberías principales eran comunes con el resto de invernaderos. A su vez, en el semillero, cada una de las balsetas de inundación, disponía de cañerías dentro del piso de cemento para calefaccionar como loza radiante lo cual es un

elemento mejorador del sistema (figura II-5). El sistema de calefacción del piso esta automatizado y para su arranque y pare se utiliza una sonda pt-100 clavada en un palo que controla la temperatura a tener en la zona radicular.

Al igual que en los invernaderos de cultivos, los equipos estaban conectados a un sistema informático con el que se controlaba automáticamente el clima. Los parámetros eran los mismos a los ya mencionados.

2.5 SOLUCIÓN NUTRIENTE

Para la preparación de la solución nutriente se emplearon cuatro depósitos o tanques en los que se tenía distintos fertilizantes en solución concentrada (figura II-4). La incorporación de los fertilizantes al agua de riego se realizó según el citado diagrama. El sistema empleado es el de succión por Venturi (Foto II-2). La solución nutriente así preparada iba al tanque de recirculación (figura II- 4), desde donde se distribuía al semillero. La proporción de miliequivalentes de la solución nutriente utilizada en el semillero se muestra en el cuadro II-1.

Estos valores se ajustaron automáticamente a través de un sistema de inyección programado por ordenador y colocado en el tanque de recirculación desde el cual se realizaba por bombeo la inundación al semillero y hacia el cual volvía al producirse el vaciado de la balseta. La duración de cada evento de riego debía ser lo suficientemente prolongada para permitir el humedecimiento del sustrato hasta aproximadamente la saturación. En los tacos utilizados en los ensayos aquí descritos, con una altura de 10 cm, el tiempo de inundación fue de aproximadamente 10 minutos, alcanzándose una altura de solución nutriente de 3 cm aproximadamente.

2.6 CONTROL FITOSANITARIO

En los ensayos realizados no se contó con un sistema de desinfección de la solución nutriente, pero tampoco se han observado enfermedades que se hubiesen transmitido por la misma. Los tratamientos fitosanitarios que se realizaron en la parte aérea de las plantas fueron fundamentalmente para el control de mosca blanca.

2.7 MANEJO DE LAS PLÁNTULAS

Los 3 tipos de contenedores utilizados fueron: El microplug y dos tipos de tacos, el de siembra directa con un orificio y el de repicado con dos orificios. El microplug es un taco de lana de roca cilíndrico, con un diámetro de 2 cm y una altura de 2.5 cm. Vienen dispuestos en bandejas de poliestireno expandido, con una capacidad de 240 unidades. Se utilizaron para hacer más eficiente la etapa de germinación y posterior repicado en taco (Foto II-3).

Las dimensiones de los tacos de lana de roca utilizados en estos ensayos fueron de 10 cm de lado y una altura de 6.5 cm, con diferente cantidad y dimensiones de agujeros. Para siembra directa de pepino se trabajó con tacos con un agujero, con orificio de 22 mm de diámetro y 20 mm de profundidad. Para tomate, se trabajó con repicado desde microplug, en tacos con 2 orificios de 22 mm de diámetro y 35 mm de profundidad (García Pareja, 1999).

Previo a la siembra se procedió a limpiar y desinfectar el semillero. A continuación, los tacos de lana de roca se saturaron con solución nutriente. Esto es para que la lana esté húmeda y para bajar el pH de la misma. La siembra se realizó en microplug para tomate y directamente en tacos en pepino.

Los microplugs vienen en bandejas desinfectadas. Una vez saturados con la solución nutriente, se realizó la siembra colocando la semilla de tomate en el agujero que viene para tal fin. Se aplicó una fina capa de vermiculita para tapar las semillas y evitar pérdidas por evaporación. Posteriormente se colocaron en una mesa de cultivo y se regaron por microaspersión.

El repicado se realizó cuando las plantas tenían dos hojas verdaderas formadas, aunque no totalmente expandidas (foto II-4). Al transplantar las plantas a los agujeros del taco, éstos debían estar saturados con la solución nutriente. Posteriormente al repicado se cubrieron los agujeros con vermiculita para rellenar los espacios libres que deja el microplug. Tanto los tacos ya repicados como los de siembra directa fueron regados por inundación, con una frecuencia variable.

2.8 MANEJO DEL CULTIVO.

En los momentos en que se decidió, de acuerdo con el ensayo, llevar las plántulas a cultivo, éstas se transplantaron a un cultivo en NFT en los invernaderos descriptos anteriormente.

El sistema de cultivo en NFT utilizado en este trabajo estaba formado por las siguientes partes (Peil, 2000):

- a) Una serie de canales paralelos, de polietileno flexible blanco-negro, de 200 micras de espesor, donde se cultivaron las plantas. Los canales tenían una longitud de 9m y una pendiente del 2 %, para que la solución nutriente fluyera constantemente en el sistema a razón de 3 l/min y con una altura de lámina de solución nutriente de aproximadamente 5 mm. La disposición de los canales fue en líneas dobles, con distancia de 0.55m y un pasillo de 1.33 m de anchura.
- b) Un estanque colector (aljibe) de 60 m³ de capacidad, que tenía por función almacenar la solución. El estanque disponía de dos bombas de impulsión para llevar la solución nutriente hasta la red de distribución ubicada en la cabecera de los canales de cultivo a mayor cota.

- c) Una tubería colectora que recogía la solución nutritiva y llevaba el retorno hacia el estanque.
- d) Un sistema de automatización conectado a un ordenador, que controla la temperatura de la solución, el pH y la conductividad eléctrica (CE)

El aljibe tiene como objetivo actuar como regulador térmico de la solución nutritiva y además, mejorar las condiciones de oxigenación de la solución dado el salto que se produce en el retorno a ésta. (López-Gálvez y Peil, 2000). La composición de la solución nutritiva aportada figura en el cuadro II-1.

En cuanto a los canales de cultivo, es de hacer notar que si bien tenían un soporte para mantener rígido el polietileno, al colocar el taco en el momento del transplante, se producían pequeños pliegos en algunos sectores que impedían que el taco se embebiera correctamente, ya que la solución pasaba por el costado del mismo. Este inconveniente, que obliga a revisar el cultivo varias veces al día después del transplante es el que se pretendía solucionar con el agregado de determinados materiales debajo del taco de lana de roca. Esto significaría tener una fina superficie de absorción de solución nutriente a lo ancho del canal.

Tanto el cultivo de pepino (con duración corta, hasta dos semanas después de transplante), como los cultivos de tomate realizados, se condujeron a un solo tallo, tutorados con rafia de polipropileno. En el caso de aquellas plantas de tomate que se llevaron a la cosecha de los dos primeros racimos, se realizó el pinzamiento de flores, dejando solamente 6 frutas por racimo.

2.9 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.

A continuación se describen los tratamientos utilizados, y entre paréntesis figura la nomenclatura que se usará para designarlos en los siguientes capítulos.

2.9.1 Frecuencias de riego.

Dos riegos por día (2R). Se tomó como base este tratamiento, al que también se lo denomina como **TESTIGO**, según el caso, en el cual la balseta se inundaba y vaciaba 2 veces al día.

Seis riegos diarios (6R). Este tratamiento consistía en realizar 3 riegos por la mañana y 3 riegos por la tarde.

Riego por peso (RPP). En este caso, la determinación de las necesidades de riego se realizó por pesada de tacos. Para establecer los valores se realizó una pequeña prueba con 40 repeticiones de tacos tomados al azar de dos pallets distintos. Se tomó el peso del taco tal cual llega (peso seco), completamente saturado en la solución nutriente y muestras de desecación diaria. Los valores obtenidos figuran en el cuadro II-2.

Como se observa, la variabilidad aunque es grande, nos permite hacer algunas consideraciones teóricas. Se toma en cuenta que el peso de un taco saturado con un 80 % de agua oscila entre 520 a 570 gramos. A su vez, de acuerdo con las curvas de retención de agua de la lana de roca, con un 20 % de agua, ésta es todavía fácilmente disponible. Eso significa que en peso estaríamos en el orden de los 130 gramos, que sumados al peso del taco y al peso de la planta en los distintos estadios, se puede determinar el momento de riego. Se observa que los valores son más variables a medida que se va desecando el taco, por lo tanto esto indica que la pérdida de agua es variable, y que por lo tanto, al tomar una muestra para hacer la determinación del momento de riego, se debe tomar un cierto límite de confianza. Por esto, en el cuadro II-3 se toman los valores teóricos y por último se indica el valor práctico a tomar, considerando el límite de confianza.

Lámina continua de solución nutritiva (AGUA). Las dimensiones de las bassetas no aconsejaban su llenado e inundación constante por solo 40 tacos, por lo que se colocaron en bandejas donde se mantuvo una lámina permanente de aproximadamente 1 a 2 cm de solución nutritiva (foto II-5).

2.9.2 Materiales empleados en la base de los tacos:

Estos materiales se colocaron sobre el suelo y bajo los tacos de lana de roca. A excepción de la malla antiraíz que se colocó a manera de alfombra sobre el piso de cemento, el resto de materiales fueron cortados y pegados en la base del taco. El propósito de esto, aparte de pretender un mayor desarrollo radical, era tener una mayor superficie de absorción de agua al momento de transplantarlo al NFT.

Malla antiraíz (MALLA). Malla plástica de polipropileno, con un entramado pequeño de tal manera que permite el paso del agua pero no permite que la raíz la atraviese. Al no estar la raíz en contacto directo con el cemento, permite una mejor condición de crecimiento de las raíces en ese microambiente. En este caso se extendió la malla a lo largo de la basseta en los sectores donde se colocaba este tratamiento, y sobre ésta se apoyaban los tacos (foto II-6).

Paño de celulosa y algodón (PAÑO). Paño que tiene una composición de un 65 % de celulosa con un 35 % de algodón. El uso corriente de este material es como bayeta para limpieza del hogar. Absorbe hasta 11 veces su peso en agua. Se le pegó a cada taco un trozo de este paño de celulosa y algodón en trozos de ancho igual a la base y largo equivalente a la base más 2 veces un lado (10 X 23 cm)(foto II-7).

Tejido capilar (TEJIDO CAPILAR). Tejido especialmente diseñado para desarrollo radical, para cultivos sin suelo (Cooper, 1979). Tiene propiedades que evitan la proliferación de algas, y absorbe hasta 300 veces su peso en agua. Se le pegó a cada taco

un trozo de este Tejido capilar en trozos de ancho igual a la base y largo equivalente a la base más 2 veces un lado (10 X 23 cm) (foto II-8)

Lana de roca (LANA). En este caso se utilizó lana roca que provenía de tablas para cultivo, y se realizó un corte dejando planchas de 10 cm de ancho, 23 cm de largo y 1 cm de espesor. Se le pegó a cada taco uno de estos rectángulos.

Lana de vidrio (LANA DE VIDRIO). En el primer ensayo, como no se conseguía lana de roca en plancha, se utilizó lana vidrio proveniente de planchas que se usan en construcción, las cuales tienen un espesor de aproximadamente 3 cm. Se le pegó a cada taco un trozo de lana de vidrio en plancha en trozos de ancho igual a la base y largo equivalente a la base más 2 veces un lado. (10 X 23 cm) Este tratamiento fue descartado después del primer ensayo y en los siguientes se usó lana de roca.

2.9.3 Material empleado dentro de los tacos:

Substancias Húmicas (HÚMICOS). Tratamiento que se realizó adicionado a la solución nutriente distintas concentraciones de producto comercial de substancias húmicas (SH). El producto comercial, de la marca Huminver tenía 15% de ácidos húmicos y fúlvicos procedentes de leonardita y 50% de materia orgánica total. La concentración y el modo de aplicación difirió entre ensayos, por lo tanto se exponen en cada caso los mismos. En el ensayo del capítulo IV se aplicó el tratamiento con un riego semanal con una concentración de substancias húmicas de 1 ml de producto comercial por litro de solución.

Como no se disponía de datos certeros sobre la dilución y frecuencia óptima para la aplicación de SH en los tacos, y como en el primer ensayo con tomate se crearon ciertas dudas de cómo realizarlo, se planteó una prueba, que por razones de rapidez se hizo en pepino. Los resultados de esa evaluación permitieron establecer una concentración de 2.5 ml de producto comercial por litro de solución nutriente, utilizada solamente para embeber los tacos antes del repique. Esta dosis es coincidente con la descrita en la bibliografía. (Linehan, 1976; Mylonas y McCants, 1980; Rauthan y Schinitzer, 1981).

2.9.4 Tratamientos para tener mayor crecimiento radical y plántula retacona.

Microplug Vertical (VERTICAL). En este caso, el repicado se efectuó colocando el microplug y la plántula en forma vertical, conservando la misma posición tal cual estaba en la bandeja de germinación.

Microplug acostado (ACOSTADO). En este caso, se dio media vuelta el microplug al introducirlo en el taco.

Microplug Invertido (INVERTIDO). Aquí, el microplug se colocó al revés, torciendo totalmente el tallo, para forzar aún más la formación de raíces.

Cepillado (CEPILLADO). A las plantas bajo este tratamiento, se les efectuaron 20 pasadas consecutivas con una plancha de poliestireno expandido de 36 * 9.5 * 1.5 cm, de ida y vuelta, en forma suave, dos veces diarias desde el momento en que la altura de las plántulas fue de 8 cm y durante 10 días (foto II-9 A). La medida de altura se efectuó con una hoja de papel colocada encima de las plantas, y midiendo esta altura con respecto al soporte (foto II-9 B) (Garner y Björkman, 1996).

2.10 VARIABLES MEDIDAS.

Para el análisis de biomasa se tomaron los siguientes datos:

- Largo del tallo (cm), medido con cinta métrica común. Precisión considerada, 1 cm.
- Diámetro del tallo, medido con calibre. Precisión considerada, 0.1 mm.
- Peso fresco de tallo. Se tomó con balanza de laboratorio, la cual figura en el apéndice instrumental. Precisión considerada: 1 g.
- Peso seco del tallo. Una vez evaluados los parámetros anteriores, se colocó cada tallo identificado en una bandeja de aluminio y se llevó a estufa a 80°C durante 48 horas hasta constancia de peso. El peso seco de plantas chicas se realizó con balanza de precisión, aunque para los cálculos se tomó solamente una precisión de 0.01 g. La estufa y balanza figuran en el apéndice instrumental.
- Peso fresco y seco de hojas. Similar a lo considerado para el tallo.
- Ramilletes florales. El procedimiento es similar para peso fresco y peso seco.
- Brotes laterales. El procedimiento es similar para peso fresco y peso seco.
- Raíces. Se midieron desagregando manualmente el taco de lana de roca, sacando las raíces, lavándolas y pesándolas. En los ensayos que figuran en los capítulos III, IV y V, la determinación se realizó de esta forma. Es de hacer notar que esta operación era sumamente engorrosa y lenta, pues la separación de la lana de roca es bastante dificultosa. En los ensayos de los capítulos VI, VII y VIII, la extracción de raíces se realizó con la ayuda de un agitador. Se colocaba el taco de lana de roca en una botella de boca ancha, de 1 litro de capacidad y se agregaba medio litro de agua. Se tapaba y controlaba para que no tuviera pérdidas y se colocaba en el agitador. Se dejaban 12 muestras cada vez por espacio de 6 horas a 50 rpm. Luego se procedía a la separación primaria en un cedazo y el lavado de las raíces. Se dejaba orear, se pesaba y se colocaba en estufa para establecer el peso seco.
- Cosecha precoz. En el ensayo del capítulo V, se tomó la cosecha producida en las tres primeras semanas que se pesó en una balanza electrónica de precisión 1 g.

A su vez, en determinados ensayos se realizaron las siguientes mediciones:

Capítulo II. *Material y métodos generales a todos los ensayos*

- Radiación interceptada. Se realizó con barra de medición de radiación PAR, LI-191SA Line Quantum Sensor, colocando la barra en 4 posiciones sobre el canopeo y 4 posiciones debajo del mismo. Las posiciones eran con respecto a las filas de tacos, 2 perpendiculares (una coincidente con la línea de plantas y la otra en medio de dos líneas), y las otras dos medidas en forma diagonal, haciendo coincidir una medición con una línea diagonal de plantas, y la otra en medio de dos líneas.
- Conductividad Eléctrica y pH. Para estas medidas, se tomaban los tacos de las plantas a evaluar, y antes de proceder al desmenuzado, se apretaba el taco y se extraía la solución remanente, con la cual se realizaba la lectura. El instrumental utilizado para la medición figura en el anexo III. La precisión considerada fue de 0.1 mS/cm en la CE, y de 0.1 en el pH.

2.11 ANEXO I. INSTRUMENTAL

2.11.1. Peachímetro: (Crison, 1997)

Se utilizó para la medición del pH de las soluciones aplicadas en el riego sobre las camas de inundación, como así también sobre extractos tomados de los tacos de lana de roca.

Se utilizó un pH-metro MicropH 2001, con compensación automática de temperatura. Las especificaciones son las siguientes

Escalas de medidas	pH 0 ...14.00 mV 1999 ... 1999-05-17 °C 20.0 ...150.0 °C
Resolución	0.01 pH, 1 mV, 0.1 °C
Criterio de estabilidad de lectura	Variación máxima de 0.1 mV en 5 seg.
Display	Fluorescente, 3½ dígitos para pH, 3½ para temp.
Impedancia de entrada	10 ¹² Ohms
Deriva térmica	0.002 pH/°C
Entradas	Electrodo indicador o combinado Electrodo de referencia Compensación automática de temperatura
Alimentación	220 W. 50/60 Hz.,

2.11.2 Balanza Electrónica de precisión. (Adam Equipment Co. Ltd. 1997)

Se utilizó una Balanza WA 80, de Adam Equipment Co. Ltd. para la comprobación de materia seca en materiales de escasa biomasa. Las especificaciones son las siguientes:

Escala de medida	0...80 g
Incremento	0.0001 g
Repetibilidad SD	0.0001 g
Linealidad (+/-)	0.0002 g
Tiempo de estabilización	3 seg.
Cabina	Standard. Circular

2.11.3 Balanza Electrónica de carga superior (A & D Instruments, 1996)

El modelo de balanza utilizada para cargas mayores fue HF-6000G de A & D Instruments. Las especificaciones son las siguientes:

Escala de medida	0...6100 g
Incremento	0.1 g
Repetibilidad SD	0.1 g
Linealidad (+/-)	0.1 g
Tiempo de estabilización	1.5 seg.
Cabina	Sin cabina

2.11.4. Estufa para secado de biomasa. (J. P. Selecta, S. A.)

Para la determinación de peso seco de los órganos de las plantas, éstas se llevaron a estufa ventilada a 80 ° C hasta constancia de peso.

La estufa utilizada fue un modelo INCUBAT 380 L, CD 2003741, con las siguientes características:

Potencia Eléctrica Consumida	5000 W
Capacidad	380 l
Temperatura máxima	80 °C
Homogeneidad	+/- 2K
Estabilidad	+/-0.4 K
Error termómetro (analógico)	+/- 5 K

2.11.5. Medición de Radiación interceptada. (LI-COR, 1991)

Para la medición de radiación interceptada se utilizó un LI-191SA Line Quantum Sensor, cuyas especificaciones son las siguientes:

Sensibilidad	Típicamente 3 μA por 1000 $\mu\text{mol/s.m}^2$
Linearidad	Desviación máxima de 1 % sobre 10000 $\mu\text{mol/s.m}^2$
Estabilidad	Cambio < $\pm 2\%$ sobre un período de 1 año
Tiempo de respuesta	10 μs
Dependencia de temperatura	$\pm 0.15\%$ máximo por °C
Area sensible	1 metro de largo por 12.7 mm
Detector	Detector fotovoltaico siliconado de alta estabilidad.
Cubierta del sensor	Carcaza de aluminio sumergible con difusor acrílico y cubierta de acero inoxidable.

2.12 ANEXO II. CUADROS

Cuadro II-1: Elementos presentes en la solución, expresados en meq l⁻¹, pH y conductividad según cultivos (Steijn, 1995).

Cultivo	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ H ₂ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	pH	CE
Tomate en semillero	13.5	0.92	2.27	7.62	5.34	2.29	2.26	5.5	2.2
Pepino en semillero	15.1	0.95	1.89	5.89	5.49	1.75	0.40	5.5	1.8
Tomate en cultivo	13.8	0.5	1.5	8.5	4.25	2.0	1.75	5.5	2.2

Cuadro II-2: Valores medios de desecación de tacos de lana de roca.

Estadístico	Seco	Saturado	1 día	2 días	3 días	4 días
Media	43.5	550.5	487.2	337.4	286.1	242.8
Valor Mínimo	40	529	466	294	237	198
Valor Máximo	49	566	513	385	337	296
Desvío Estándar	2.265	9.891	11.696	23.108	25.951	26.574
C. V. (%)	5	2	2	7	9	11

Cuadro II-3: Peso de tacos (g) como indicadores de riego.

Estadio	Peso de planta	Peso de taco	Peso de Agua	Total	Valor de riego
Repicado	0.3	50	130	180	250
3 Hojas	1	50	130	181	250
5 Hojas	10	50	130	190	250
8 Hojas	30	50	130	210	250
11 Hojas	70	50	130	250	300
14 Hojas	150	50	130	330	400

2.13 ANEXO III. FIGURAS.

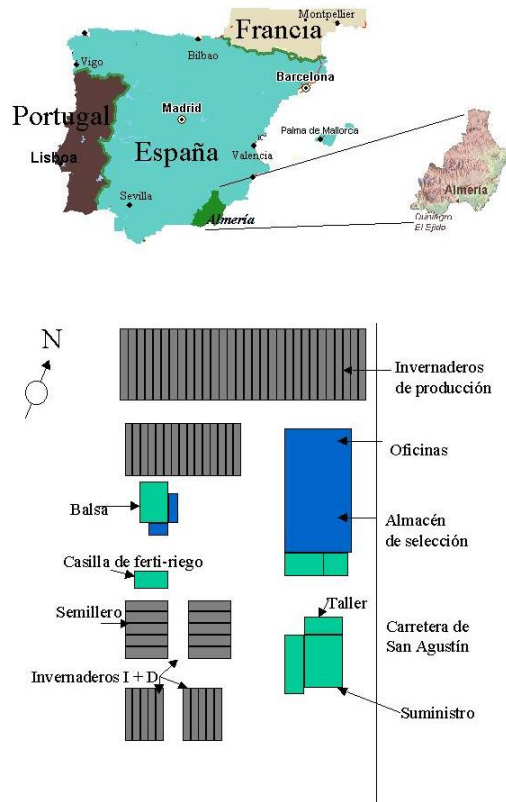


Figura II-1: Croquis de ubicación de los ensayos

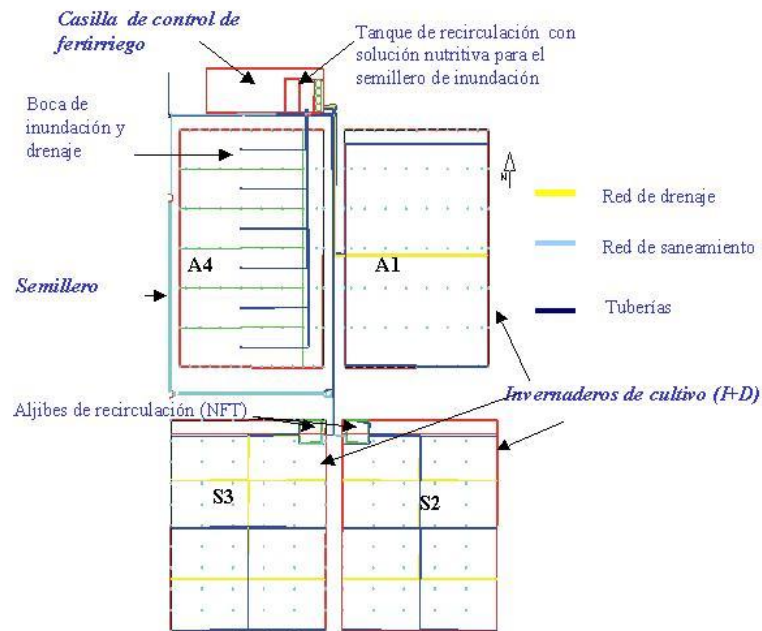


Figura II-2: Croquis de la distribución de los invernaderos, redes de distribución de agua, saneamiento y drenajes

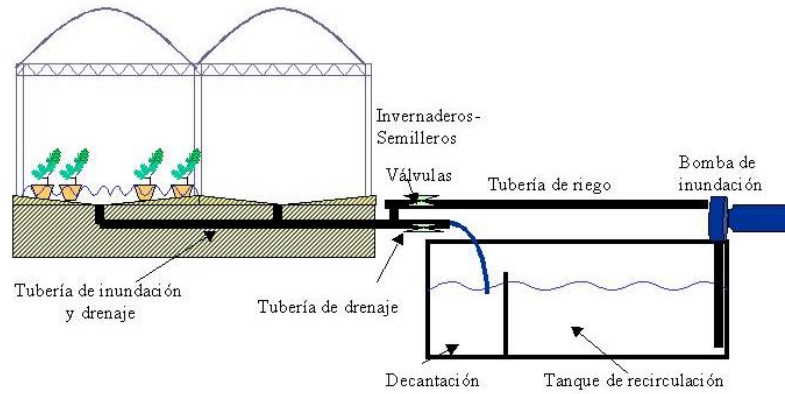


Figura II-3: Croquis de la distribución de agua en el semillero, inundación y drenaje.

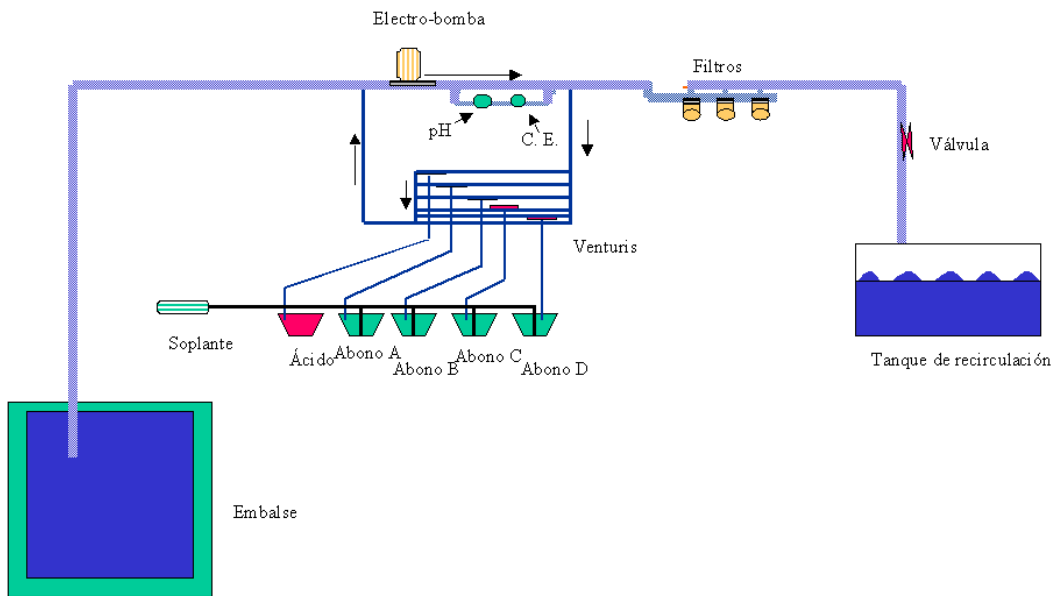


Figura II-4: Croquis del sistema inyector de fertilizantes.

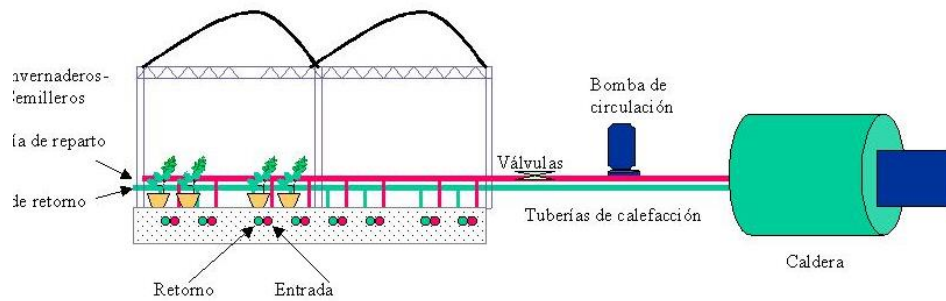


Figura II-5: Croquis de la calefacción.

ANEXO IV FOTOGRAFÍAS



Foto II-1. Vista del invernadero semillero.



Foto II-2. Vista del cabezal de riego.



Foto II-3. Bandejas con microplug y plántulas emergiendo.



Foto II-4. Plántulas de tomate en microplug al momento del repicado.



Foto II-5. Tratamiento con lámina continua de agua.



Foto II-6. Tratamiento sobre malla antiraíz.

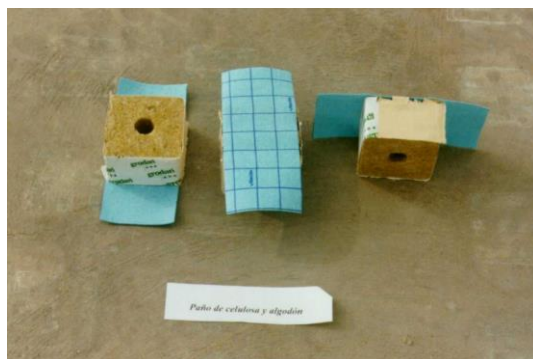


Foto II-7. Tratamiento de paño de celulosa y algodón.



Foto II-8 Tratamiento de textil enraizante.



Foto II-9. Acondicionamiento mecánico. A) Efectuando el cepillado B) Midiendo la altura del canopeo.

CAPÍTULO III

ENSAYO PRELIMINAR DE PEPINO

3. Ensayo preliminar en pepino.

3.1. INTRODUCCIÓN

La realización de un ensayo preliminar con pepino vino motivada por su rapidez en la obtención de plántula, permitiendo observar el comportamiento en semillero de distintas alternativas y tomar decisiones sobre la metodología de trabajo. La finalidad fue tener una valoración rápida del manejo de este tipo de ensayo y una primera medida de los tratamientos a evaluar. Este ensayo fue realizado en los meses de abril y mayo de 1999.

3.2 OBJETIVOS:

- Determinar la formación de raíces con distintos tratamientos y su influencia en la generación de biomasa total de la plántula.
- Conocer la respuesta de diferentes materiales, colocados debajo de los tacos de lana de roca, al desarrollo de raíces.
- Estudiar el comportamiento al transplante de plántulas con diferentes grados de desarrollo.

3.3. MATERIAL Y MÉTODOS :

La localización de los ensayos, datos generales de clima, infraestructura, semillero y solución nutritiva se hallan expuestos en el capítulo II sobre los materiales y métodos generales a todos los ensayos.

3.3.1 Calendarios.

La siembra se realizó el día 7/5/99, sobre tacos de lana de roca de 10 X 10 X 6.5 cm, con una sola semilla por taco, colocada en su parte central. La variedad de pepino utilizada fue *H-48*.

El transplante a los canales de cultivo en NFT se realizó el 25/5/99 y el 1/6/99. En las mismas fechas se realizó una evaluación de biomasa de plántulas en semillero. La evaluación final de biomasa en cultivo se realizó 7 días después del segundo transplante, el 8/6/99.

3.3.2 Tratamientos utilizados

Primer factor: modificaciones en el taco de lana de roca. En todos los casos la frecuencia de riego fue de 2 riegos diarios.

1. **TESTIGO:** Taco de lana de roca con 1 planta por taco

2. **MALLA:** Se colocó malla antiraíz sobre la cama de cemento, y en ella se apoyaron los tacos.
3. **LANA DE VIDRIO:** Se le pegó a cada taco un trozo de lana de vidrio en plancha en trozos de ancho igual a la base y largo equivalente a la base más 2 veces un lado. (10 X 23 cm)
4. **PAÑO:** Igual que el anterior pero con paño de celulosa y algodón.
5. **TEJIDO CAPILAR:** Igual que los anteriores pero con paños de Tejido capilar.

Segundo factor: modificaciones en la fecha de transplante.

Para realizar los transplantes, se tomó como base fenológica los siguientes momentos:

- a) **PRIMER TRANSPLANTE:** 4 hojas verdaderas totalmente expandidas. (25/5/99)
- b) **SEGUNDO TRANSPLANTE:** Se llevó cuando fue imprescindible el tutorado (una semana después del primer transplante), cuando las plantas tenían 12 hojas. (1/6/99)

3.3.3 Densidad de plantas en semillero

La densidad fue de 10 plantas por metro cuadrado, lo que evitó efectos de competencia por la luz.

3.3.4 Variables Analizadas

En las plantas tomadas para biomasa se procedió a realizar las siguientes medidas:

- Largo y diámetro del tallo.
- Peso fresco y seco del tallo.
- Peso fresco y seco de hojas.
- Peso fresco y seco de flores.
- Peso fresco y seco de brotes laterales.
- Peso fresco y seco de raíz.

3.3.5 Diseño Experimental y Modelo Estadístico.

Se definió como unidad experimental el taco de lana de roca. La aleatorización se realizó en los tratamientos al momento de la toma de muestras dentro del grupo de plantas con idéntico tratamiento. Para la evaluación de la biomasa en semillero, el diseño estadístico fue completamente aleatorizado, con 5 tratamientos y 3 repeticiones. El modelo es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

- Y_{ijk} = J-ésima observación con el tratamiento i

- μ = Media poblacional
- τ_i = Efecto del tratamiento τ
- ε_{ij} = Error experimental

Para la evaluación de la biomasa en cultivo, se realizó un diseño factorial con un primer factor en 5 niveles (tratamientos en el taco de lana de roca) y un segundo factor en dos niveles (fechas de transplante), con dos repeticiones. Para la estimación del error experimental se utilizaron los datos de las muestras hechas dentro de cada tratamiento. Por lo tanto el modelo estadístico resultante es un factorial completamente aleatorizado, tomando la interacción época*tratamiento*repetición como error experimental, cuya expresión es la siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + v_i + \tau_j + v\tau_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

- Y_{ijk} = k-ésima observación con la fecha de transplante i y el tratamiento en el taco j
- μ = Media poblacional
- v_i = Efecto del factor v (época) en el nivel i
- τ_j = Efecto del factor τ (tratamiento en el taco) en el nivel j
- $v\tau_{ijk}$ = Interacción de los dos factores
- ε_{ijk} = Error experimental

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el procedimiento general lineal (PROC GLM) del programa estadístico SAS (SAS Institute, 1998). Para la comparación de medias, se utilizó el test de Duncan, por ser uno de los más equilibrados con respecto a probabilidad de cometer error de tipo I y error de tipo II, al trabajar con muchos tratamientos.

3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este ensayo figuran en los cuadros III-1 a III-10, y en los gráficos III-1 a III-6. Los cuadros III-1, III-2 y III-3 muestran el estado de la biomasa en los distintos tratamientos, en el momento del primer transplante. Se puede observar cómo el tratamiento Tejido capilar difirió del Testigo solo en altura y peso seco de tallo y a su vez difirió de los tratamientos Paño y Lana en todos los parámetros aéreos. En cuanto a la evaluación de raíces no hubo diferencia significativa entre tratamientos, ni tampoco en la relación vástago/raíz ni en el porcentaje de materia seca. Los tratamientos Paño y Lana tuvieron un pobre crecimiento del vástago difiriendo significativamente con el Tejido capilar.

La segunda evaluación realizada en semillero se muestra en los cuadros III-4 a III-6. En este caso, el Testigo es quien encabeza los promedios. Los parámetros largo y peso

seco del tallo, peso fresco y peso seco de hojas, peso seco de la parte aérea y total, como así también en la relación vástago/raíz y porcentaje de peso seco no evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos. En los restantes parámetros de la parte aérea, el tratamiento Lana de vidrio tuvo un comportamiento significativamente más bajo que el Testigo. En cuanto a raíces los dos tratamientos con menor desarrollo fueron Paño junto con Lana de vidrio.

El análisis estadístico de los datos de biomasa 8 días después del segundo transplante, (cuadros III-7 a III-10), muestra cómo solamente el diámetro del tallo y el peso seco de raíces dan diferencias significativas entre tratamientos. En ambos parámetros, el tratamiento Paño fue el de menor valor. Si bien no hubo diferencias significativas en el resto de variables analizadas, el Testigo se ubicó por debajo de los valores de producción de materia verde en los tratamientos Malla, Tejido capilar y Lana de vidrio.

El análisis del segundo factor, las épocas de transplante, mostró en largo, peso fresco y seco de tallo, peso fresco y seco de flores, peso fresco aéreo, peso fresco y seco de raíz y peso fresco de biomasa total, una diferencia significativa a favor del primer transplante. Esto indicaría que en el pepino, el retraso en el transplante se traduce en pérdida de biomasa.

Los gráficos III-1, III-2 y III-3 permiten observar el comportamiento de la biomasa en el primer transplante. El tratamiento Paño tuvo una producción muy inferior al resto, observándose también que el resto de tratamientos prácticamente no difiere entre sí.

Los gráficos III-4, III-5 y III-6, que corresponden a la evolución de las plantas transplantadas en segundo lugar, muestran cómo los tratamientos con Tejido capilar o Malla superan al Testigo. El tratamiento Paño en este caso tuvo un mejor comportamiento que en el primer transplante difiriendo poco del Testigo, y estando éstos por debajo del resto. A su vez, se observa la diferencia de escala entre los gráficos del primer transplante, donde éstos tienen valores absolutos mayores. Esto se debe a que el pepino no responde bien a un atraso en el transplante, (Loomis, 1925), si bien, los tratamientos con Tejido capilar y con Malla antiraíz permiten un mejor establecimiento en estas condiciones.

Las observaciones realizadas permitieron determinar un efecto detrimental en el tratamiento Paño. Probablemente, como este material era muy fino, formaba una capa húmeda en el piso alrededor del taco, sin permitir una buena relación oxígeno-agua. Otra explicación de este comportamiento podría estar en algún elemento deletéreo para el crecimiento de la plántula usado en la fabricación de este producto, ya que su uso es de bayeta de cocina. Cooper (1979), realiza consideraciones similares para el uso de materiales como soporte en NFT.

En el caso de la Lana de vidrio, formaba una capa muy gruesa que no permitió el correcto humedecimiento del taco. También se observó una semana después de la siembra, que éste material se desarmaba sin brindar el soporte necesario, contrariamente a lo esperado.

El uso de Tejido capilar mostró un buen crecimiento de raíces y consecuentemente un buen desarrollo de las plántulas en el semillero y posterior cultivo. Este tipo de material también demostró buen comportamiento en cultivo en NFT tipo Ariel (Cooper, 1979; Resh, 1997). Los resultados del tratamiento Malla, si bien no son mayores que el Testigo, mostraron la conveniencia de continuar con su evaluación.

El presente ensayo, de carácter preliminar, permitió establecer la metodología de los trabajos posteriores sobre el manejo del semillero y análisis de muestras. Se determinaron tiempos operativos para estimar las cantidades de muestras factibles a ser analizadas, fundamentalmente en lo referente al desmenuzado de los tacos de lana de roca. Por ejemplo, con plántulas de más de un mes en semillero, se demoraba 1 hora en limpiar las raíces de un taco. A partir de estas observaciones se reconsideró el número de tratamientos y repeticiones al iniciar los ensayos que requerían estudiar la raíz

3.5 CONCLUSIONES

Los resultados mostraron un buen crecimiento radical en los tratamientos Tejido capilar y de la Malla antiraíz tanto en el semillero como en el posterior trasplante, aunque sin diferencias con el Testigo. El crecimiento aéreo no evidenció la misma tendencia en el semillero pero sí en cultivo. En cuanto al resto de tratamientos, Paño y Lana de vidrio tuvieron menor desarrollo radical y aéreo.

La evaluación de los materiales colocados debajo de los tacos de lana de roca y su comportamiento permitió concluir que tanto la Lana de vidrio como el Paño de celulosa y algodón se desarman muy fácilmente, lo cual es un inconveniente práctico y a su vez, tuvieron menor crecimiento que el Testigo. Por tal motivo, estos materiales no se evaluaron en los siguientes ensayos. Los tratamientos Tejido capilar y Malla mostraron un buen desarrollo radical.

En cuanto a la prolongación de la estancia en el semillero, éste cultivo no responde bien a esta técnica, si bien, los tratamientos con Tejido capilar y con Malla antiraíz permiten un mejor establecimiento ante un atraso en el trasplante.

3.6. ANEXO I. CUADROS.

Cuadro III-1: Biomasa del tallo y hojas en semillero a los 18 DDS.

Tratamiento	Tallo			Hojas	
	Largo (cm)	Peso fresco	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco
Tejido capilar	12.0 a	3.6 a	0.18 a	9.9 a	1.22 a
Testigo	10.5 b	2.7 a b	0.14 b	8.6 a b	0.95 a b
Malla	10.0 b	2.5 a b	0.12 b c	7.8 a b	0.97 a b
Paño	9.5 b	2.1 b c	0.11 b c	5.6 b	0.73 b
Lana	8.0 c	1.3 c	0.09 c	6.4 a b	0.81 b
Estadísticos					
R-cuadrado	0.94	0.87	0.89	0.70	0.75
CV	4	17	12	19	14
RCME	0.4472136	0.4277850	0.0148324	1.4432602	0.1356446
Media	10.0	2.47	0.13	7.69	0.94

Cuadro III-2: Biomasa aérea y radical en semillero a los 18 DDS.

Tratamiento	Parte aérea		Raíces	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Tejido capilar	13.6 a	1.4 a	2.5 a	0.2 a
Testigo	11.4 a b	1.0 a b	2.5 a	0.2 a
Malla	10.4 a b	1.1 a b	2.4 a	0.2 a
Paño	7.7 b	0.8 b	2.2 a	0.2 a
Lana	7.7 b	0.9 b	2.4 a	0.2 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.76	0.81	0.10	0.14
CV	18	13	21	34
RCME	1.8077610	0.1341641	0.5196152	0.0707107
Media	10.16	1.06	2.42	0.21

En todos los cuadros, se utilizarán las siguientes abreviaturas: CV Coeficiente de variación. RCME: Raíz cuadrada media del error.

A su vez, en las comparaciones de tratamientos, las medias seguidas por igual letra no difieren entre sí, según test de rangos múltiples de Duncan con un 5 % de significancia.

Capítulo III. Ensayo preliminar en pepino

Cuadro III-3: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 18 DDS.

Tratamiento	Biomasa Total		Parámetros Adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Tejido capilar	16.2 a	1.6 a	5.3 a	10.2 a
Testigo	13.9 a b	1.2 a b	4.5 a	9.0 a
Malla	12.8 a b	1.3 a b	4.3 a	10.2 a
Lana	10.2 b	1.2 a b	3.2 a	11.0 a
Paño	9.9 b	1.0 b	3.8 a	10.4 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.71	0.68	0.61	0.36
CV	17	16	19	11
RCME	2.1236761	0.200000	0.8056054	1.1108555
Media	12.58	1.28	4.21	10.22

Cuadro III-4: Biomasa del tallo y hojas en semillero a los 25 DDS.

Tratamiento	Tallo			Hojas	
	Largo (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Testigo	40.5 a	21.1 a	1.05 a	57.4 a	4.9 a
Malla	37.5 a	20.7 a	0.88 a	55.9 a	4.8 a
Tejido capilar	40.5 a	20.2 a	0.95 a	53.4 a	4.5 a
Paño	36.5 a	16.1 a b	0.75 a	40.6 a	3.4 a
Lana	28.0 a	12.4 b	0.60 a	37.0 a	3.3 a
Estadísticos					
R-cuadrado	0.66	0.84	0.58	0.77	0.77
CV	14	13	25	16	17
RCME	5.1478151	2.3407264	0.2144761	7.7775317	0.7372245
Media	36.60	18.11	0.84	48.90	4.18

Cuadro III-5: Biomasa aérea y radical en semillero a los 25 DDS.

Tratamiento	Parte aérea		Raíces	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Testigo	78.6 a	6.0 a	13.6 a b	1.0 a b
Malla	76.6 a b	5.7 a	13.2 a b	1.0 a b
Tejido capilar	73.6 a b	5.5 a	19.2 a	1.8 a
Paño	56.8 a b	4.1 a	8.4 b	0.7 b
Lana	49.4 b	3.9 a	9.2 a b	0.6 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.80	0.73	0.79	0.83
CV	14	19	29	27
RCME	9.5669483	0.9412757	3.6959437	0.2801785
Media	67.01	5.03	12.74	1.03

Cuadro III-6: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 25 DDS.

Tratamiento	Biomasa Total		Parámetros Adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Tejido capilar	92.9 a	7.2 a	3.8 a	7.8 a
Testigo	92.2 a	7.0 a	6.9 a	7.6 a
Malla	89.8 a b	6.6 a	6.2 a	7.4 a
Paño	65.2 a b	4.8 a	6.8 a	7.3 a
Lana	58.6 b	4.5 a	5.4 a	7.8 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.82	0.75	0.70	0.40
CV	15	19	27	5
RCME	11.758571	1.1284946	1.5596474	0.3827532
Media	79.75	6.05	5.84	7.57

Cuadro III-7: Biomasa del tallo en cultivo a los 32 DDS.

Tratamiento	Tallo			
	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Tejido capilar	234.8 a	0.84 a	99.1 a	5.9 a
Malla	218.5 a	0.88 a	98.9 a	5.7 a
Testigo	191.7 a	0.77 a b	73.4 a	4.9 a
Lana	161.7 a	0.81 a b	68.8 a	4.0 a
Paño	113.7 a	0.67 b	42.8 a	2.5 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.48	0.59	0.51	0.50
CV	37	8	39	36
RCME	66.819549	0.0678277	29.748788	1.6721085
Media	182.57	0.80	76.63	4.58
Epoca				
Primera	227.4 a	0.81 a	97.0 a	5.6 a
Segunda	155.0 b	0.78 a	64.1 b	3.9 b

Capítulo III. Ensayo preliminar en pepino

Cuadro III-8: Biomasa de hojas y flores en cultivo a los 32 DDS.

Tratamiento	Hojas			Flores	
	Area Foliar (cm ²)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Malla	1338 a	196.8 a	18.9 a	0.9 a	0.06 a
Tejido capilar	1386 a	195.4 a	18.7 a	0.5 a	0.05 a
Lana	1024 a	145.8 a	13.9 a	0.6 a	0.06 a
Testigo	966 a	132.2 a	14.2 a	1.1 a	0.08 a
Paño	647 a	86.9 a	8.6 a	0.3 a	0.04 a
Estadísticos					
R-cuadrado	0.48	0.47	0.48	0.47	0.49
CV	33	36	33	136	108
RCME	355.20520	56.272765	4.9420568	0.8553128	0.0552795
Media	1086.9	154.06	14.96	0.63	0.05
Epoca					
Primera	1272 a	184.8 a	17.4 a	1.4 a	0.10 a
Segunda	973 a	135.1 a	13.4 a	0.2 b	0.02 b

Cuadro III-9: Biomasa aérea y radical en cultivo a los 32 DDS.

Tratamiento	Parte aérea		Raíces	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Malla	296.5 a	24.6 a	68.0 a	2.9 a b
Tejido capilar	295.0 a	24.6 a	54.4 a	3.7 a
Lana	215.2 a	18.1 a	45.9 a	2.2 a b
Testigo	206.8 a	19.2 a	38.3 a	2.0 a b
Paño	130.0 a	11.2 a	21.3 a	1.1 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.49	0.49	0.54	0.71
CV	37	34	52	45
RCME	86.212694	6.6391627	23.850588	0.9691087
Media	231.32	19.6	45.58	2.13
Epoca				
Primera	283.2 a	23.2 a	66.1 a	2.9 a
Segunda	199.4 b	17.4 a	32.9 b	1.6 b

Cuadro III-10: Biomasa total y parámetros adicionales en cultivo a los 32 DDS.

Tratamiento	Biomasa Total		Parámetros Adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Malla	365.6 a	27.5 a	4.6 a	7.6 a
Tejido capilar	349.5 a	28.3 a	6.2 a	8.4 a
Lana	261.1 a	20.3 a	5.1 a	7.8 a
Testigo	245.1 a	21.3 a	9.8 a	10.5 a
Paño	151.3 a	12.3 a	6.3 a	8.2 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.50	0.51	0.39	0.48
CV	39	34	51	20
RCME	109.03330	7.5009263	3.1551545	1.6038969
Media	276.90	21.72	6.21	8.19
Epoca				
Primera	349.4 a	26.1 a	4.6 a	7.5 a
Segunda	232.3 b	19.0 a	7.2 a	8.6 a

3.7 ANEXO II. GRÁFICOS.

Gráfico III-1: Evolución de la biomasa aérea en el primer transplante.

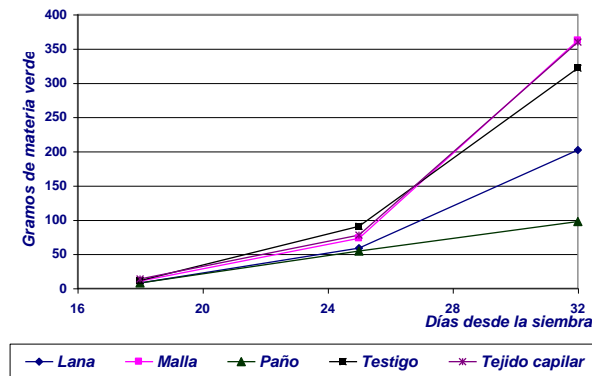


Gráfico III-2: Crecimiento de raíces en el primer transplante.

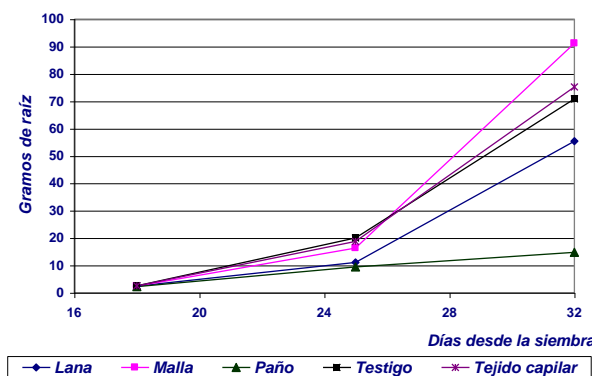


Gráfico III-3: Producción de biomasa total en el primer transplante.

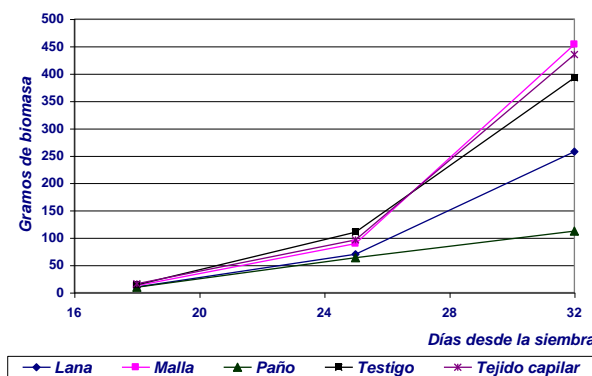


Gráfico III-4: Evolución de la biomasa aérea en el segundo transplante.

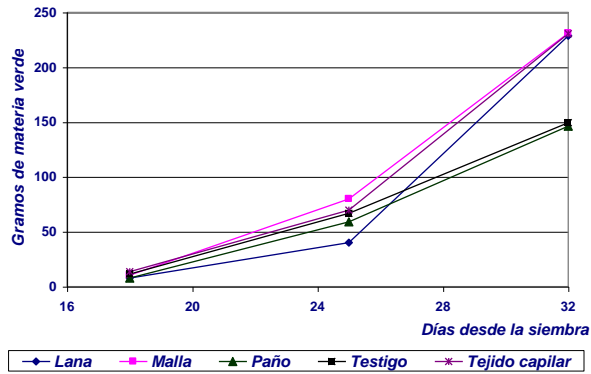


Gráfico III-5: Crecimiento de raíces en el segundo transplante.

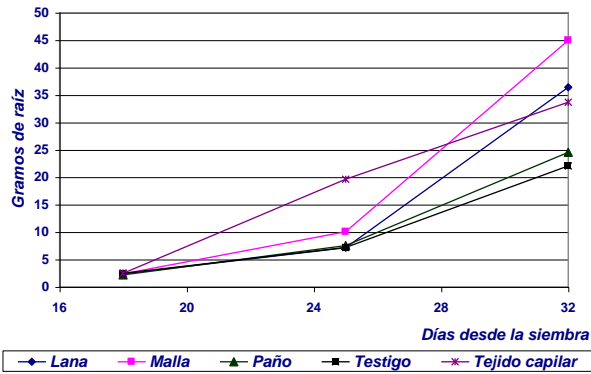
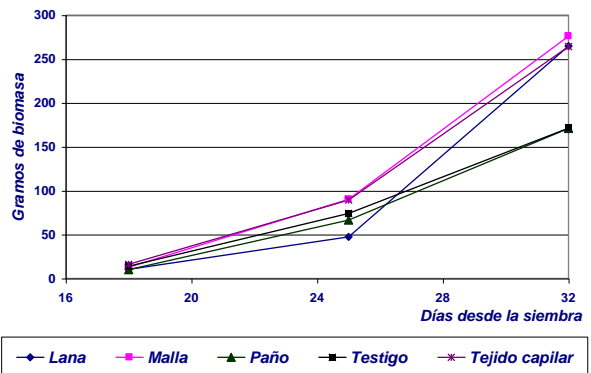


Gráfico III-6: Producción de biomasa total en el segundo transplante.



CAPÍTULO IV

ENSAYO PRELIMINAR EN TOMATE

4. Ensayo Preliminar en Tomate.

4.1 INTRODUCCIÓN

El planteamiento general de este ensayo fue similar al realizado en el capítulo anterior. La finalidad fue tener una primera medición de los parámetros y afinar la metodología de trabajo. A su vez, disponer de valores previos de los tratamientos principales y estimar la conveniencia de incluir otras variantes experimentales. Con esta finalidad, se realizó un ensayo con tomate en los meses de abril y mayo de 1999.

4.2 OBJETIVOS

1. Determinar la formación de raíces con distintos tratamientos y su influencia en la generación de biomasa total de la plántula.
2. Evaluar frecuencias de riego en el semillero para la obtención de plántulas adultas.
3. Determinar si en el taco de lana de roca, el agregado de sustancias húmicas promueven una mayor formación de raíces.
4. Conocer la respuesta de diferentes materiales, colocados debajo de los tacos de lana de roca, al desarrollo de raíces.
5. Estudiar el comportamiento al transplante de plántulas con diferentes grados de desarrollo.

4.3 MATERIAL Y METODOS

La localización de los ensayos, datos generales de clima, infraestructura, semillero y solución nutritiva están expuestos en el capítulo II sobre los materiales y métodos generales a todos los ensayos.

4.3.1 Calendario.

Con fecha 7/5/99 se sembró tomate, variedad *Habanna*, en bandejas de poliestireno expandido con microplug de 240 celdas. La fecha de repicado a los tacos de lana de roca fue el 26/5/99, 19 días desde la siembra (DDS). El transplante a los canales de cultivo en NFT se realizó en dos momentos, el 3/6/99 (27 DDS) y el 21/6/99 (45 DDS). En las mismas fechas se realizaron evaluaciones de la biomasa en el semillero. La evaluación final de biomasa se realizó 8 días después del segundo transplante, el 29/6/99 (53 DDS), tanto en cultivo como en semillero.

4.3.2 Densidad de plantas.

La densidad utilizada en el semillero fue de 10 plantas por metro cuadrado, lo que evitó efectos de competencia por la luz. En cultivo, se utilizó una densidad de 2 pl/m².

4.3.3 Tratamientos utilizados

Primer factor: modificaciones en el manejo dentro del semillero.

Todos los tratamientos se realizaron en tacos de lana de roca, con dos plantas por taco. Una descripción más detallada se encuentra en el capítulo II.

1. **TESTIGO 2R:** Taco de lana de roca con 2 plantas por taco y dos riegos diarios.
2. **MALLA 2R:** Se colocó malla antiraíz sobre la cama de cemento, y en ella se apoyaron los tacos.
3. **LANA 2R:** Se le pegó a cada taco un trozo de lana de roca en plancha en trozos de ancho igual a la base y largo equivalente a la base más 2 veces un lado. (10 X 23 cm)
4. **TEJIDO CAPILAR 2R:** Igual que el anterior pero en paños de tejido capilar.
5. **6R:** Tacos regados 6 veces al día.
6. **MALLA 6R:** Tacos apoyados sobre malla antiraíz y con 6 riegos diarios.
7. **AGUA:** En una bandeja aparte se condujeron plantas con una lámina de solución nutriente de 1 a 2 cm aproximadamente durante todo el ensayo.
8. **HÚMICOS:** En este tratamiento, a un plantel de tacos se les efectuó dos riegos diarios y además un riego semanal con la solución nutritiva a la cual se le agregó sustancias húmicas, a una concentración de 1ml de producto comercial por litro de solución nutriente.

Segundo factor: modificaciones en la fecha de transplante.

Los trasplantes se realizaron en los siguientes estados fenológicos de las plantas:

- a) **PRIMER TRANSPLANTE.** Seis hojas verdaderas. (3/6/99)
- b) **SEGUNDO TRANSPLANTE.** Inicio de primer floración –10 hojas-. (21/6/99)

4.3.4 Variables Analizadas

En el análisis de biomasa se tomaron los siguientes datos:

- Largo del tallo.
- Diámetro del tallo.
- Peso fresco y seco de tallo.
- Peso fresco y seco de hojas.
- Peso fresco y seco de inflorescencias.
- Peso fresco y seco de brotes laterales.
- Peso fresco y seco de raíz.

Con estos datos se obtuvo a su vez, la biomasa aérea y la biomasa total, la relación peso seco de la parte aérea con respecto al peso seco de raíz (relación vástago/raíz) y el porcentaje de materia seca total de la planta.

4.3.5 Diseño Experimental y Modelo Estadístico.

El ensayo presentaba cierta complejidad por la utilización de diferentes frecuencias de riego, en la que se debían colocar todos los tratamientos agrupados por frecuencia en una misma balseta, con lo cual, no se podía realizar la aleatorización espacialmente, ni tampoco se podía utilizar un diseño en parcelas divididas por no tener repeticiones y porque no todos los tratamientos estaban contenidos en cada frecuencia de riego. Por lo tanto se colocó en una balseta todos los tratamientos con dos riegos diarios, en otra balseta aquellos tratamientos con seis riegos diarios y aparte se condujeron los tratamientos con lámina continua de solución nutritiva, en bandejas especiales. Los tacos con el tratamiento de sustancias húmicas se los sumergía semanalmente en unas bandejas con la solución específica, permaneciendo el resto del tiempo en la balseta con dos riegos diarios.

Partiendo de la base de que los factores que conducen al error experimental son: el material genético, los tacos de lana de roca, la solución nutritiva y el ambiente, podemos afirmar que, el material genético, los tacos de lana de roca y la solución nutritiva son independientes del lugar donde se coloca un taco y solamente el ambiente puede modificar este error. Pero si consideramos en nuestro ensayo que el ambiente puede ser modificado levemente por las frecuencias de riego (fundamentalmente en lo que se refiere a humedad relativa), que es algo que se quiere evaluar a través de la respuesta de la planta, éste efecto deja de ser error experimental para convertirse en fuente de variación de tratamiento (Li, 1977).

Por las razones expuestas, para la evaluación de la biomasa en semillero, el diseño estadístico fue completamente aleatorizado, considerando a cada planta como una unidad experimental, con 8 tratamientos y 4 repeticiones, tomando para la estimación del error experimental los datos de las muestras hechas dentro de cada tratamiento. El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

- Y_{ijk} = j-ésima observación del tratamiento i
- μ = Media poblacional
- τ_i = Efecto del tratamiento i (frecuencias y/o aditivos)
- ε_{ij} = Error experimental

Para la evaluación de la biomasa en el invernadero de cultivo se debió considerar un segundo aspecto: las fechas de transplante. Tradicionalmente las distintas épocas de siembra o transplante no se pueden considerar como tratamientos estadísticos en ensayos de campo porque existen toda una serie de errores que hacen que éstos se confundan con otras fuentes de variación no programadas (principalmente el clima, suelo, manejo). En este caso, como las condiciones ambientales son de igual a igual en ambos tratamientos, por estar ambos invernaderos (semillero y cultivo) conducidos con los mismos parámetros climáticos, y se aleatoriza la extracción de plantas desde el semillero, como así también su colocación en los canales de cultivo, la fuente de variación principal es el hecho de dejar 20 días más unas plantas en el semillero. Por este motivo podemos considerar cada época de transplante como un tratamiento en el análisis estadístico de la varianza (Li, 1977).

Al realizar el ensayo con los tratamientos en el semillero por un lado y las épocas por el otro, el modelo estadístico resultante es un factorial completamente aleatorizado, tomando la interacción época*tratamiento*repetición como error experimental, cuya expresión es la siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + v_i + \tau_j + v\tau_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

- Y_{ijk} = k-ésima observación en la fecha de transplante i y el tratamiento en el taco j
- μ = Media poblacional
- v_i = Efecto del factor v (época) en el nivel i
- τ_j = Efecto del factor τ (tratamiento en el taco) en el nivel j
- $v\tau_{ijk}$ = Interacción de los dos factores
- ε_{ijk} = Error experimental

Se colocaron 4 repeticiones por cada fecha de trasplante para la evaluación final, y una línea adicional en el primer transplante para el cálculo de biomasa para la realización de los gráficos de evolución.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el procedimiento general lineal (PROC GLM) del programa estadístico SAS (SAS Institute, 1998). Para la comparación de medias, se utilizó el test de Duncan, por ser uno de los más equilibrados con respecto a probabilidad de cometer error de tipo I y error de tipo II, al trabajar con muchos tratamientos.

4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cuadros IV-1, IV-2, IV-3 y IV-4 se detallan los análisis de varianza de la formación de biomasa en la primera evaluación, discriminándose cada una de las variables y analizándolas por separado y en conjunto.

En el cuadro IV-1 se observa el comportamiento del tallo, en el cual, los tratamientos Tejido capilar 2R, Lana 2R y Agua, tuvieron un mayor crecimiento, tanto en longitud como en peso fresco y peso seco. Con respecto a los datos de hojas (cuadro IV-2), los niveles de significación fueron menores, y en el peso seco no se encontraron diferencias al nivel del 5%. Para el conjunto de la parte aérea, se observa que no existen diferencias significativas con respecto al peso seco, pero sí con respecto al peso fresco, destacándose los tratamientos Tejido capilar 2R, Lana 2R, Testigo 2R, Agua y Húmicos.

Como generalización, podríamos decir que los tratamientos con dos riegos indujeron un mayor crecimiento de raíz, luego los tratamientos Agua y Húmicos, siendo los de menor crecimiento aquellos que tuvieron seis riegos diarios.

La biomasa total no presenta diferencias significativas entre tratamientos en el peso seco, pero sí en peso fresco. En este caso, los tratamientos Tejido capilar 2R, Lana 2R, Testigo 2R y Agua, tienen los valores mas altos de producción de materia vegetal. Para la relación vástago/raíz, los mejores valores (los más bajos) fueron los tratamientos Tejido capilar 2R, Lana 2R, Húmicos, Malla 2R y Malla 6R. En cuanto al porcentaje de materia seca total, no hubo diferencias significativas entre tratamientos, siendo bajos los valores observados en esta etapa de medición.

Los valores de crecimiento en esta primera medición muestran en general, un mejor desarrollo radical en aquellos tratamientos que tuvieron dos riegos diarios, evidenciado esto también en una mejor relación vástago/raíz. Esto indicaría *a priori*, que en los primeros estados de crecimiento de la plántula, es más conveniente una baja frecuencia de riegos, si bien, con una lámina de solución nutriente constante también se obtienen resultados similares. También se observa que los materiales colocados debajo del taco de lana de roca, mejoran la producción de biomasa.

Los cuadros IV-5, IV-6, IV-7 y IV-8 muestran los resultados de la segunda evaluación de los tratamientos en semillero, realizada el 21/6/99. Este análisis es coincidente con la segunda fecha de transplante, donde las plántulas llevadas al invernadero de cultivo, tenían 10 hojas completamente desarrolladas y una inflorescencia abierta en fase de polinización, con otra inflorescencia en estado incipiente.

Se observa en estos cuadros que en general no hubo diferencias significativas entre la mayor parte de los tratamientos. Solamente los tratamientos 6R y Húmicos tuvieron valores muy por debajo del resto, difiriendo significativamente en 8 de las 15 variables analizadas. Donde se presenta cierta diferencia es en la relación vástago/raíz, en que el tratamiento Agua es el que encabeza la lista de los tratamientos, diferenciándose significativamente solo con el tratamiento 6R. En el porcentaje de materia seca, los tratamientos Agua, Malla 6R y Húmicos son los de mayor valor.

La última evaluación en semillero, coincidente con la realizada en cultivo, se tomó con 14 hojas desarrolladas y 2 inflorescencias abiertas, la primera de ellas ya cuajada. Las plantas tenían 53 DDS. Los resultados se pueden observar en los cuadros IV-9, IV-10, IV-11 y IV-12.

El análisis del tallo (cuadro IV-9) muestra cómo los tratamientos Agua, 6R y Húmicos, son los de menor longitud, peso fresco y seco, difiriendo estos tres tratamientos de Malla 2R y Lana 2R. Por lo que respecta a la biomasa producida por las hojas, los tratamientos no mostraron diferencias significativas. En la aparición de inflorescencias, se observa mayor precocidad, (medido como peso fresco y seco), en los tratamientos Malla 2R y Lana 2R.

En la producción de biomasa aérea, radical y total se observó la misma tendencia apuntada para el caso del tallo en los tres tratamientos menos productivos, Agua, 6R y Húmicos. El tratamiento Malla 2R fue el de mayor desarrollo radical, con diferencias significativas frente al resto de tratamientos. Esto se evidenció también en la relación vástago/raíz. Para el porcentaje de peso seco, el mayor valor fue del tratamiento Agua y el de menor fue el tratamiento Húmicos.

Hasta aquí fueron analizadas las plántulas en semillero. Como características se pudo observar en todas estas evaluaciones, un mejor crecimiento en aquellos tratamientos con dos riegos diarios que con mayor frecuencia de riego. Por otra parte, el tratamiento con Malla antiraíz al comienzo tuvo los valores más bajos de crecimiento, y hacia el final los más altos. Esta observación es coincidente con el ensayo del capítulo III, donde este tratamiento mostró un mejor desarrollo de plántula. Los materiales pegados debajo del taco de lana de roca, Lana y Tejido capilar, también evidenciaron un buen crecimiento radical y total. En este caso se observa que, evidentemente, la lana de roca tiene mejores propiedades que la lana de vidrio utilizada en el ensayo de pepino.

Ocho días después del segundo trasplante, se realizó la evaluación de la biomasa en cultivo, tomando cuatro plantas (dos tacos) por tratamiento. Los resultados se muestran en los cuadros IV-13 a IV-16. Con respecto a los parámetros del tallo, los tratamientos con mayor altura de planta fueron Malla 2R, Lana 2R, Malla 6R y el Testigo. A su vez, el tratamiento Húmicos es el de menor altura y mayor diámetro, aunque en éste parámetro difirió solamente de Malla 6R. En los parámetros aéreos analizados de tallo e inflorescencias, los tratamientos Malla 6R y Húmicos, fueron los de menor valor en peso fresco y peso seco, similarmente a lo que venía ocurriendo en el semillero. En las hojas, solamente Malla 6R difirió del resto, lo mismo que en la biomasa aérea, y a su vez, Húmicos difirió de Malla 2R que fue el de mayor valor.

El análisis de biomasa de raíz, mostró que los tratamientos con mejor crecimiento fueron Lana 2R y Malla 2R. La biomasa total no tuvo grandes diferencias entre

tratamientos, distinguiéndose en la parte inferior de la tabla el tratamiento Malla 6R. La proporción vástago/raíz fue más baja en los tratamientos Lana 2R, Malla 2R y Húmicos, difiriendo significativamente estos tres del resto. En el porcentaje de peso seco todos los tratamientos difirieron entre sí, siendo el Tejido capilar 2R el de mayor valor, y Húmicos con el menor.

En el análisis estadístico realizado para el otro factor, que es la época de transplante, los valores indican un mejor comportamiento de la segunda época de transplante en comparación con la primera. Este es un hecho singular, ya que se esperaría que la reacción de las plantas en el primer transplante tuviesen a la fecha de evaluación una mayor producción de biomasa que las que se transplantaron en segundo término. Esto se debió probablemente a que las plántulas fueron colocadas en medio de un cultivo que se encontraba en su etapa final. Presumiblemente uno de los causales de este comportamiento se debió a que la solución recirculante en los canales de NFT estaba a esa altura con valores de conductividad eléctrica que, si bien para la planta adulta le permiten un normal crecimiento, para las plántulas recién transplantadas les significó un retraso. La CE medida en la solución de cultivo fue de 3.4 mS/cm, y en los tacos en semillero con dos riegos diarios no llegaba a 3 dS/cm. En la bibliografía se cita que al momento del transplante la CE del substrato o la solución NFT debe ser menor a la proveniente del semillero, para que las raíces crezcan hacia el lugar con menor presión osmótica de la solución, ya que siendo a la inversa, este crecimiento se retrasa (Alarcón y Egea, 1993; Garton y Widders, 1990; Weston y Zandstra, 1986).

Es por eso que estos datos, si bien se muestran y analizan para la comparación de las medias de los tratamientos en semillero, no se tendrá en cuenta el segundo factor que es la época, ya que este hecho nos impidió una medición correcta de resultados.

Los gráficos IV-1, IV-2 y IV-3 muestran la evolución de la biomasa aérea, radical y total en semillero de los distintos tratamientos. Se puede observar que los dos tratamientos que tienen una mejor tendencia en cuanto a crecimiento fueron Malla 2R y Lana 2R, tal y como lo señalan los análisis estadísticos. Con respecto a los tratamientos Malla 6R y Tejido capilar 2R no difirieron del Testigo. El resto de tratamientos tuvieron crecimientos por debajo de los mencionados.

El tratamiento Malla en los dos regímenes de riego mostró una proliferación de raíces debajo del taco, siendo la observación visual de raíces pequeñas, con una cabellera muy entramada (foto V-3). Esto significa que la colocación de la malla produce un ambiente distinto al del piso de cemento, lo que permite esa diferenciación en el crecimiento radical. Sin embargo, al pasar a cultivo se observa que tienen menor crecimiento de raíz que el resto, hasta incluso menor cantidad total. Esto es debido en

parte, a que muchas raíces quedan adheridas a la malla, y al levantar el taco hay una rotura de las mismas. Por tal motivo se observa que en cultivo hay menor cantidad de raíces y una retracción en el crecimiento, fundamentalmente en el tratamiento con 6 riegos diarios.

En los tratamientos Lana y Tejido capilar, la proliferación de raíces se hizo tomando como soporte estos elementos, tendiendo a ocupar toda la superficie adicional proporcionada, situación que estaba dentro de lo esperado. Este tipo de crecimiento de tipo horizontal de las raíces, es similar al observado en otras investigaciones (Cooper, 1979; Fisher *et al.*, 1990; Sakuma y Suzuki, 1997). No se pudo apreciar una mejor disposición de estas plántulas para la captación de agua en los canales de NFT, por ser una observación de tipo cualitativa y con pocas repeticiones.

En cuanto al tratamiento Agua, se observa que tuvo un buen desarrollo, pero a partir de determinado momento se produce una detención en el crecimiento. Esto puede ser debido a dos problemas. Por un lado se observó que no se formaron raíces debajo del taco en este tratamiento, pues las condiciones de anegamiento no se lo permitían. Este hecho podría ser uno de los causales de la detención del crecimiento. Sin embargo, hubo una proliferación de raíces en toda la zona exterior del taco, lo que facilitó un buen crecimiento de todo el conjunto cuando se lo colocó en el NFT. Otro problema pudo ser el aumento de la CE y el pH en la solución nutriente dentro del taco, registrándose en la última medición del extracto una CE de 4.3 mS/cm y un pH cercano a 7. Se debería plantear en este caso una renovación de la solución con ajuste de CE y pH, para que no se produzcan estas elevaciones.

El tratamiento 6R fue uno de los que menor crecimiento demostró. El anegamiento reiterado resultó ser detrimental con respecto al anegamiento permanente, observándose visualmente una pudrición de raíces. Con respecto a los tacos que se colocaron con Lana y Tejido capilar en esta balsa y que no entraron dentro del Análisis de Varianza, los valores estuvieron por debajo de los de 2 R, y también se observó esa pudrición de raíces.

El tratamiento Húmicos mostró en general, un menor desarrollo. Esto pudo ser debido a la manera en que se aplicó este tratamiento. Semanalmente se movían los tacos a una bandeja con la solución con SH, lo cual perjudicó su normal desarrollo. Esto se desprende de que, cuando se realizó el primer trasplante se observó un buen crecimiento, y además, en el gráfico IV-1 se puede observar que en la última etapa mejoró la pendiente de crecimiento, debido fundamentalmente a que no hubo movimientos de los tacos. Por otra parte, en el análisis del tallo se observa que tiene menor altura y mayor diámetro. Este hecho tiene connotaciones prácticas importantes en cuanto a la facilidad del trasplante cuando se tienen plántulas adultas, pues facilita la manipulación. Es por esto por lo que este tratamiento no se descartó como alternativa a ensayar nuevamente.

En los gráficos IV-4, IV-5 y IV-6 se observa un mejor crecimiento en el primer trasplante de los tratamientos 6R y Húmicos. Estos dos tratamientos, tenían al momento de ser transplantados una CE del extracto del taco de lana de roca del orden de 3.5 mS/cm, estando el resto de tratamientos en 2 riegos con una CE inferior a 3 mS/cm, lo cual repercutió presumiblemente, en un mejor establecimiento frente a una CE algo superior. El resto de tratamientos evidenció un lento crecimiento en este trasplante, presumiblemente por las causas apuntadas. Los tratamientos 6R y Húmicos en el semillero y en el segundo trasplante evidenciaron un menor crecimiento comparado con el resto de tratamientos.

El segundo trasplante se muestra en los gráficos IV-7, IV-8 y IV-9. Se puede observar que las tendencias son distintas, mostrando los tratamientos Lana 2R y Malla 2R el mayor crecimiento luego del trasplante. El efecto de rotura radical apuntado para el tratamiento Malla se ve reflejado en la menor cantidad de raíces, en las dos frecuencias de riegos, siendo superior el efecto perjudicial sobre el vástago con 6 riegos. El tratamiento Húmicos en este caso tuvo menor crecimiento, por lo apuntado sobre la manipulación en semillero.

4.5 CONCLUSIONES.

El presente ensayo es de índole exploratoria para analizar distintas variantes para mejorar la estrategia de producción de plántula adulta en semillero. Los resultados observados permiten sacar unas primeras conclusiones sobre las investigaciones a seguir.

Los distintos tratamientos mostraron un crecimiento diferencial de raíces dentro del taco de lana de roca. Con lámina permanente de solución nutriente, se produjeron raíces basales y laterales en la parte externa del taco. En tratamientos con 6 riegos se observó visualmente una pudrición de raíces en la zona de contacto con el piso. Con malla antirraíz se formaba una tupida cabellera radical debajo del taco. Las sustancias Húmicas no mejoraron el crecimiento radical, debido presumiblemente a su baja concentración y elevada manipulación.

Las frecuencias de riego fueron bien diferenciadas en su comportamiento. Por un lado el Testigo con dos riegos diarios tuvo buen crecimiento radical y aéreo. Cuando se aplicaron 6 riegos diarios se observó pudrición de raíces, y el crecimiento generalizado fue algo inferior al testigo. En cuanto a mantener una lámina de solución nutritiva constante, hay que tener en cuenta la CE para que éste no sea un factor que detenga el crecimiento hacia el final del ciclo en el semillero.

El agregado de sustancias húmicas, si bien no mostró su potencial en este ensayo, se considera que el problema fue el modo de realizar el tratamiento y no el tratamiento en sí, además de haber utilizado una dosis baja de producto.

Los elementos colocados debajo del taco de lana de roca mostraron, en general, un mejor crecimiento radical. Tanto el Tejido capilar como la Lana de roca en plancha aumentaron el crecimiento radical en el substrato añadido, mientras que la Malla lo que produce es un mejor microambiente en la superficie de contacto taco-suelo que favorece el desarrollo.

En cuanto al comportamiento post-transplante, si bien no se pudo realizar una evaluación según las épocas, se puede mejorar el establecimiento de las plántulas en el cultivo con algunas de las técnicas en estudio.

Todas estas conclusiones son preliminares y serán reafirmadas en los restantes ensayos llevados a cabo en la presente Tesis.

4.6 ANEXO I. CUADROS.

Cuadro IV-1: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 27 DDS

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (mg)
Tejido capilar2R	15.0 a	4.0 a b	1.95 a	80 a
Lana 2R	14.0 a	4.5 a	1.65 a b	75 a b
Agua	13.0 a b	4.5 a	1.45 a b c	55 a b c d
Testigo 2R	11.1 b c	4.5 a	1.25 b c d	65 a b c
Húmicos	11.0 b c	3.0 b	1.00 c d	45 b c d
Malla 6R	10.8 b c	3.5 a b	0.85 d	35 c d
Lana 6R	9.5 c	3.5 a b	0.80 d	35 c d
6R	9.2 c	4.0 a b	0.75 d	35 c d
Malla 2R	9.0 c	3.5 a b	0.70 d	30 d
Estadísticos				
R-cuadrado	0.89	0.61	0.86	0.81
CV	8.5	15.0	20.4	23.9
RCME	0.9917	0.591	0.2469	12.6
Media	11.65	3.95	1.21	53

Cuadro IV-2. Biomasa de hojas en semillero a los 27 DDS.

Tratamiento	Superficie foliar (cm ²)	Peso fresco (g)	Peso seco (mg)
Tejido capilar2R	55 a b	4.0 a	260 a
Testigo 2R	64 a	3.6 a b	235 a
Lana 2R	52 a b	3.5 a b	245 a
Agua	53 a b	3.3 a b	200 a
Húmicos	38 b c	2.5 a b	160 a
Lana 6R	44 b c	2.3 a b	145 a
Malla 6R	30 c	2.1 a b	135 a
6R	31 c	2.0 b	260 a
Malla 2R	33 c	1.9 b	135 a
Estadísticos			
R-cuadrado	0.81	0.65	0.40
CV	16.74	26.75	43.46
RCME	7.4732858	0.7742739	88.0057
Media	44.65	2.895	202.5

En todos los cuadros, se utilizarán las siguientes abreviaturas: CV Coeficiente de variación. RCME: Raíz cuadrada media del error.

A su vez, en las comparaciones de tratamientos, las medias seguidas por igual letra no difieren entre sí, según test de rangos múltiples de Duncan con un 5 % de significancia.

Capítulo IV. Ensayo preliminar en tomate

Cuadro IV-3: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 27 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (mg)	Peso fresco (g)	Peso seco (mg)
Tejido capilar2R	5.95 a	330 a	0.81 a	85 a b
Lana 2R	5.15 a b	320 a	0.75 a b	90 a
Testigo 2R	4.90 a b c	300 a	0.41 b c	60 a b c d
Agua	4.75 a b c	255 a	0.56 a b c	65 a b c
Húmicos	3.50 a b c	205 a	0.48 a b c	55 a b c d
Malla 6R	3.00 b c	170 a	0.36 c	45 c d
Lana 6R	3.10 b c	180 a	0.36 c	50 b c d
6R	2.75 b c	295 a	0.34 c	25 d
Malla 2R	2.60 c	165 a	0.39 b c	45 c d
Estadísticos				
R-cuadrado	0.73	0.47	0.72	0.73
CV	24.5	38.5	28.7	26.8
RCME	1.0072239	98.3107	0.1492816	15.8114
Media	4.105	255	0.519	59

Cuadro IV-4: Biomasa total en semillero a los 27 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (mg)	Vástago/raíz	% de peso seco
Tejido capilar2R	6.8 a	415 a	7.41 b	6.15 a
Lana 2R	5.9 a b	410 a	6.88 b	6.98 a
Testigo 2R	5.3 a b c	360 a	11.80 a	6.61 a
Agua	5.3 a b c	320 a	8.54 a b	5.96 a
Húmicos	3.9 b c	260 a	7.21 b	6.56 a
Lana 6R	3.5 b c	230 a	8.57 a b	6.60 a
Malla 6R	3.4 b c	215 a	8.32 b	6.38 a
6R	3.1 c	320 a	8.82 a b	9.84 a
Malla 2R	3.0 c	210 a	7.44 b	6.62 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.73	0.50	0.66	0.46
CV	24.5	34.8	16.6	23.3
RCME	1.1318061	109.4303	1.3709559	1.5948056
Media	4.62	314.5	8.246	6.856

Cuadro IV-5: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a 45 DDS.

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (mg)
Malla 2R	76 a	8.5 a	46.2 a	3.9 a
Lana 2R	70 a b	8.0 a b	43.0 a	3.9 a
Tejido capilar2R	70 a b	8.0 a b	38.1 a b	2.9 a b c
Agua	59 a b	8.0 a b	38.1 a b	2.9 a b c
Malla 6R	62 a b	8.0 a b	37.9 a b	3.6 a b
Testigo 2R	62 a b	8.0 a b	35.1 a b	2.7 a b c
6R	51 b c	7.0 c	23.0 a b	1.7 b c
Húmicos	37 c	7.5 b c	15.7 b	1.3 c
Estadísticos				
R-cuadrado	0.77	0.73	0.68	0.70
CV	14.5	4.5	27.4	29.4
RCME	8.8881944	0.353553	9.2303508	0.8448373
Media	61.12	7.87	33.71	2.87

Avances en la estrategia de producción de plántulas de tomate

Cuadro IV-6. Biomasa de hojas en semillero a los 45 DDS.

Tratamiento	Superficie foliar (cm ²)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Lana 2R	612 a	80.5 a	8.9 a b
Malla 2R	606 a	76.5 a b	8.4 a b
Malla 6R	558 a	74.1 a b	9.1 a
Tejido capilar2R	493 a	60.8 a b	6.7 a b
Agua	400 a	55.8 a b	6.6 a b
Testigo 2R	455 a	55.8 a b	6.0 a b
6R	384 a	32.5 a b	3.3 a b
Húmicos	317 a	29.2 b	3.2 b
Estadísticos			
R-cuadrado	0.53	0.62	0.64
CV	28.3	33.9	35.2
RCME	135.28997	19.729245	2.3046149
Media	478.5	58.17	6.55

Cuadro IV-7: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 45 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Lana 2R	129.5 a	13.2 a	26.1 a	2.2 a b
Malla 2R	128.6 a	13.0 a	23.8 a	2.0 a b c
Malla 6R	115.5 a b	13.1 a	18.3 a	2.1 a b
Tejido capilar2R	99.3 a b	9.7 a b	21.2 a	2.3 a b
Testigo 2R	91.8 a b	8.8 a b	17.5 a	1.7 a b c
Agua	88.8 a b	9.9 a b	22.8 a	2.7 a
6R	55.7 a b	5.1 a b	7.5 b	0.7 c
Húmicos	45.2 b	4.5 b	8.2 b	1.2 b c
Estadísticos				
R-cuadrado	0.64	0.65	0.88	0.72
CV	33.1	34.3	18.9	28.5
RCME	31.165518	3.3132754	3.4324527	0.5323885
Media	94.29	9.66	18.18	1.86

Cuadro IV-8: Biomasa total en semillero a los 45 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Lana 2R	155.6 a	15.4 a	4.96 a b	9.87 b c
Malla 2R	152.4 a	15.0 a b	5.22 a b	9.75 b c
Malla 6R	133.8 a b	15.1 a b	6.33 a b	11.32 a
Tejido capilar2R	120.5 a b	12.0 a b	4.65 a b	9.93 b c
Agua	111.6 a b	12.6 a b	3.96 b	11.32 a
Testigo 2R	109.3 a b	10.5 a b	5.28 a b	9.54 b c
6R	63.1 b	5.8 b	7.32 a	9.12 c
Húmicos	53.4 b	5.7 b	5.80 a b	10.65 a b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.69	0.66	0.54	0.84
CV	29.9	32.46	23.4	4.7
RCME	33.682590	3.7407828	1.2702018	0.4783500
Media	112.47	11.53	5.439	10.188

Capítulo IV. Ensayo preliminar en tomate

Cuadro IV-9: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 53 DDS.

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Malla 2R	88.5 a	8.8 a	62.3 a	7.4 a
Lana 2R	84.5 a	8.0 a	56.2 a	6.2 a b
Testigo 2R	77.0 a b	8.0 a	50.1 a b	5.0 a b c
Malla 6R	74.5 a b c	8.0 a	49.0 a b	5.4 a b c
Tejido capilar2R	75.0 a b c	8.5 a	46.1 a b	5.0 a b c
Agua	64.5 b c d	7.5 a	33.4 b	3.9 b c
6R	53.5 d	8.0 a	30.5 b	2.9 c
Húmicos	56.0 c d	8.0 a	29.4 b	2.6 c
Estadísticos				
R-cuadrado	0.81	0.25	0.69	0.77
CV	11.4	11.2	24.2	24.6
RCME	8.1585844	0.910014	10.783002	1.1803072
Media	71.69	8.16	44.61	4.81

Cuadro IV-10. Biomasa de hojas y inflorescencias en semillero a los 53 DDS.

Tratamiento	Hojas		Inflorescencias	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Malla 2R	106.8 a	13.6 a	2.8 a	0.38 a
Lana 2R	96.9 a	12.8 a	1.8 a b	0.25 a b
Malla 6R	87.4 a	12.3 a b	1.5 b c	0.23 b c
Tejido capilar2R	84.1 a	11.1 a b	1.2 b c	0.14 b c
Testigo 2R	82.1 a	10.2 a b	0.4 c	0.08 c
Agua	55.6 a	7.9 a b	1.3 b c	0.18 b c
6R	52.8 a	7.8 a b	0.8 b c	0.10 b c
Húmicos	52.2 a	5.8 b	0.9 b c	0.12 b c
Estadísticos				
R-cuadrado	0.59	0.66	0.78	0.82
CV	30.3	25.7	37.6	32.2
RCME	23.421171	2.6156978	0.5029476	0.0598957
Media	77.25	10.18	1.34	0.19

Cuadro IV-11: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 53 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Malla 2R	180.7 a	22.2 a	58.4 a	7.2 a
Lana 2R	158.9 a b	19.6 a b	32.4 b c	3.9 b c
Tejido capilar2R	142.8 a b	17.1 a b c	36.3 b	5.0 b
Malla 6R	140.0 a b	18.2 a b	31.4 b c	4.1 b c
Testigo 2R	136.1 a b	15.6 a b c	28.9 b c	3.3 b c
Agua	92.2 a b	12.3 b c	18.9 c	2.5 c
6R	85.3 b	10.9 b c	19.3 c	2.5 c
Húmicos	82.6 b	8.5 c	21.9 b c	2.3 c
Estadísticos				
R-cuadrado	0.64	0.72	0.88	0.89
CV	28.1	24.9	20.0	19.5
RCME	35.717414	3.8713870	6.1870515	0.7505373
Media	127.32	15.55	30.93	3.85

Avances en la estrategia de producción de plántulas de tomate

Cuadro IV-12: Biomasa total en semillero a los 53 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Malla 2R	239.1 a	29.4 a	3.1 a	12.3 a
Lana 2R	191.3 a b	23.6 a b	4.9 a	12.4 a
Tejido capilar2R	179.1 a b	22.1 a b	3.9 a	12.3 a
Malla 6R	171.4 a b	22.3 a b	4.6 a	13.0 a
Testigo 2R	165.0 a b	18.9 a b c	4.6 a	11.6 a b
Agua	111.0 b	14.8 b c	4.9 a	13.3 a
6R	104.7 b	13.4 b c	4.4 a	12.8 a
Húmicos	104.5 b	10.7 c	3.7 a	10.3 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.71	0.77	0.48	0.76
CV	25.8	23.0	20.7	5.75
RCME	40.876282	4.4636903	0.8810824	0.7050532
Media	158.25	19.40	4.26	12.26

Cuadro IV-13: Dimensiones y biomasa del tallo 8 días después del segundo trasplante (53 DDS)

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Malla 2R	70.2 a	9.4 a	56.1 a	7.1 a
Lana 2R	66.5 a b	8.6 a b	48.5 a b	6.2 a
Tejido capilar2R	62.6 b c d	9.6 a	47.6 a b	6.1 a b
Testigo 2R	65.1 a b c	8.9 a	46.8 a b	5.5 a b
6R	60.1 b c d	8.9 a	46.3 a b	5.7 a b
Agua	59.0 c d	8.9 a	42.4 a b	5.3 a b
Malla 6R	65.4 a b c	8.1 b	38.8 b	4.6 b
Húmicos	51.8 d	9.5 a	38.8 b	4.1 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.95	0.72	0.71	0.72
CV	10	11	32	33
RCME	6.3980844	0.9837388	14.440009	1.7997948
Media	61.56	8.92	44.58	5.45
Epoca				
Primera	44.0 b	9.2 a	34.3 b	4.2 b
Segunda	78.6 a	8.6 b	54.5 a	6.7 a

Cuadro IV-14. Biomasa de hojas y inflorescencias 8 días después del segundo trasplante (53 DDS).

Tratamiento	Hojas		Inflorescencias	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Malla 2R	112.6 a	14.2 a	1.2 a b	0.15 a b
Lana 2R	107.9 a	13.9 a	1.6 a	0.20 a
6R	101.4 a	12.4 a	1.2 a b	0.15 a b
Tejido capilar2R	96.2 a	12.4 a	0.9 b c	0.11 b c
Testigo 2R	98.0 a	11.5 a	1.0 b c	0.11 b c
Agua	91.6 a	11.4 a	1.2 a b	0.15 a b
Húmicos	92.3 a	9.8 a b	0.8 b c	0.09 b c
Malla 6R	60.4 b	7.2 b	0.5 c	0.06 c
Estadísticos				
R-cuadrado	0.63	0.64	0.71	0.72
CV	38	39	52	52
RCME	35.687094	4.4503671	0.5388159	0.0668412
Media	93.23	11.38	1.04	0.128
Epoca				
Primera	88.0 a	10.7 a	0.7 b	0.1 b
Segunda	98.3 a	12.0 a	1.3 a	0.2 a

Capítulo IV. Ensayo preliminar en tomate

Cuadro IV-15: Biomasa aérea y de raíz 8 días después del segundo trasplante (53 DDS).

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Malla 2R	176.2 a	22.2 a	57.6 a b	6.3 a b
Lana 2R	166.8 a	21.6 a b	67.7 a	7.4 a
6R	152.6 a	18.6 a b c	47.8 b c	5.6 b c
Testigo 2R	149.4 a	17.5 a b c	42.8 c	4.2 c
Tejido capilar2R	146.4 a	18.9 a b c	39.7 c	5.6 b c
Agua	139.4 a b	17.3 a b c	40.5 c	4.3 c
Húmicos	134.4 a b	14.3 b c	46.0 b c	4.2 c
Malla 6R	100.2 b	11.9 c	26.1 d	2.7 d
Estadísticos				
R-cuadrado	0.64	0.66	0.87	0.88
CV	37	37	25	26
RCME	52.255688	6.5174386	11.287389	1.2793704
Media	142.83	17.46	45.05	4.99
Epoca				
Primera	127.1 b	15.5 b	43.2 a	4.8 a
Segunda	158.1 a	19.4 a	46.8 a	5.2 a

Cuadro IV-16: Biomasa total 8 días después del segundo trasplante (53 DDS).

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Lana 2R	230.5 a	29.0 a	3.0 b	12.6 b
Malla 2R	233.8 a	28.4 a	3.0 b	12.1 c
Tejido capilar2R	186.1 a	24.5 a b	3.7 a	13.2 a
6R	200.4 a	24.2 a b	3.5 a	12.1 c
Testigo 2R	192.3 a	21.7 a b	3.4 a	11.3 f
Agua	180.0 a	21.7 a b	3.4 a	12.0 d
Húmicos	180.4 a	18.5 b c	3.0 b	10.2 g
Malla 6R	126.3 b	11.9 c	3.5 a	11.5 e
Estadísticos				
R-cuadrado	0.70	0.71	0.87	0.99
CV	34	34	10	0.5
RCME	63.540721	7.7928907	0.3491164	0.0622171
Media	187.88	22.45	3.32	11.89
Epoca				
Primera	170.3 b	20.2 b	3.1 b	11.9 a
Segunda	204.9 a	24.6 a	3.6 a	11.9 a

4.6 ANEXO II. GRÁFICOS

Gráfico IV-1: Evolución de la biomasa aérea en semillero.

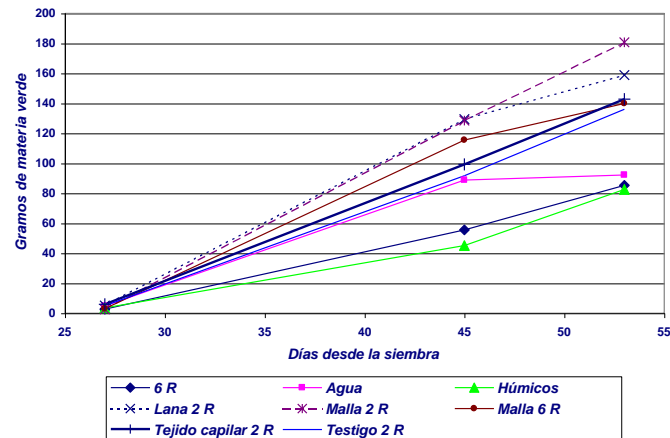


Gráfico IV-2: Crecimiento de raíces en semillero.

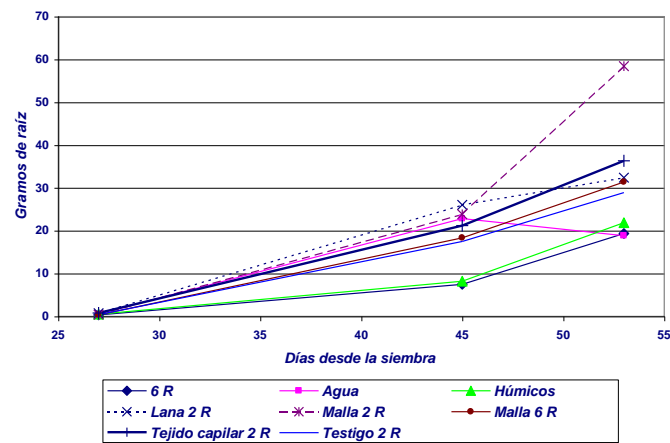
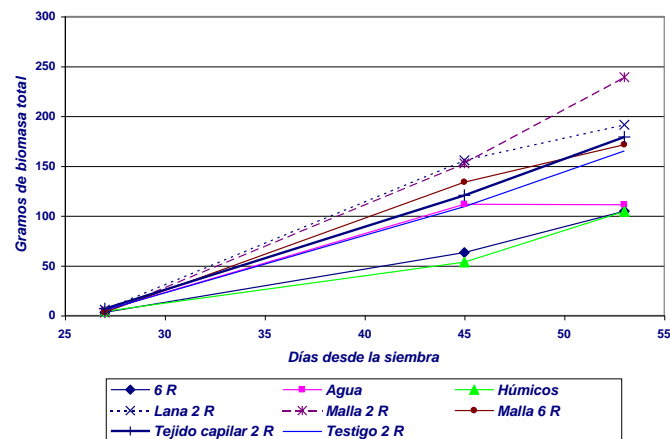


Gráfico IV-3: Producción de biomasa total en semillero.



Capítulo IV. Ensayo preliminar en tomate

Gráfico IV-4: Evolución de la biomasa aérea en el primer transplante.

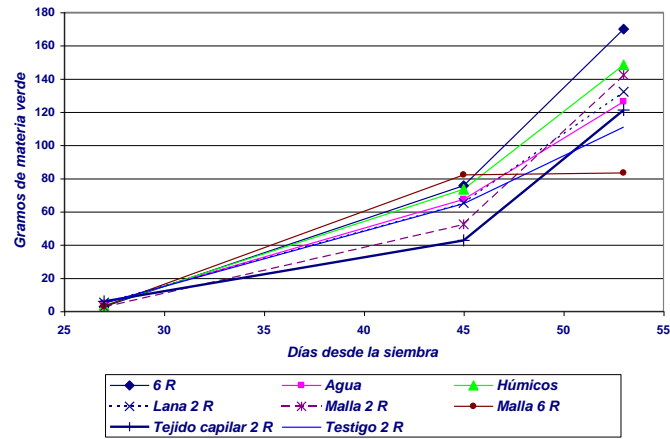


Gráfico IV-5: Crecimiento de raíces en el primer transplante.

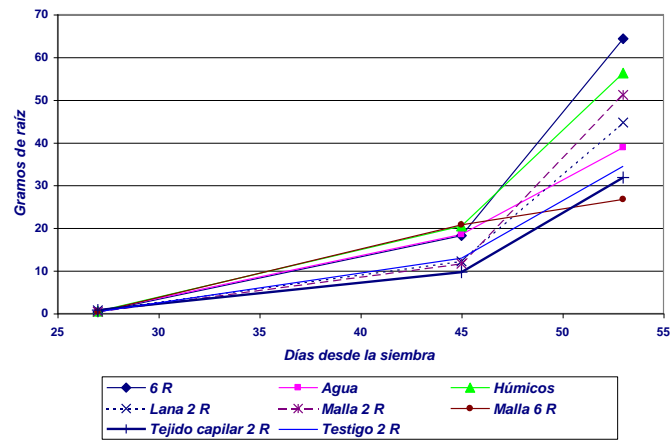


Gráfico IV-6: Producción de biomasa total en el primer transplante

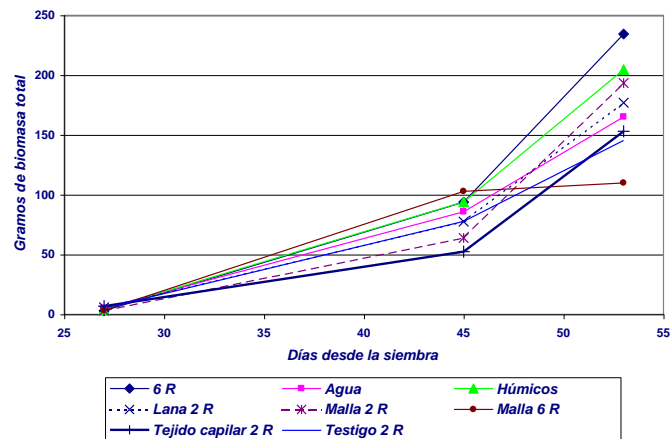


Gráfico IV-7: Evolución de la biomasa aérea en el segundo transplante.

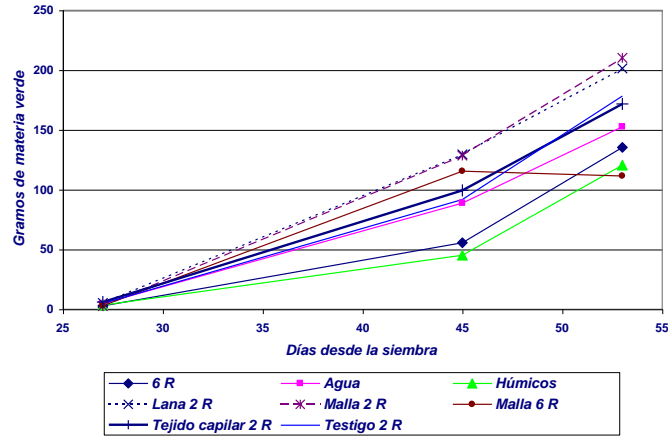


Gráfico IV-8: Crecimiento de raíces en el segundo transplante.

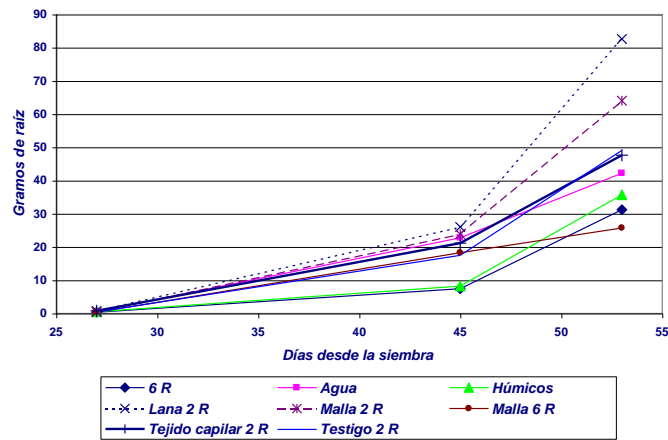
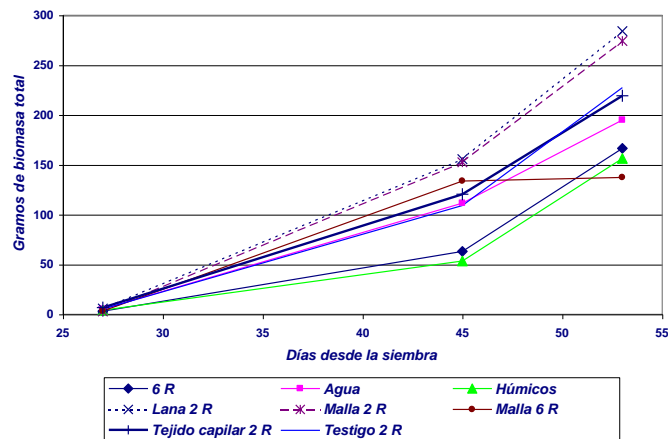


Gráfico IV-9: Producción de biomasa total en el segundo transplante.



CAPÍTULO V

ENSAYO EN SEMILLERO Y RESPUESTA EN CULTIVO

5. Ensayo en semillero y respuesta en cultivo

5.1 INTRODUCCIÓN

Los resultados del ensayo preliminar (ver Capítulo IV) permitieron tener una primera aproximación de las distintas variables en estudio. En este ensayo se avanzó en el conocimiento de la respuesta de distintos materiales al enraizado de plántulas en tacos de lana de roca. También se evaluó el rendimiento precoz de los distintos tratamientos combinados con distintos momentos de transplante.

5.2 OBJETIVOS

1. Determinar la formación de raíces con distintos tratamientos y su influencia en la generación de biomasa total de la plántula.
2. Evaluar frecuencias de riego en el semillero para la obtención de plántulas adultas.
3. Determinar si en el taco de lana de roca, el agregado de sustancias húmicas promueven una mayor formación de raíces.
4. Conocer la respuesta de diferentes materiales, colocados debajo de los tacos de lana de roca, al desarrollo de raíces.
5. Estudiar el comportamiento al transplante de plántulas con diferentes grados de desarrollo.

5.3 MATERIAL Y MÉTODOS ESPECÍFICOS:

La localización de los ensayos, datos generales de clima, infraestructura, semillero y solución nutritiva están expuestos en el capítulo II sobre los materiales y metodos generales a todos los ensayos.

5.3.1 Calendario

Con fecha 29/7/99 se sembró tomate, variedad *Daniela*, en bandejas de poliestireno expandido con microplug de 240 celdas. La fecha de repicado a los tacos de lana de roca fue el 11/8/99. El transplante a los canales de cultivo en NFT se realizó en tres oportunidades, el 1/9/99, el 10/9/99 y el 20/9/99.

Las evaluaciones de biomasa se realizaron aproximadamente cada siete días a partir del 11/8, momento del repicado y luego: el 18/8, 20 días desde la siembra (DDS); 24/8, 26 DDS; 30/8, 32 DDS; 6/9, 39 DDS; 13/9, 46 DDS y el 20/9, 53 DDS. La evaluación final de biomasa se realizó 8 días después del tercer transplante, el 27/9/99. La cosecha de los dos primeros racimos se extendió entre el 5/11/99 y el 18/11/99.

5.3.2 Densidades utilizadas.

La densidad al momento del repicado fue de 40 plantas por metro cuadrado. Con fecha 1/9/99 (34 DDS) se llevó a una densidad de 20 pl/m². Por último, el 10/9/99 (43 DDS) se realizó otro movimiento, dejando una densidad de 12 pl/m². En cultivo, la densidad fue de 2 pl/m².

5.3.3 Tratamientos utilizados

Primer factor: modificaciones en el manejo dentro del semillero.

Todos los tratamientos se realizaron en tacos de lana de roca, con dos plantas por taco. Una descripción más detallada de los mismos se encuentra en el capítulo II.

9. **TESTIGO:** Taco con 2 plantas y 2 riegos diarios.
10. **MALLA:** La malla antiraíz se colocó sobre la cama de cemento, y en ella se apoyaron los tacos.
11. **LANA:** A cada taco se le pegó un trozo de lana de roca en plancha en rectángulos de ancho igual a la base del taco y largo equivalente a la base más 2 veces un lado (10 X 23 cm).
12. **AGUA:** En una bandeja aparte se llevaron plantas con una lámina de solución nutriente de un centímetro aproximadamente durante todo el tiempo. La reposición era diaria y se realizaba 1 día con solución nutriente y un día con agua solamente.
13. **HÚMICOS:** En este tratamiento, a un plantel de tacos se les efectuó el riego inicial para humedecimiento y regulación del pH con una solución nutritiva similar a la utilizada en el resto (la misma que se usó en los riegos diarios), con el agregado de sustancias húmicas, a una concentración de 2,5ml de producto comercial por litro de solución nutriente.

Segundo factor: modificaciones en la fecha de transplante (épocas)

Los transplantes se realizaron en los siguientes estados fenológicos:

- c) **PRIMER TRANSPLANTE:** 9 hojas verdaderas. Primera floración incipiente. (1/9/99). 34 DDS.
- d) **SEGUNDO TRANSPLANTE:** 12 hojas. Primera floración desarrollándose. Segunda floración incipiente. (10/9/99) 43 DDS.
- e) **TERCER TRANSPLANTE:** 16 hojas. Primera floración cuajada. Segunda floración desarrollándose. Tercera floración incipiente (20/9/99). 53 DDS.

5.3.4 Variables Analizadas.

Los parámetros medidos fueron:

- Largo del tallo.

- Diámetro del tallo.
- Peso fresco y seco de tallo.
- Peso fresco y seco de hojas.
- Peso fresco y seco de inflorescencias.
- Peso fresco y seco de brotes laterales.
- Peso fresco y seco de raíz.
- Se tomó el rendimiento precoz (3 primeras semanas de cosecha).

Con estos datos se obtuvo a su vez, la biomasa aérea y la biomasa total, la relación peso seco de la parte aérea con respecto al peso seco de raíz (relación vástago/raíz) y el porcentaje de peso seco total de la planta.

5.3.5 Diseño Experimental y Modelo Estadístico.

En este ensayo se trabajó en una sola balseta en la que se colocaron de forma aleatoria todos los tratamientos en 10 grupos de 10 tacos cada uno, llevándose los 6 tacos centrales para las evaluaciones y los trasplantes. El diseño estadístico para la evaluación de biomasa en semillero era completamente aleatorizado, tal como se describe en el capítulo IV y para la evaluación en cultivo el diseño fue un factorial de 2 factores, el primero (tratamientos en el taco) con 5 niveles y el segundo (épocas de trasplante) con 3 niveles. La expresión del modelo estadístico resultante del factorial completamente aleatorizado, es similar a la descrita en el capítulo IV.

Se colocaron 10 repeticiones por cada fecha de trasplante para la evaluación de la producción, y dos repeticiones para el cálculo de biomasa aérea a los 8 días del último trasplante.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el procedimiento de análisis de la varianza (PROC ANOVA), y en el caso de tener valores perdidos (evaluación de cosecha), se usó el procedimiento general lineal (PROC GLM) del programa estadístico SAS (SAS Institute, 1998). Para la comparación de medias, se utilizó el test de Duncan, por ser uno de los más equilibrados con respecto a probabilidad de cometer error de tipo I y error de tipo II, al trabajar con muchos tratamientos.

5.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuadros V-1 a V-28 muestran los resultados de los análisis de varianza de las diferentes evaluaciones realizadas, tanto en semillero como en cultivo, discriminándose cada una de las variables y, analizándolas por separado y en conjunto.

Las dos primeras evaluaciones de biomasa fueron realizadas solamente para la confección de gráficos, ya que no reportan información significativa. La primera coincide

con el momento de repique, por lo tanto no existe influencia del tratamiento, y la segunda 7 días después, sin observarse ninguna diferencia. A partir de la tercera evaluación de biomasa es cuando se empiezan a observar cambios y los mismos se detallan en los cuadros V-1 a V-4. A los 13 días del repicado y 26 DDS, con plantas con 5 hojas expandidas, el Testigo mostraba diferencias significativas en gran parte de los parámetros, con respecto al resto de tratamientos. La altura de plántula en este tratamiento fue de 23.4 cm y en Lana de 19 cm, existiendo además una diferencia de 1 mm en el diámetro entre éstos dos tratamientos. Las diferencias en peso seco de tallo y de hojas son aún más acusadas, dando un mayor valor significativo del Testigo con respecto al resto. En la biomasa de raíz, el Testigo no difiere con Agua y Malla, pero sí con Lana y Húmicos.

Las causas del menor crecimiento en los distintos tratamientos pueden ser debidas a: a) En el caso de Lana, existe una pequeña diferencia de altura que corresponde a la plancha colocada debajo, que hace que esté elevada 1 cm más que el resto. Esta pequeña diferencia, puede provocar que en cada riego, como solamente se deja estacionar por 5 minutos una lámina de solución nutriente de 3 cm y el agua asciende por capilaridad en el taco, no se riegue suficientemente la parte superior donde se encuentran las raíces en esta primera etapa. b) En el caso de los Húmicos, la presencia de los mismos posiblemente por un leve aumento en la CE, que era cercano a 3 mS/cm, también provocó un menor crecimiento comparativamente con el Testigo. Estos dos efectos que en esta primera instancia parecerían negativos, se tornan positivos por la probable adaptación de las plántulas, como se verá en los siguientes análisis. c) En el caso de Malla, el razonamiento sería similar a lo apuntado para Lana, por el menor tiempo de humedecimiento debido al material colocado debajo del taco, aunque en este caso es más fino, lo cual tiene una cierta ventaja y por eso no difiere del testigo en el crecimiento de raíz, pero sí de la parte aérea.

La relación vástago/raíz no mostró diferencias significativas por tener un alto coeficiente de variación. El mejor valor también fue encontrado con el Testigo. En éste, al realizar el desagregado del taco de lana para la evaluación de raíces, se observaron visualmente raíces laterales gruesas con escasas ramificaciones y en los tratamientos Malla, Húmicos y Lana, raíces finas y ramificadas, lo que supondría una adaptación a condiciones de menor contenido hídrico del sustrato, tal como lo apuntan Fitter (1987) ó Lint y Klapwijk (1986).

Los cuadros V-5 a V-8 muestran el resultado de los análisis de biomasa en la cuarta evaluación realizada el día 30/8/99, 20 días después del repicado y 32 DDS, con 8 hojas expandidas. Aquí solamente se observan diferencias en algunas variables del tallo y en el peso fresco de raíces, no encontrándose diferencias ni en la biomasa de hojas, ni en el total ni en el porcentaje de peso seco total. De lo apuntado en la evaluación anterior sobre los

tratamientos Lana y Húmicos se observa cómo se van revirtiendo los valores de crecimiento.

Para la discusión de los siguientes cuadros, definimos la intensidad de crecimiento relativa como el cociente entre el aumento de biomasa sobre la biomasa inicial, esto es (Wien, 1997):

$$RGR = \frac{PS_1 - PS_0}{PS_0}$$

Donde RGR (relative growth rate): Intensidad de crecimiento relativa.

PST₁: Peso seco en el momento 1

PST₀: Peso seco en el momento 0

De acuerdo con este parámetro, vemos que la RGR en el período entre la tercera y cuarta evaluación fue de 1.28 para el testigo, que comparado con Lana de 3.85, da cuenta que la formación inicial de diferente arquitectura radical pudo haber contribuido a este cambio en el crecimiento. Latimer y Beverly (1994) encontraron una respuesta similar en pepino. Los Húmicos promovieron una RGR de 3.54, efecto este que había sido señalado por Linehan (1976).

Con respecto al tratamiento Agua, en la tercera evaluación se encontraba con valores inferiores al Testigo difiriendo significativamente en el peso seco de biomasa aérea y radical, pero no en el peso fresco. En esta evaluación los parámetros de peso del tallo, de raíz y de biomasa total son superiores en el tratamiento Agua con diferencias significativas. El incremento en biomasa para este tratamiento en este período fue de 3.1. La causa de este comportamiento se debe probablemente a disponer de una constante fuente de agua y nutrientes, que al tener la parte inferior anegada, no permitió, en un primer momento, el desarrollo de raíces en profundidad (foto V-1). Esto induce a un crecimiento radical en el exterior del taco para poder tomar el oxígeno, provocando entonces un mayor desarrollo aéreo (foto V-2).

En el análisis de la relación vástago/raíz, tenemos que destacar la diferencia entre el Testigo con una relación de 20:1 y la Malla, de 10:1. Este último tratamiento, produjo un mayor crecimiento de la raíz, siendo el de mayor peso fresco y peso seco.

Los cuadros V-9 a V-12 muestran los resultados de los análisis de biomasa en la quinta evaluación, con 11 hojas desarrolladas, realizada el día 6/9/99, 26 días después del repicado y 39 DDS. Los parámetros de biomasa aérea de la planta no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos, ni tampoco en la biomasa total. En el análisis de la biomasa de raíz existen diferencias solamente en la comparación entre Malla y Lana. El tratamiento Malla evidenció una RGR radical de 2.4, mientras que en Lana la RGR fue de 1.2. La evaluación anterior mostró como el tratamiento Malla produjo mayor biomasa

radical, y en esta nueva evaluación continuó con un alta RGR. Visualmente se pudo comprobar que debajo del taco de lana de roca se formaba un entramado de raíces en los 2 huecos que tienen este tipo de tacos, lo que posiblemente ha supuesto mejores condiciones que las del testigo para el desarrollo de estas raíces (fotos V-3 y V-4). En la relación vástago/raíz, nuevamente el menor valor correspondió al tratamiento Malla y el mayor fue Lana.

Los cuadros V-13 a V-16, muestran los resultados de los análisis de la biomasa en la sexta evaluación, realizado el día 13/9/99, a los 33 días del repicado y 46 DDS, con 14 hojas y una altura promedio de plántula de 116 cm. El análisis del tallo muestra que el tratamiento Lana presenta la mayor altura de planta, mientras que los Húmicos y Malla, con menor altura no tienen diferencias significativas en la biomasa. Esta respuesta resulta sumamente importante a la hora de querer transportar plantas con mayor desarrollo, ya que cuanto menor altura y mayor grosor del tallo, nos permitirá una mejor manipulación y un menor porcentaje de roturas. Un resultado similar se había observado en el ensayo del capítulo IV.

En este último período, Malla fue el tratamiento de menor desarrollo, reflejándose en la menor altura y grosor del tallo, con diferencia significativa hacia el resto de tratamientos. Este comportamiento pudo venir inducido por el movimiento realizado 10 días antes con motivo de la reducción de densidad. Este hecho, que no afectó en mayor medida a los otros tratamientos, en este caso se vio que todo el entramado de raíces que se formó debajo del taco, estaba fuertemente adherido a la malla, con lo cual, al separarla, se produjo la rotura de las mismas, con el consiguiente cambio de su ritmo de crecimiento. La detención de crecimiento debida a la rotura de raíces, ha sido señalada por McKee, 1981a. Por lo que respecta al desarrollo de raíces, cabe destacar el tratamiento Húmicos, que tuvo una RGR radical de 3.0 lo que indica un gran crecimiento en este período y el tratamiento Malla solo tuvo un RGR de 0.84, denotando la retracción ocurrida por lo señalado precedentemente.

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en biomasa aérea ni en la biomasa total. La relación vástago/raíz fue menor en los dos tratamientos Húmicos y Malla, difiriendo significativamente con Lana. Si bien, las causas de esta baja relación son distintas. Los Húmicos presentaron un mayor RGR en las raíces que en el tallo, con lo cual esta relación disminuyó. En cuanto a la Malla, ésta relación era en sí baja, y el crecimiento generalizado tanto de la parte aérea como radical fue similar.

Los cuadros V-17 a V-20 muestran los resultados de la última evaluación realizada en el semillero el día 20/9/99, 40 días después del repicado y 53 días desde el momento de la siembra. Hay que destacar que en este periodo, el manejo del semillero fue crítico, por

tener que realizar un tutorado con caña a cada una de las plántulas. Este tutorado obligó a un nuevo movimiento produciéndose bastantes roturas, por lo que, si bien se continuó con el ensayo tal cual se había planificado, se observó que a partir de ese momento las plántulas eran prácticamente inmanejables, pensando en realizar trasplantes a escala comercial con ese tamaño. Además se debió regar por mayor tiempo y con una altura de agua cercana a los 5 cm, pues por el tamaño de plántulas, los 2 riegos diarios quizás fueran insuficientes, no alcanzando a cubrir con la retención del taco la demanda evapotranspirativa.

El análisis de los parámetros del tallo, muestran nuevamente al tratamiento Húmicos con una menor altura sin diferir con el resto de tratamientos en peso seco. El tratamiento Lana presentó mayor altura y peso fresco en tallo, siendo la diferencia significativa con la mayor parte de tratamientos, mientras en peso seco la diferencia fue solamente con el tratamiento Malla. En el análisis de la biomasa foliar se puede observar que los de mayor peso fueron los tratamientos con Lana y Húmicos, con diferencias significativas en el primer caso con respecto al resto, si bien en peso seco no se encontraron diferencias. En el análisis de biomasa aérea se observa esa diferencia significativa de Lana contra el resto de tratamientos, y nuevamente esa diferencia no es tan marcada en el peso seco, no difiriendo con Húmicos y Agua.

Los tratamientos de mayor peso fresco y seco de raíz fueron Húmicos y Lana. A su vez, estos dos difieren del resto. Valen aquí las consideraciones apuntadas en el análisis de la tercer y cuarta evaluación con respecto a estos dos tratamientos, que en un primer momento mostraban un lento desarrollo, viéndose compensado el retraso anterior con la mayor intensidad de producción de biomasa en este período. Además se debe considerar que el colocar una plancha debajo del taco es un aumento del volumen de substrato, lo cual repercute en el desarrollo de raíces, tal como lo señalan Liu y Latimer (1995b) y Cooper (1972). En cuanto al agregado de sustancias húmicas, el mayor desarrollo radical está ampliamente descrito en la bibliografía (Linehan, 1976; Mylonas y McCants, 1980; Rauthan y Shnitzer, 1981; Sladky, 1959; Liu *et al.*, 1998). El tratamiento Malla, se vio seriamente afectado por los cambios de ubicación de las plántulas ya apuntados, con un deterioro de las raíces que habían sido producidas. La causa de las diferencias significativas entre este tratamiento y los restantes han sido señaladas precedentemente.

El tratamiento Lana proporcionó mayor biomasa total, no difiriendo de Húmicos y Agua en peso seco, y Malla el menor valor. El escaso contenido de raíces en el tratamiento Malla, por la causa apuntada, hizo variar drásticamente la relación vástago/raíz, quedando este tratamiento con el valor más alto y difiriendo significativamente del resto.

La evolución de la altura de planta se puede observar en el gráfico V-1. El tratamiento Lana tiene un menor crecimiento al comienzo y luego supera al testigo, mientras que Húmicos tiene menor altura que el resto de tratamientos en todo el ciclo. La evolución de biomasa se observa en los gráficos V-2, V-3 y V-4. En la biomasa aérea se ve que al comienzo no hay mucha variación y que a medida que las plántulas van creciendo, se diferencian con valores más altos, los tratamientos Lana y Húmicos. Hacia el final, se diferencia el tratamiento Lana con el máximo valor y Malla con el menor. En la biomasa radical, se puede observar la mayor formación de raíces de Lana y Húmicos y el detrimento acaecido con Malla. En la biomasa total la tendencia es similar a lo apuntado. En el gráfico V-5 se observa la evolución de la relación vástago/raíz, y cómo en un primer momento la mayor parte de tratamientos muestra un mayor crecimiento en biomasa aérea, siendo el testigo el de mayor relación y luego todos los tratamientos tienden a confluir en una relación cercana a 10:1. El tratamiento Malla muestra una tendencia distinta ya que al comienzo tuvo un mayor crecimiento radical, con menor relación vástago/raíz, y hacia el final, por los problemas de rotura radical ya apuntados, ésta relación aumenta dando un valor de 16:1.

El cuadro V-21 muestra el análisis de la biomasa del tallo en cultivo. La altura total del Testigo difirió significativamente del resto y en cuanto a las 3 épocas de transplante no presentaron diferencias. El grosor del tallo no mostró diferencias entre los tratamientos pero sí entre las épocas, existiendo una disminución de grosor cuanto más tardío fue el transplante. En el peso fresco y seco del tallo los tratamientos Lana y Húmicos difirieron significativamente del Testigo, y en cuanto a las épocas fue significativa la diferencia en cada uno de los trasplantes, mostrando un menor peso a medida que se retrasa el mismo.

La biomasa de hojas e inflorescencias (cuadro V-22), muestra la misma tendencia, dándose el mayor peso seco en los tratamientos Húmicos y Lana, y en cuanto al momento de transplante, hay una disminución de biomasa a medida que se retrasa el mismo. Por lo que se refiere a la altura de inserción del primer ramillete floral, se observaron diferencias altamente significativas, produciéndose una menor altura en el tratamiento Húmicos, siendo el tratamiento Agua el de mayor altura, lo cual es similar al análisis de altura de planta, si bien con Húmicos la diferencia en la altura total no es tan pronunciada. Este comportamiento diferencial en altura total y de inserción de la primer inflorescencia al trabajar con SH, puede ser debida a los distintos cambios morfológicos que producen éstas substancias. Sladky (1959) y Rauthan y Schnitzer (1981) señalan que este tipo de substancias promueven diferentes cambios morfológicos, los cuales no están estudiados en su totalidad. En cuanto a época de transplante, la primera tuvo una menor altura de inserción. En este caso, la diferencia se debería, presumiblemente, a la menor densidad en cultivo de la primer época, que produjo una menor altura en la inserción que las que

permanecieron en semillero. Como posteriormente se produce un mayor crecimiento generalizado en las plantas en cultivo y una elongación por competencia por luz en las plantas en semillero, la altura total en ambas resulta similar, difiriendo en los otros parámetros.

El cuadro V-23 presenta el análisis de frutos y brotes, donde los altos coeficientes de variación y bajos valores de R-cuadrado no permiten establecer conclusiones. En el cuadro V-24 se expone el análisis de la biomasa aérea total pudiéndose observar la mayor producción de materia seca de los tratamientos Lana y Húmicos frente al resto. En cuanto a las épocas, las diferencias son significativas entre las 3 fechas de transplante, dando la mayor producción de materia seca los primeros transplantes.

El análisis de interacción tratamiento*época fue significativo solamente para la biomasa total. El cuadro V-25 muestra los valores de cada tratamiento en cada una de las épocas de transplante para observar esas interacciones. Los tratamientos en la primera y segunda épocas de transplante se van mezclando en la tabla de resultados, con una diferencia en primera instancia de los tratamientos Lana y Húmicos. En este caso, éstos tratamientos en la segunda fecha de transplante están por sobre los valores del resto en la primera época, lo cual muestra que la incorporación de alguna de estas técnicas resulta beneficiosa al dejar más tiempo la plántula en semillero. Con respecto al tratamiento Lana, la colocación de una plancha adicional de Lana en el taco demostró que el mayor volumen de sustrato es beneficioso, y también resultó muy conveniente en los canales de NFT pues no tenía problemas en la captación de agua ante las pequeñas irregularidades de los mismos. Esto es por observación en el momento de la colocación, ya que no es un elemento fácilmente cuantificable. Sin embargo, también es cierto que este tratamiento va un poco en contra de lo que se pretende con NFT que es eliminar el sustrato, pero esto resulta de una estancia más prolongada en el semillero. Otro aspecto que va en contra de este tratamiento es que se torna un poco más engorrosa la manipulación al momento de sacar en el semillero y llevarlo a plantación. Por lo tanto, si bien fue el tratamiento con mejor crecimiento, en la práctica tiene algunos inconvenientes.

Ahora bien, los valores del tercer transplante se ubicaron todos en la parte baja de la tabla. Dentro de éstos también Lana y Húmicos tienen los mayores valores de biomasa. El hecho de que el tercer transplante tenga menor producción de materia seca, sumado a lo que ya se consideró en lo referente a la operatividad del sistema, demuestran que estas plántulas no se deben llevar más allá del límite del segundo transplante (no más de 12 ó 14 hojas).

El tratamiento con menor valor de biomasa fue Agua. Si bien en la hipótesis inicial se lo consideró como un método para obtener raíces de “tipo agua” pues el transplante posterior se realizó en NFT, éste, si bien produjo ese tipo de raíces, los resultados en

biomasa en cultivo fueron inferiores. Este hecho es probable que se deba a la menor adaptación a un corto estrés hídrico producido durante el trasplante, según lo señalan distintos autores (Lint y Klapwijk, 1976; McKee, 1981a; Hicklenton y Cairns, 1996).

Por último se realizó la cosecha de las dos primeras floraciones, cuyos resultados se muestran en los cuadros V-26 y V-27. El análisis de efectos principales del factorial tratamientos por época, no se observaron diferencias significativas, fundamentalmente porque existe un elevado coeficiente de variación y un bajo R-cuadrado del modelo, lo cual no permite hacer afirmaciones sobre estos resultados. Los Húmicos tuvieron un mayor rendimiento en la tercera época difiriendo significativamente solamente con el tratamiento Agua. Las diferencias entre estos comportamientos es coincidente con la producción de biomasa post-trasplante, lo cual ha sido discutido precedentemente. La tercer época tuvo un rendimiento levemente superior a los dos trasplantes más tempranos. Con respecto a esta observación, en la bibliografía se ha demostrado que un atraso en el trasplante produce mayor rendimiento precoz (Cooper, 1972; Cooper y Hurd, 1968a), aunque con menor rendimiento total (Morgan y Clark, 1975).

5.5 CONCLUSIONES

El desarrollo de raíces fue diferente en los distintos tratamientos, mostrando Lana y Húmicos un mayor crecimiento radical al prolongar la estancia de las plántulas en el semillero, repercutiendo en el establecimiento en el invernadero de cultivo. En el tratamiento Malla, si bien existe un buen desarrollo de raíces, al realizar movimientos se producen roturas en las mismas que detienen el crecimiento total de la plántula.

La lámina continua de solución nutriente produce plántulas más altas que el Testigo, pero con menor peso seco, lo cual es al revés de lo que se pretende, si bien las raíces que se forman son las que se buscan para un trasplante en NFT. A su vez, cuanto más se retrasa el trasplante, menores son los valores de producción de biomasa y de rendimiento precoz.

Los substancias húmicas han resultado ser una alternativa a tener en cuenta, por su fácil aplicación y por lograr menor altura, una inserción del primer ramillete floral más bajo y una muy buena masa radical, sin detrimento del peso seco.

La colocación de una plancha adicional de Lana en el taco, mostró un mayor crecimiento radical y mejores condiciones de trasplante en los canales de NFT. La malla antiraíz evidenció un buen desarrollo de raíces al principio, sin embargo los movimientos posteriores produciendo rotura radical, mostraron la debilidad de esta práctica. Por otra parte, el hecho de mostrar un mejor crecimiento en los primeros momentos, resulta una alternativa interesante para llevar plántulas con mayor biomasa radical no más allá del estado de primera floración (10 a 12 hojas aproximadamente).

El atraso en la fecha de transplante, produce un menor rendimiento en la biomasa, el cual puede ser contrarrestado por algunas de las técnicas señaladas. A su vez se observó un mayor rendimiento precoz en el transplante más tardío. El hecho de llevar plántulas muy grandes, torna al sistema muy engorroso, con lo cual, no se deben llevar plántulas de más de 12-14 hojas y con hasta la segunda floración abierta.

5.6 ANEXO I. CUADROS

Cuadro V-1: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 26 DDS.

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Testigo	23.4 a	0.63 a	4.6 a	0.19 a
Agua	20.6 a b	0.59 a b	3.8 a b	0.14 b
Malla	20.4 a b	0.57 a b c	3.6 b	0.14 b
Húmicos	20.4 a b	0.53 b c	3.0 b	0.11 b
Lana	19.0 b	0.52 c	2.9 b	0.11 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.32	0.53	0.53	0.65
CV	12	8	19	17
RCME	2.42555835	0.04586211	0.66608308	0.02428992
Media	20.8	0.57	3.6	0.14

Cuadro V-2. Biomasa de hojas en semillero a los 26 DDS.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Testigo	6.0 a	0.52 a
Agua	4.8 a b	0.36 b
Malla	4.7 b c	0.39 b
Lana	3.9 b c	0.32 b
Húmicos	3.4 c	0.29 b
Estadísticos		
R-cuadrado	0.60	0.66
CV	18	17
RCME	0.83526443	0.06408328
Media	5.54	0.38

En todos los cuadros, se utilizarán las siguientes abreviaturas: CV Coeficiente de variación. RCME Raíz cuadrada media del error.

A su vez, en las comparaciones de tratamientos, las medias seguidas por igual letra no difieren entre sí, según test de rangos múltiples de Duncan con un 5 % de significancia.

Capítulo V. Ensayo en semillero y respuesta en cultivo

Cuadro V-3: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 26 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Testigo	10.6 a	0.70 a	1.4 a	0.10 a
Agua	8.5 a b	0.50 b	1.0 a b	0.08 a b
Malla	8.2 b	0.53 b	1.0 a b	0.10 a
Lana	6.8 b	0.43 b	0.6 b	0.06 b
Húmicos	6.3 b	0.40 b	0.7 b	0.06 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.60	0.68	0.59	0.52
CV	17	16	30	26
RCME	1.41868484	0.08326664	0.28431204	0.02101587
Media	8.11	0.51	0.96	0.08

Cuadro V-4: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 26 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Testigo	12.0 a	0.80 a	7.9 a	6.6 a
Agua	9.5 b	0.58 b c	8.2 a	6.2 a
Malla	9.2 b	0.64 b	8.2 a	6.9 a
Lana	7.4 b	0.49 b c	11.9 a	6.6 a
Húmicos	7.1 b	0.46 c	10.6 a	6.5 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.62	0.68	0.32	0.18
CV	18	16	29	9
RCME	1.60178494	0.09795407	2.6890643	0.5700570
Media	9.1	0.59	9.34	6.6

Cuadro V-5: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 32 DDS.

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Agua	57.0 a	0.79 a	19.0 a	0.93 a
Lana	53.9 a b	0.77 a b	17.4 a b	0.85 a
Testigo	50.2 a b	0.68 b c	13.4 b	0.66 a
Malla	49.0 a b	0.67 c	13.7 b	0.73 a
Húmicos	47.8 b	0.69 a b c	13.4 b	0.73 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.36	0.47	0.43	0.27
CV	10	9	20	23
RCME	5.25158706	0.06198118	3.10711549	0.17663522
Media	51.6	0.72	15.38	0.78

Cuadro V-6. Biomasa de hojas en semillero a los 32 DDS.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Lana	15.1 a	1.31 a
Agua	14.4 a	1.23 a
Testigo	14.1 a	0.96 a
Húmicos	14.0 a	1.15 a
Malla	12.7 a	1.15 a
Estadísticos		
R-cuadrado	0.06	0.15
CV	24	28
RCME	3.43981589	0.32886674
Media	14.1	1.16

Cuadro V-7: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 32 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Agua	33.4 a	2.16 a	2.2 a b	0.22 a
Lana	32.6 a	2.16 a	1.8 a b	0.22 a
Testigo	27.6 a	1.62 a	1.4 b	0.20 a
Húmicos	27.4 a	1.89 a	1.6 b	0.21 a
Malla	26.4 a	1.88 a	2.4 a	0.23 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.25	0.19	0.44	0.03
CV	19	24	26	32
RCME	5.71546848	0.47659207	0.47871355	0.06895651
Media	29.46	1.94	1.87	0.22

Cuadro V-8: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 32 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Agua	35.5 a	2.38 a	16.6 a	6.7 a
Lana	34.4 a	2.38 a	17.9 a	6.9 a
Húmicos	29.0 a	2.09 a	17.5 a	7.1 a
Testigo	29.0 a	1.82 a	20.4 a	6.2 a
Malla	28.8 a	2.11 a	10.9 b	7.4 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.24	0.17	0.48	0.19
CV	19	24	22	13
RCME	6.07413313	0.53033166	3.7535570	0.9040575
Media	31.33	2.16	16.7	6.9

Cuadro V-9: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 39 DDS.

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Lana	89.5 a	0.90 a	35.8 a	2.49 a
Agua	89.2 a	0.89 a	36.0 a	2.62 a
Testigo	84.2 a	0.82 a	30.4 a	2.13 a
Malla	79.5 a	0.81 a	30.5 a	2.38 a
Húmicos	78.0 a	0.88 a	30.9 a	2.36 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.37	0.11	0.09	0.06
CV	9	15	29	32
RCME	7.25488341	0.12754738	9.40700094	0.75637843
Media	84.1	0.86	32.7	2.40

Cuadro V-10. Biomasa de hojas e inflorescencias en semillero a los 39 DDS.

Tratamiento	Hojas		Inflorescencias	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Húmicos	30.3 a	3.17 a	0.18 a	0.02 a
Malla	29.4 a	3.31 a	0.20 a	0.03 a
Agua	28.0 a	3.03 a	0.18 a	0.02 a
Lana	27.2 a	2.88 a	0.10 a	0.01 a
Testigo	26.1 a	2.63 a	0.13 a	0.02 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.03	0.06	0.10	0.16
CV	34	34	75	84
RCME	9.65297018	1.03125571	0.12001389	0.01661826
Media	28.2	3.00	0.16	0.02

Cuadro V-11: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 39 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Malla	60.8 a	5.8 a	8.4 a	0.78 a
Agua	64.8 a	5.7 a	7.2 a b	0.63 a b
Húmicos	62.0 a	5.6 a	6.8 a b	0.62 a b
Testigo	57.4 a	4.8 a	5.4 a b	0.51 a b
Lana	63.5 a	5.4 a	4.0 b	0.48 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.02	0.04	0.38	0.32
CV	32	34	35	30
RCME	19.49668395	1.85136751	2.22665669	0.17976373
Media	61.7	5.48	6.36	0.60

Cuadro V-12: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 39 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Agua	72.0 a	6.4 a	9.6 b	8.8 b
Malla	69.2 a	6.6 a	7.2 b	9.5 a
Húmicos	68.8 a	6.2 a	9.5 b	9.0 a b
Lana	67.5 a	5.9 a	15.9 a	8.7 b
Testigo	62.8 a	5.4 a	11.7 a b	8.5 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.03	0.06	0.56	0.48
CV	31	33	28	5
RCME	21.28015002	2.00592290	2.9939161	0.4377080
Media	68.04	6.09	10.76	8.9

Cuadro V-13: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 46 DDS.

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Lana	126.5 a	0.77 a	63.8 a	4.75 a
Agua	118.5 a b	0.75 a	57.6 a	5.00 a
Testigo	115.8 a b c	0.73 a	60.5 a	5.50 a
Húmicos	114.2 b c	0.78 a	59.6 a	5.62 a
Malla	105.5 c	0.71 a	52.4 a	4.32 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.56	0.14	0.11	0.18
CV	6	9	21	23
RCME	6.86294397	0.06755245	12.32738145	1.16060329
Media	116.1	0.75	58.8	5.04

Cuadro V-14. Biomasa de hojas e inflorescencias en semillero a los 46 DDS.

Tratamiento	Hojas		Inflorescencias	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Lana	65.5 a	6.72 a	1.4 a b	0.14 b
Húmicos	62.9 a	7.20 a	2.4 a	0.28 a
Testigo	57.3 a	6.42 a	1.1 b	0.16 b
Malla	55.6 a	5.85 a	1.4 a b	0.14 b
Agua	53.0 a	6.00 a	1.2 b	0.13 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.13	0.11	0.37	0.48
CV	24	26	45	38
RCME	14.08434710	1.64326910	0.66783231	0.06511528
Media	58.8	6.44	1.5	0.17

Cuadro V-15: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 46 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Lana	151.7 a	13.5 a	13.2 b	1.24 a
Húmicos	143.6 a	15.2 a	22.1 a	2.48 a
Testigo	133.8 a	13.7 a	16.4 a b	1.81 a
Agua	122.2 a	12.1 a	13.4 b	1.67 a
Malla	119.5 a	11.2 a	15.9 a b	1.44 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.16	0.17	0.33	0.30
CV	24	27	33	43
RCME	32.68882327	3.53238541	5.34526270	0.75077294
Media	134.14	13.17	16.22	1.73

Cuadro V-16: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 46 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Húmicos	165.7 a	17.7 a	6.4 b	10.6 a
Lana	164.9 a	14.8 a	12.8 a	9.0 c
Testigo	150.2 a	15.5 a	8.8 a b	10.3 a
Agua	135.6 a	13.8 a	9.9 a b	10.2 a b
Malla	135.4 a	12.7 a	7.7 b	9.3 b c
Estadísticos				
R-cuadrado	0.15	0.18	0.41	0.59
CV	24	28	33	6
RCME	36.17916528	4.16825743	2.9914935	0.6002041
Media	150.4	14.89	9.1	9.9

Cuadro V-17: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 53 DDS.

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Lana	140.5 a	0.81 a b	87.8 a	8.1 a
Agua	137.2 a	0.89 a	81.3 a b	7.9 a
Testigo	132.7 a b	0.78 b	72.1 b	6.9 a
Húmicos	123.2 b	0.83 a b	70.1 b	7.3 a
Malla	142.5 a	0.77 b	68.0 b	4.7 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.39	0.26	0.38	0.59
CV	7	10	14	16
RCME	9.47417543	0.07791876	10.50203472	1.08728132
Media	135.2	0.82	75.9	7.0

Cuadro V-18. Biomasa de hojas, inflorescencias y brotes en semillero a los 53 DDS.

Tratamiento	Hojas		Inflorescencias		Brotes	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Lana	102.7 a	10.6 a	2.8 a b	0.31 a b	68.5 a	6.4 a
Húmicos	90.6 a b	10.3 a	3.2 a b	0.38 a b	46.8 b	5.0 a b
Agua	83.4 b	9.0 a	3.5 a	0.44 a	34.2 b	3.9 b c
Testigo	82.8 b	8.8 a	2.2 b	0.25 b	34.3 b	3.4 b c
Malla	65.0 c	5.7 a	0.9 c	0.09 c	28.8 b	2.2 c
Estadísticos						
R-cuadrado	0.49	0.64	0.56	0.58	0.45	0.44
CV	16	16	36	37	40	43
RCME	13.680338	1.4313534	0.9112262	0.1102693	17.239488	1.7837016
Media	84.9	8.9	2.5	0.29	42.5	4.2

Cuadro V-19: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 53 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Lana	261.8 a	25.4 a	24.8 a	3.1 a
Húmicos	211.0 b	23.0 a b	25.6 a	3.5 a
Agua	204.5 b c	21.4 a b	19.2 b	2.5 b
Testigo	191.7 b c	19.4 b	18.8 b	2.2 b
Malla	162.7 c	12.7 c	10.3 c	1.2 c
Estadísticos				
R-cuadrado	0.48	0.59	0.78	0.82
CV	18	19	16	16
RCME	36.96922955	3.94043881	3.21465395	0.40913567
Media	206.3	20.4	19.8	2.5

Cuadro V-20: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 53 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Lana	286.6 a	28.5 a	10.6 b	9.9 c
Húmicos	236.6 b	26.5 a b	8.3 b	11.2 a
Agua	223.8 b	24.0 a b	10.7 b	10.7 b
Testigo	210.4 b c	21.7 b	10.4 b	10.3 b c
Malla	173.0 c	13.9 c	16.3 a	8.0 d
Estadísticos				
R-cuadrado	0.52	0.63	0.60	0.87
CV	17	18	22	4
RCME	38.87821241	4.2311930	2.4209074	0.44998370
Media	226.1	22.9	11.3	10.0

Cuadro V-21: Dimensiones y biomasa del tallo en cultivo a los 60 DDS

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Lana	154.3 a	1.00 a	163.7 a	16.3 a
Húmicos	152.0 a	1.00 a	154.8 a	15.8 a
Agua	156.3 a	0.96 a	140.3 a b	14.2 a b
Malla	153.5 a	0.93 a	134.7 a b	13.6 a b
Testigo	142.8 b	0.94 a	124.7 b	12.7 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.40	0.42	0.59	0.61
CV	6	11	23	22
RCME	8.7942532	0.1039444	32.658507	3.1646221
Media	151.8	0.96	143.6	14.5
Epoca				
Primera	151.6 a	1.02 a	176.0 a	18.1 a
Segunda	153.3 a	0.97 a b	149.1 b	14.7 b
Tercera	150.5 a	0.91 b	105.8 c	10.8 c

Cuadro V-22. Biomasa de hojas e inflorescencias en cultivo a los 60 DDS

Tratamiento	Hojas		Inflorescencias		
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Altura primer inflorescencia(cm)
Húmicos	321.4 a	31.6 a	12.5 a	1.4 a	78.6 a
Lana	315.3 a b	30.7 a	13.0 a	1.4 a	83.6 b c
Malla	249.9 b c	24.6 b	10.2 a b	1.1 a b	81.7 b
Agua	249.5 b c	24.3 b	11.6 a	1.2 a b	85.6 c
Testigo	230.7 c	23.1 b	8.2 b	0.9 b	82.8 b
Estadísticos					
R-cuadrado	0.67	0.68	0.67	0.66	0.60
CV	28	25	32	37	8
RCME	77.248267	6.8541998	3.5941387	0.4442222	6.983554
Media	273.4	26.9	11.1	1.2	82.45
Epoca					
Primera	356.5 a	34.7 a	16.0 a	1.8 a	71.7 a
Segunda	303.8 b	29.1 b	10.8 b	1.1 b	87.3 b
Tercera	159.8 c	16.9 c	6.4 c	0.7 c	87.9 b

Cuadro V-23: Biomasa de frutos y brotes en cultivo a los 60 DDS

Tratamiento	Frutos		Brotes	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Malla	7.6 a	0.6 a	50.7 b	5.1 b
Testigo	7.1 a	0.6 a	44.5 b	4.6 b
Húmicos	5.7 a	0.5 a	63.0 b	6.3 b
Lana	5.3 a	0.4 a	85.3 a	8.3 a
Agua	1.9 a	0.2 a	44.7 b	5.0 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.20	0.19	0.48	0.46
CV	137	138	44	39
RCME	7.5472843	0.6168468	25.054550	2.3015695
Media	5.5	0.45	57.6	5.9
Epoca				
Primera	7.5 a	0.6 a	69.2 a	6.6 a
Segunda	4.9 a	0.4 a	45.3 b	4.6 b
Tercera	4.1 a	0.3 a	58.4 a b	6.4 a

Cuadro V-24: Biomasa aérea en cultivo a los 60 DDS

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	% de peso seco
Lana	582.6 a	57.2 a	9.9 a
Húmicos	557.3 a b	55.7 a	10.0 a
Malla	453.1 b c	45.1 b	10.0 a
Agua	447.9 b c	44.9 b	10.3 a
Testigo	415.3 c	42.0 b	10.5 a
Estadísticos			
R-cuadrado	0.62	0.63	0.39
CV	26	24	7
RCME	129.12445	11.757447	0.7227329
Media	491.2	49.0	10.1
Epoca			
Primera	625.3 a	61.8 a	10.1 a b
Segunda	513.8 b	49.9 b	9.7 b
Tercera	334.6 c	35.1 c	10.5 a

Cuadro V-25: Biomasa aérea en cultivo. Interacción tratamiento por época.

Tratamiento (época)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	% de peso seco
Lana (1)	810.6 a	79.3 a	9.8 b c
Húmicos (1)	727.1 a b	72.9 a b	10.0 b c
Húmicos (2)	585.6 b c	56.5 b c	9.6 c
Malla (1)	575.8 b c	56.5 b c	9.9 b c
Lana (2)	560.4 b c d	54.2 c	9.7 c
Agua (1)	528.9 b c d e	52.1 c d	10.0 b c
Agua (2)	525.2 b c d e	49.6 c d	9.4 c
Testigo (1)	484.0 c d e f	48.4 c d	11.0 a b
Malla (2)	452.4 c d e f	45.3 c d	10.1 b c
Testigo (2)	445.4 c d e f	44.0 c d	9.9 b c
Lana (3)	376.7 c d e f	38.0 c d	10.1 b c
Húmicos (3)	359.3 d e f	37.7 c d	10.5 a b c
Malla (3)	331.0 e f	33.4 d	10.0 b c
Testigo (3)	316.4 e f	33.4 d	10.5 a b c
Agua (3)	289.6 f	33.0 d	11.4 a
Estadísticos			
R-cuadrado	0.62	0.63	0.39
CV	26	24	7
RCME	129.12445	11.757447	0.7227329
Media	491.2	49.0	10.1

Cuadro V-26: Rendimiento precoz.

Tratamiento	g/m ²	Peso medio de frutos (g)
Malla	1437.6 a	124.3 a
Húmicos	1436.8 a	121.9 a
Lana	1300.7 a	121.5 a
Testigo	1161.8 a	129.7 a
Agua	1108.1 a	120.4 a
Estadísticos		
R-cuadrado	0.78	0.08
CV	43	23
RCME	557.33321	28.050785
Media	1287.97	123.6
Epoca		
Primera	1152.8 a	126.6 a
Segunda	1370.9 a	126.1 a
Tercera	1351.3 a	116.3 a

Cuadro V-27: Rendimiento precoz por épocas de transplante.

Tratamiento	Primer transplante (kg/m ²)	Segundo transplante (kg/m ²)	Tercer transplante (kg/m ²)
Húmicos	1092.6 a b	1575.9 a	1729.9 a
Malla	1371.3 a	1475.2 a	1478.7 a
Testigo	747.1 b	1352.4 a	1441.8 a
Lana	1320.3 a b	1274.0 a	1313.4 a b
Agua	1259.9 a b	1177.2 a	851.1 b
Estadísticos			
R-cuadrado	0.14	0.07	0.30
CV	53	41	36
RCME	608.36954	555.93226	482.56562
Media	1152.8	1370.9	1351.3

5.7 ANEXO II. GRÁFICOS

Gráfico V-1: Evolución de la altura en semillero.

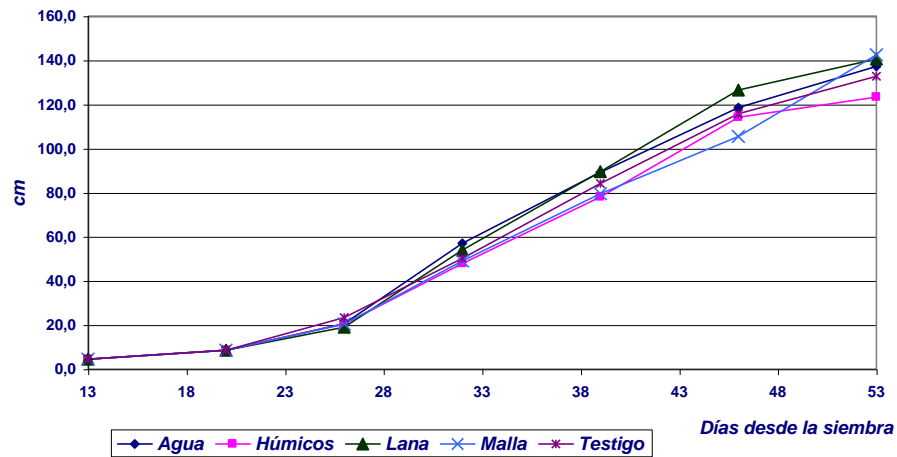


Gráfico V-2: Evolución de la biomasa aérea en semillero.

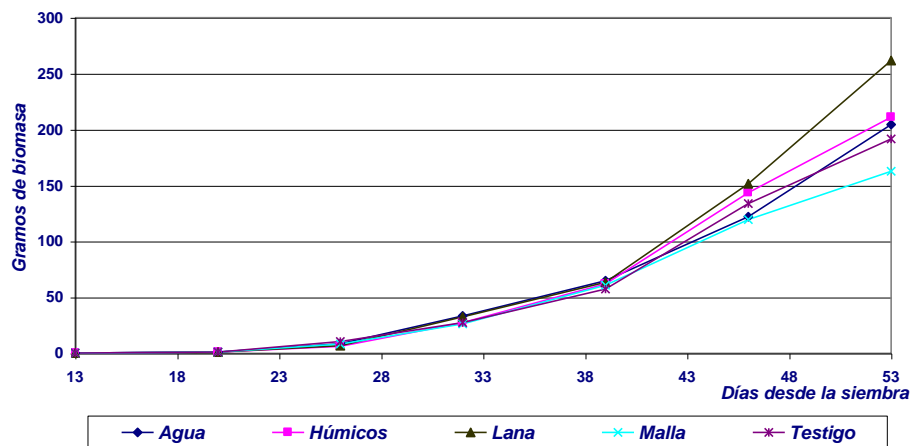


Gráfico V-3: Evolución de la biomasa radical en semillero.

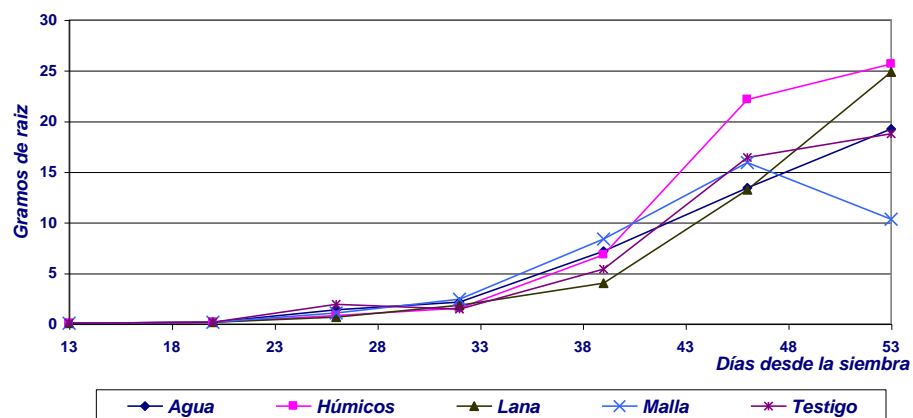


Gráfico V-4: Evolución de la biomasa total en semillero.

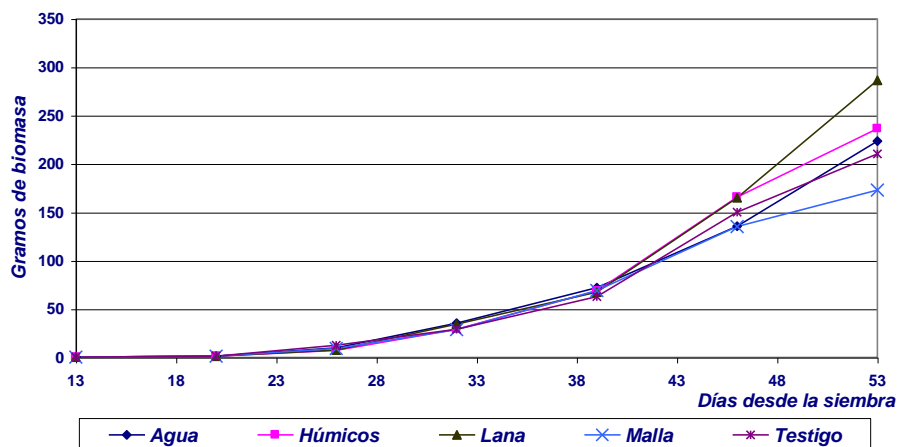
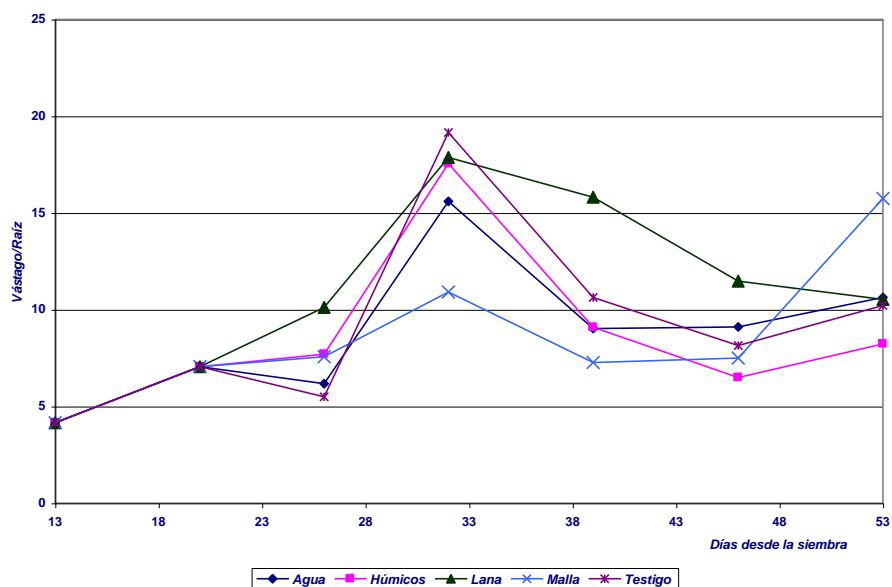


Gráfico V-5: Evolución de la relación vástago/raíz en semillero.



5.8 ANEXO III. FOTOGRAFÍAS.

Foto V-1: Raíces debajo del taco de lana de roca en el tratamiento Agua.



Foto V-2: Raíces en el costado del taco de lana de roca en el tratamiento Agua.



Foto V-3: Raíces debajo del taco de lana de roca en el tratamiento Malla.



Foto V-4: Raíces debajo del taco de lana de roca en el tratamiento Testigo.



CAPÍTULO VI

FRECUENCIA DE RIEGO EN SEMILLERO

6. Frecuencia de Riego en Semillero

6.1 INTRODUCCIÓN

En los ensayos descritos en los capítulos precedentes se analizaron distintas programaciones de riego, desde dos riegos diarios hasta una lámina continua de solución nutriente. En el presente ensayo se comparó un testigo de dos riegos diarios, frente a una lámina continua de solución nutriente y un riego variable, que determinaba la necesidad de riego en función del peso del taco de lana de roca. La finalidad de este ensayo fue validar los resultados obtenidos sobre distintas frecuencias de riego.

6.2 OBJETIVOS:

1. Determinar la formación de raíces con distintos tratamientos y su influencia en la generación de biomasa total de la plántula.
2. Evaluar frecuencias de riego en el semillero para la obtención de plántulas adultas.

6.3 MATERIAL Y METODOS

La localización de los ensayos, datos generales de clima, infraestructura, semillero y solución nutritiva están expuestos en el capítulo II sobre los materiales y métodos generales a todos los ensayos.

6.3.1 Calendario

El ensayo se sembró el día 30 de Marzo de 2000. Se utilizó el cultivar de tomate, *Radja*, sembrándose en bandejas de poliestireno expandido de 240 celdas con microplug de lana de roca de 5 cc. El repicado se realizó el 18 de abril de 2000. Las evaluaciones se efectuaron cada 7 días aproximadamente: 18/4; 27/4; 4/5; 11/5 y 16/5/2000.

6.3.2 Tratamientos utilizados

Los tratamientos se realizaron en tacos de lana de roca, con dos plantas por taco. La descripción detallada de los tratamientos se encuentra en el capítulo II.

1. **2R**. (TESTIGO): En este tratamiento se efectuaron 2 riegos por día durante todo el ciclo.
2. **RPP**: (Riego por peso). En este caso, se colocó un grupo de tacos en una balseta contigua a la anterior. Se tomaban 5 tacos 3 veces al día, se pesaban y de acuerdo a la tabla II-3 se accionaba el riego de esta balseta.
3. **AGUA**: (Lámina continua de solución nutriente). Se colocaron los tacos con las plántulas en bandejas con una lámina continua de solución nutriente, de uno a dos cm aproximadamente, completándose alternativamente con agua y solución nutriente.

6.3.3 Densidad de plantas en semillero.

Se inició el ensayo con una densidad de 40 plantas por metro cuadrado, llevándose a la mitad con fecha 1/5/2000, por estimarse que ese manejo sería razonable en una producción comercial.

6.3.4 Variables Analizadas

En el análisis de biomasa se tomaron los siguientes datos:

- Largo y diámetro del tallo.
- Peso fresco y seco de tallo.
- Peso fresco y seco de hojas.
- Altura de la primer floración.
- Peso fresco y seco de inflorescencias.
- Peso fresco y seco de brotes laterales.
- Peso fresco y seco de raíz.

Con estos datos se obtuvo a su vez, la biomasa aérea y la biomasa total, la relación peso seco de la parte aérea con respecto al peso seco de raíz (nombrado como relación vástago/raíz) y el porcentaje de peso seco.

6.3.5 Diseño Experimental y Modelo Estadístico.

Los tacos con las plántulas se colocaron en la zona central del semillero, en dos balsetas separadas los tacos con las 2 frecuencias de riego y sobre bandejas los tacos con lámina continua de solución nutriente. Para las evaluaciones se tomaron 3 tacos (6 plantas) por tratamiento al azar dentro de cada grupo de plantas.

Cada grupo comenzó con 40 tacos (80 plantas) para permitir una buena aleatorización y eliminación de efecto borde. El modelo estadístico utilizado fue completamente aleatorizado, cuya expresión es la siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \rho_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

- Y_{ij} = j-ésima observación con el riego i
- μ = Media poblacional
- ρ_i = Efecto del tratamiento de riego i
- ε_{ij} = Error experimental

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el procedimiento de Análisis de Varianza (PROC ANOVA) del programa estadístico SAS (SAS Institute, 1998). Para la comparación de medias, se utilizó el test de Duncan, por ser uno de los más equilibrados

con respecto a probabilidad de cometer error de tipo I y error de tipo II, al trabajar con varios tratamientos.

6.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La primer evaluación de biomasa se realizó al momento del repicado como punto de partida para la construcción de gráficos de tendencias. La segunda evaluación fue realizada el 27/4/00, 9 días después del repicado y 29 días desde la siembra (DDS), no mostrando diferencias significativas en ninguno de los parámetros evaluados, por lo tanto no se exponen aquí los datos.

La tercer evaluación se realizó el 4/5/00, 16 días después del repicado y 36 DDS, con 8 hojas expandidas. Los datos se muestran en los cuadros VI-1 a VI-4. En la mayor parte de los parámetros aéreos evaluados se observan diferencias significativas entre los tres tratamientos, evidenciando mayor crecimiento el tratamiento 2R, seguido de Agua y con menores valores RPP. En el análisis pormenorizado de las variables, se observa que para el largo del tallo, su peso fresco y seco, peso fresco y seco del total de parámetros aéreos, difieren los tres tratamientos entre sí. Para el diámetro, el tratamiento 2R difiere de los otros dos y entre Agua y RPP no existe diferencia. En el peso fresco y seco de hojas 2R no difiere de Agua y estos dos, a su vez, difieren con RPP, acusando este último un valor de biomasa que es levemente superior a la mitad del valor del testigo. Sin embargo, en la biomasa de raíz no hubo diferencias significativas en el peso fresco, pero sí en el peso seco, siguiendo la misma tendencia del 2R con respecto al Agua y RPP. Mas aún, en la relación vástago/raíz el tratamiento RPP es el menor, indicando esto que el crecimiento en el RPP fue proporcionalmente mayor en la parte radical, y en agua fue mayor en la parte aérea, si bien el crecimiento en RPP fue menor en general. Otro detalle es que el porcentaje en peso seco fue significativamente mayor en RPP.

Los resultados observados en esta primera instancia muestran la misma tendencia que en los ensayos anteriores en el tratamiento Agua. En esta primera etapa, éste tratamiento tiene un crecimiento menor al testigo. Por otra parte, el tratamiento RPP mostró una menor relación vástago/raíz como se esperaba, aunque tuvo un crecimiento general bajo.

En la cuarta evaluación, realizada el 11/5/00 con 33 DDS y 11 hojas expandidas, muestran un mayor crecimiento el tratamiento Agua (Cuadros VI-5 a VI-8). En éste la RGR para la biomasa aérea fue de 1.57. Si bien tuvo un mayor crecimiento, tanto de tallo como de hojas, en el peso final no presentó diferencia con el testigo 2R, en el cual la RGR fue inferior a 1. El peso seco de raíz también tuvo un notable incremento en el tratamiento Agua, diferenciándose significativamente de los otros dos. En el análisis global de peso fresco y seco de biomasa no se registraron diferencias significativas, ni tampoco en la

relación vástago/raíz. Por lo que respecta al porcentaje de peso seco, nuevamente el RPP difirió significativamente de los otros dos tratamientos y a su vez, en este caso, el tratamiento Agua presenta diferencias con 2R. Se observa entonces que el tratamiento Agua, por el problema de anegamiento, en un primer momento no desarrolla raíces, y luego forma su estructura radical adaptada a esa situación y, a partir de allí, comienza un período de mayor desarrollo aéreo.

Los cuadros VI-9 a VI-12 muestran los resultados de los análisis de la quinta evaluación, realizada el 16/5/00, cuando las plantas tenían 13 hojas en promedio, a 48 DDS. El tratamiento Agua difiere significativamente de los otros dos en el largo, peso fresco y peso seco del tallo, no encontrándose diferencias en el diámetro. En el peso fresco y seco del tallo también hubo diferencias significativas entre 2R y RPP, siendo muy notorio el menor crecimiento de éste último, con una producción de biomasa de tallo equivalente al 60 % de la del tratamiento Agua. También se encontraron diferencias significativas en la biomasa de hojas, siendo el tratamiento Agua el de mayor peso seco. No se evidenció diferencia en el peso fresco.

El tratamiento RPP en esta etapa tiene una RGR de 2.1, mientras que el Testigo fue inferior a 1.0. Este hecho puede deberse a que a partir del 12/5/00 en el tratamiento RPP se regó entre 2 y 3 veces por día, pues las observaciones en los tacos así lo determinaban. En cambio, se dejó intacta la frecuencia de dos riegos en la balsa Testigo. Este hecho explicaría el aumento de la tasa de crecimiento relativo de RPP con respecto al Testigo, y porque algunos de los valores de biomasa dejan de tener diferencia significativa.

Por lo que se refiere a la altura de la inserción de la primera inflorescencia, el RPP resultó ser el de menor valor, difiriendo significativamente de los otros dos. El peso fresco y seco de flores y brotes, por ser incipientes, tienen coeficientes de variación muy altos y R-cuadrados muy pequeños para arrojar diferencias, con lo cual no se muestran aquí. Existe diferencia significativa de la biomasa aérea en el tratamiento Agua con respecto a las otras dos frecuencias de riego. La biomasa de raíz presenta las mismas diferencias, y por ende la biomasa total, tanto en peso fresco como en peso seco.

Los gráficos VI-1 a VI-4 muestran la evolución de altura, biomasa aérea, radical y total a lo largo del ciclo del semillero. Se puede observar cómo al principio existe un mayor crecimiento en el Testigo y luego el tratamiento Agua es el que logra mayores valores. Estas tendencias de Agua y Testigo son coincidentes con lo visto en los gráficos V-1 a V-4 hasta aproximadamente la misma fecha, quinta evaluación. El tratamiento RPP al comienzo tiene un menor ritmo de crecimiento y posteriormente aumenta, si bien mantiene la diferencia en peso con los otros dos tratamientos. Esto podría indicar que al comienzo, este tratamiento, por no tener suficiente cantidad de raíces, el dejar secar el taco

hasta su límite mínimo, éste pudo producir un estrés en ese momento, que luego no pudo recuperar, si bien continuó con el crecimiento normal. Este tipo de manejo ha sido señalado como rustificación por sequía (McKee, 1981a).

Los resultados aquí expuestos son coincidentes en el tratamiento Agua con lo visto en el ensayo del capítulo V. Al principio, el testigo supera al tratamiento Agua y luego éste comienza un período de mayor crecimiento. Se ha visto en otros trabajos que la subirrigación produce plántulas con mayor materia seca (Hicklenton y Cairns, 1996). Las raíces formadas en el tratamiento Agua están adaptadas a un flujo continuo de solución nutriente, con lo cual éste tipo de tratamiento puede ser ventajoso en NFT o hidroponía pura, aunque si se transplanta a otro tipo de sustrato habría que estudiar su adaptabilidad (Lint y Klapjiwk, 1986). El tratamiento Agua produce mayor altura de planta y mayor biomasa, lo cual puede ser contraproducente al momento de transplante, si se pretende llegar con una plántula adulta con dos floraciones, tal como se ha visto en el capítulo V.

El RPP, si bien tuvo menores valores de producción de biomasa presentó dos aspectos que son útiles en la propuesta total. Por un lado tuvo menor altura, una inserción de la primera inflorescencia más baja y una menor relación vástago/raíz. Este tipo de respuesta y sus ventajas adaptativas para el posterior cultivo, han sido señaladas como ventajosas en la revisión hecha por McKee (1981 b).

6.5 CONCLUSIONES.

El tratamiento Agua produce un mayor desarrollo de raíces, con el correspondiente mayor desarrollo de biomasa total, junto con una baja relación vástago/raíz.

El tratamiento RPP, produce un menor crecimiento, sin diferir significativamente del testigo. La altura de inserción de la primera floración es significativamente menor en el RPP, lo que resulta interesante para los manejos posteriores de cultivo, como así también la menor relación vástago/raíz, comparada con el Testigo.

En las condiciones del ensayo, aproximadamente a partir de plántulas con 10 hojas desarrolladas, los dos riegos diarios comienzan a ser insuficientes. Estas conclusiones podrían señalar una metodología de acondicionamiento hídrico, indicando frecuencias fijas al comienzo para que la planta no se resienta y luego frecuencias determinadas por el peso de los tacos.

6.6 ANEXO I. CUADROS.

Cuadro VI-1: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 36 DDS.

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
2R	36.9 a	8.6 a	19.0 a	1.17 a
Agua	30.2 b	7.4 b	13.3 b	0.83 b
RPP	25.7 c	6.7 b	9.0 c	0.62 c
Estadísticos				
R-cuadrado	0.94	0.71	0.93	0.87
CV	4	8	9	11
RCME	1317826	0.5751811	1.246439	0.101844
Media	30.98	7.5	13.78	0.88

Cuadro VI-2: Biomasa de hojas en semillero a los 36 DDS.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
2R	33.9 a	3.26 a
Agua	29.6 a	2.77 a
RPP	17.9 b	1.98 b
Estadísticos		
R-cuadrado	0.75	0.71
CV	16	15
RCME	4.451591	0.395372
Media	27.12	2.67

Cuadro VI-3: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 36 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
2R	52.9 a	4.45 a	6.0 a	0.88 a
Agua	42.9 b	3.62 b	5.2 a	0.62 b
RPP	26.9 c	2.58 c	5.8 a	0.58 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.85	0.76	0.11	0.71
CV	13	14	19	14
RCME	5.279336	0.49046463	1.086278	0.095743
Media	40.89	3.55	5.67	0.69

Cuadro VI-4: Biomasa total en semillero y parámetros adicionales a los 36 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
2R	58.9 a	5.30 a	5.12 ab	8.98 b
Agua	48.1 b	4.18 b	6.42 a	8.70 b
RPP	32.7 c	3.20 c	4.30 b	9.85 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.82	0.78	0.58	0.81
CV	12	12	16	3
RCME	5.741685	0.527836	0.867628	0.270288
Media	46.56	4.22	5.28	9.18

En todos los cuadros, se utilizarán las siguientes abreviaturas: CV: Coeficiente de variación. RCME: Raíz cuadrada media del error.

A su vez, en las comparaciones de tratamientos, las medias seguidas por igual letra no difieren entre sí, según test de rangos múltiples de Duncan con un 5 % de significancia.

Capítulo VI. Frecuencia de riego en semillero

Cuadro VI-5: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 43 DDS.

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Agua	67.5 a	8.2 a	47.8 a	3.61 a
2R	61.2 b	7.8 a	42.1 a	3.40 a
RPP	51.5 c	7.6 a	27.5 b	2.35 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.82	0.15	0.66	0.59
CV	6	9	18	17
RCME	3.539460	0.686577	7.044738	0.533133
Media	60.08	7.91	39.13	3.12

Cuadro VI-6: Biomasa de hojas en semillero a los 43 DDS.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Agua	60.4 a	6.70 a
2R	59.7 a	6.18 a
RPP	50.0 a	5.45 a
Estadísticos		
R-cuadrado	0.16	0.16
CV	22	22
RCME	12.663848	1.377498
Media	56.68	6.11

Cuadro VI-7: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 43 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Agua	110.2 a	10.57 a	14.0 a	1.70 a
2R	103.7 a	9.88 a	11.3 b	1.15 b
RPP	79.8 a	8.15 a	11.9 ab	1.25 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.36	0.26	0.46	0.72
CV	21	21	11	12
RCME	20.113421	1.987321	1.405149	0.169967
Media	97.86	9.53	12.38	1.37

Cuadro VI-8: Biomasa total en semillero y parámetros adicionales a los 43 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Agua	124.1 a	12.28 a	6.30 a	9.88 b
2R	115.0 a	11.00 a	8.62 a	9.58 c
RPP	91.6 a	9.38 a	6.42 a	10.22 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.37	0.32	0.31	0.76
CV	19	18	26	1.73
RCME	20.534355	1.999861	1.826198	0.170782
Media	110.24	10.88	7.12	9.89

Cuadro VI-9: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 48 DDS.

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Agua	85.0 a	9.4 a	70.5 a	7.33 a
2R	70.2 b	9.4 a	52.4 b	6.08 b
RPP	67.2 b	8.8 a	41.3 c	4.50 c
Estadísticos				
R-cuadrado	0.91	0.23	0.77	0.67
CV	4	6	13	15
RCME	2.728451	0.572519	7.272971	0.883599
Media	74.11	9.19	54.75	5.97

Avances en la estrategia de producción de plántulas de tomate

Cuadro VI-10: Biomasa de hojas y altura de primer inflorescencia en semillero a los 48 DDS.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Altura primer inflorescencia(cm)
Agua	84.3 a	12.66 a	62.4 a
2R	77.5 a	9.72 b	59.4 a
RPP	70.7 a	8.23 b	49.6 b
Estadísticos			
R-cuadrado	0.15	0.54	0.67
CV	18	18	7
RCME	14.229898	1.879132	4.219992
Media	77.48	10.20	57.14

Cuadro VI-11: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 48 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Agua	166.0 a	21.42 a	24.9 a	3.2 a
2R	135.8 ab	16.57 b	14.5 b	1.8 b
RPP	120.6 b	13.73 b	12.6 b	1.7 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.40	0.55	0.72	0.70
CV	18	18	21	21
RCME	25.363109	3.120203	3.723648	0.483735
Media	140.82	17.24	17.32	2.28

Cuadro VI-12: Biomasa total en semillero y parámetros adicionales a los 48 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Agua	190.9 a	24.65 a	6.83 b	12.95 a
2R	150.3 b	18.43 b	8.88 a	12.33 b
RPP	133.2 b	15.43 b	8.05 ab	11.58 c
Estadísticos				
R-cuadrado	0.49	0.61	0.37	0.69
CV	17	17	15	3
RCME	27.230077	3.37047639	1.213718	0.412849
Media	158.14	19.50	7.92	12.26

6.7 ANEXO II. GRÁFICOS.

Gráfico VI-1. Evolución de la altura de planta.

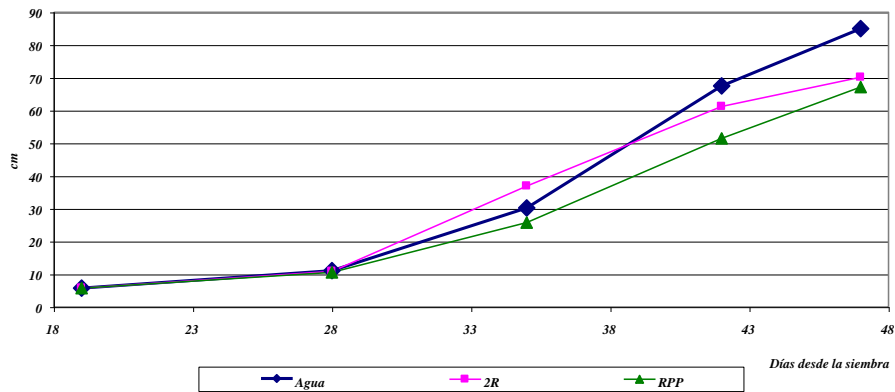


Gráfico VI-2. Evolución de la biomasa aérea.

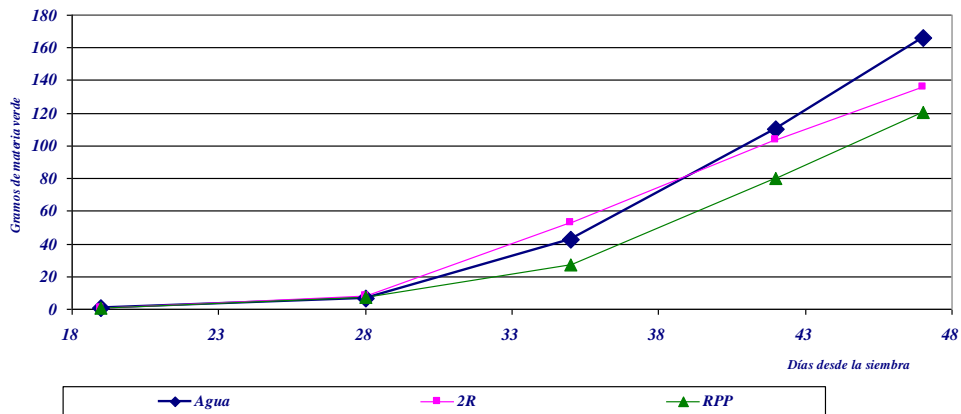


Gráfico VI-3. Evolución de la biomasa radical.

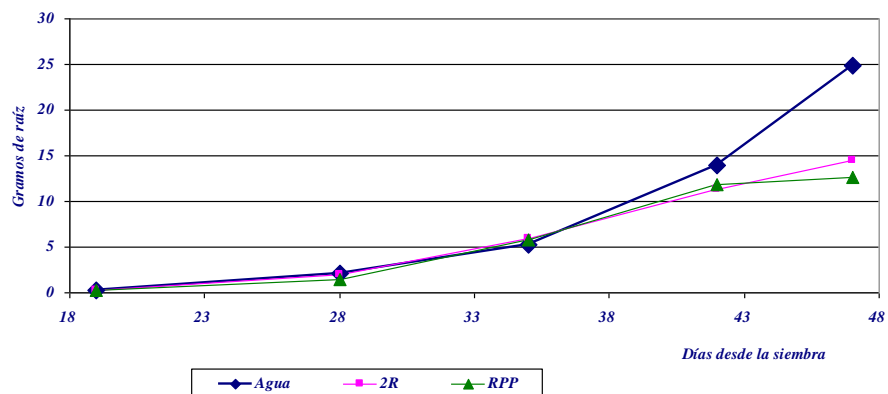


Gráfico VI-4. Evolución de la biomasa total.

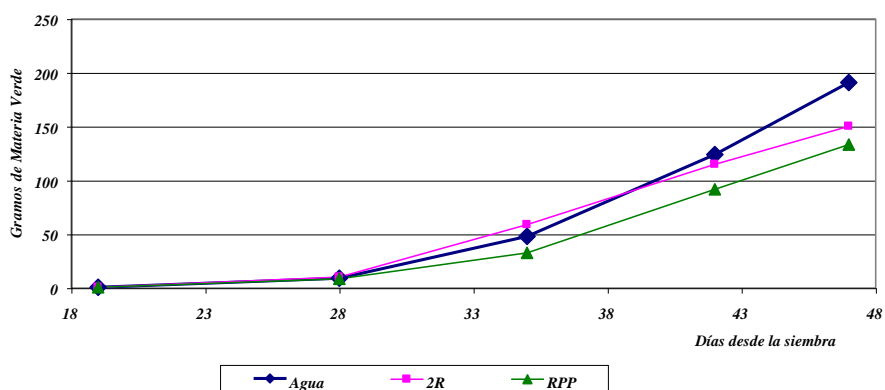
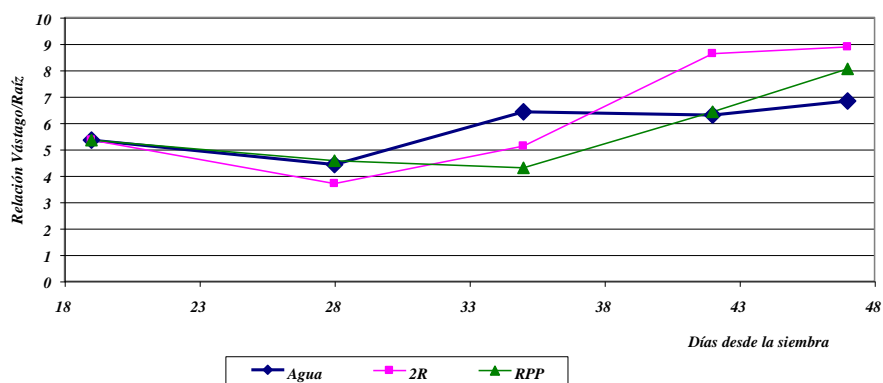


Gráfico VI-5. Evolución de la relación vástago/raíz.



CAPÍTULO VII

TÉCNICAS PARA FAVORECER EL DESARROLLO RADICAL

7. Técnicas para favorecer el desarrollo radical

7.1 INTRODUCCIÓN

En el Capítulo V se evaluaron distintos tratamientos para lograr mejores plántulas con mayor producción de raíces durante el período de semillero, llevándolas hasta la segunda inflorescencia. El presente ensayo trató de validar los resultados obtenidos en el ensayo de la temporada anterior para la obtención de plántulas adultas. A su vez se plantearon los mismos tratamientos con una frecuencia de riego distinta, determinando el momento de riego por pesada del taco de lana de roca.

7.2 OBJETIVOS:

1. Determinar la formación de raíces con distintos tratamientos y su influencia en la generación de biomasa total de la plántula.
2. Evaluar frecuencias de riego en el semillero para la obtención de plántulas adultas.
3. Determinar si en el taco de lana de roca, el agregado de sustancias húmicas promueven una mayor formación de raíces.
4. Conocer la respuesta de diferentes materiales, colocados debajo de los tacos de lana de roca, al desarrollo de raíces.

7.3 MATERIAL Y MÉTODOS

La localización de los ensayos, datos generales de clima, infraestructura, semillero y solución nutritiva están expuestos en el capítulo II sobre material y métodos generales a todos los ensayos.

7.3.1 Calendario.

El ensayo se sembró el día 30 de marzo de 2000. Se utilizó el cultivar de tomate *Radja*, sembrándose en bandejas de poliestireno expandido de 240 celdas con microplug de lana de roca de 5 cm³. El repicado se realizó el 18 de abril de 2000. Las evaluaciones se efectuaron cada 7 días aproximadamente: 18/4; 27/4; 4/5; 11/5 y 16/5/2000.

7.3.2 Tratamientos utilizados

Todos los tratamientos se realizaron en tacos de lana de roca, con dos plantas por taco. Una descripción más detallada de los mismos se encuentra en el capítulo II.

Primer factor: modificaciones en el taco de lana de roca.

14. **TESTIGO:** El taco de lana de roca sin aditivos ni elementos debajo. La frecuencia de riego, por ser factorial, es combinada. Hay un bloque con 2 riegos diarios y otro bloque con riego por peso.
15. **MALLA:** La malla antiraíz se colocó sobre la cama de cemento, y en ella se apoyaron los tacos.
16. **LANA:** Se le pegó a cada taco una plancha de lana de roca de 1 cm de espesor en rectángulos de ancho igual a la base del taco y largo equivalente a la base más 2 veces un lado. (10 X 23 cm)
17. **HÚMICOS:** En este tratamiento, a un plantel de tacos se les efectuó el riego inicial para humedecimiento y regulación del pH con una solución nutritiva similar a la utilizada en el resto, con el agregado de sustancias húmicas, a una concentración de 2.5 ml de producto comercial por litro de solución nutriente.

Segundo factor: modificaciones en el riego.

4. **2R** (TESTIGO). Dos riegos por día.
5. **RPP** (Riego por peso). En este caso, se colocó un grupo de tacos en una balseta contigua a la anterior. Se tomaban 5 tacos 3 veces al día, se pesaban y de acuerdo a la tabla II-3 se accionaba el riego de esta balseta

7.3.3 Densidad de plantas en semillero.

Se comenzó el trabajo con una densidad de 40 plantas por metro cuadrado, llevándose a la mitad con fecha 1/5/2000, por estimarse como manejo razonable en una producción comercial.

7.3.4 Variables analizadas

En el análisis de biomasa se tomaron los siguientes datos:

- Largo y diámetro del tallo.
- Peso fresco y seco de tallo.
- Peso fresco y seco de hojas.
- Altura de la primer floración.
- Peso fresco y seco de inflorescencias.
- Peso fresco y seco de brotes laterales.
- Peso fresco y seco de raíz.

Con estos datos se obtuvo a su vez, la biomasa aérea y la biomasa total, la relación peso seco de la parte aérea con respecto al peso seco de raíz (relación vástago/raíz) y el porcentaje de peso seco total de la plántula.

7.3.5 Diseño Experimental y Modelo Estadístico.

El diseño utilizado fue de factorial con dos factores: Un factor fue la frecuencia de riego a dos niveles (2R y RPP), y el otro factor, los tratamientos en los tacos de lana de roca a cuatro niveles (Malla, Húmicos, Lana y Testigo).

En este caso se colocaron en la zona central del semillero, en dos balsetas separadas los tacos con las 2 frecuencias de riego y dentro de cada balseta estaban los tacos con los tratamientos específicos. Para la segunda y quinta evaluación se tomaron 3 tacos (6 plantas) por combinación de tratamientos al azar dentro de cada grupo de plantas, mientras que para la tercer y cuarta evaluación se tomaron solamente 2 tacos (4 plantas)

Cada grupo de combinación de tratamientos comenzó con 40 tacos (80 plantas) para permitir una buena aleatorización y eliminación de efectos de borde. El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \tau_j + \rho\tau_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

- Y_{ijk} = k-ésima observación con el riego i y el tratamiento en el taco j
- μ = Media poblacional
- ρ_i = Efecto de la frecuencia de riego i
- τ_j = Efecto del tratamiento en el taco j
- $\rho\tau_{ij}$ = Interacción de los dos factores
- ε_{ijk} = Error experimental

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el procedimiento General Lineal (PROC GLM) del programa estadístico SAS (SAS Institute, 1998). Para la comparación de medias, se utilizó el test de Duncan, por ser uno de los más equilibrados con respecto a probabilidad de cometer error de tipo I y error de tipo II, al trabajar con varios tratamientos.

7.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La primer evaluación se realizó en el momento de repicado para observar las tendencias de crecimiento. Los cuadros VII-1 a VII-4 muestran los resultados de análisis de la varianza y comparaciones de medias entre tratamientos, realizadas en la segunda evaluación, con plantas con 5 hojas, 9 días después del repicado y 28 días desde la siembra (DDS). En casi todos los parámetros de peso de biomasa analizados en los tratamientos sobre el taco, existe una diferencia significativa del Testigo con respecto a Húmicos. Los tratamientos restantes no presentan mayores variaciones encontrándose en medio de los dos señalados y sin diferir con ninguno. Las tendencias son similares a las observadas en

el capítulo V con respecto a Húmicos y Lana, aunque en este caso Lana no difirió del testigo. El segundo factor (riego), presentó diferencias solamente en el peso fresco de raíz.

La tercer evaluación fue realizada el 4/5/00, a 16 días del repicado y 35 DDS, con 8 hojas expandidas. Los datos se muestran en los cuadros VII-5 a VII-8. En este caso, en la parte aérea solo se observa diferencia en los valores del tallo, no así en hoja o biomasa aérea. El tratamiento Lana se ubicó por debajo con el menor peso seco de tallo, difiriendo del Testigo. Los Húmicos tuvieron valores similares al Testigo sin diferir de éste. Los tratamientos Malla y Testigo tuvieron mayor peso fresco y seco de raíz, difiriendo con Lana. En la biomasa total no se encontraron diferencias, volviéndose a notar cierta similitud con lo descrito en el ensayo del capítulo V. En la relación vástago/raíz tampoco se encontraron diferencias.

Las dos frecuencias de riego analizadas mostraron diferencias significativas en todas las variables de la parte aérea, y en todas, fue mayor el valor de 2R. En el capítulo anterior, sobre frecuencias de riego, con medias de 6 repeticiones y comparaciones de 3 sistemas, éstas diferencias no fueron detectadas como significativas salvo en algunos pocos casos. Aquí el análisis fue realizado con 16 repeticiones para cada tratamiento. En la raíz no se encontraron diferencias, con lo cual, la relación vástago/raíz fue menor en RPP. También nuevamente se observó mayor porcentaje de peso seco en RPP.

La cuarta evaluación se efectuó el 11/5/00 a 43 DDS y 23 días desde el repicado, las plantas tenían 11 hojas y los análisis se muestran en los cuadros VII-9 a VII-12. Los tratamientos Lana y Húmicos mostraron diferencias significativas en altura de planta y peso fresco del tallo, no habiendo diferencias en el diámetro y el peso seco, ni tampoco en las demás variables de la parte aérea de las plántulas. El tratamiento Malla difirió del resto en peso fresco y peso seco de raíz. Este hecho ya había sido señalado en el ensayo del capítulo V, donde también se vio el desarrollo de un entramado de raíces en la zona de aireación de la base del taco (foto V-3). Esto se evidencia también en la relación vástago/raíz, presentando Malla el menor valor. En la biomasa total no se encontraron diferencias.

La evaluación del factor riego mostró diferencias en los parámetros de biomasa aérea y también en la producción de raíces, siendo significativamente mayor a favor de 2R. Esto indicaría que la menor producción de parte aérea al comienzo, influyó en el crecimiento radical posterior, si bien existe diferencia en la relación vástago/raíz, a favor de RPP. A su vez fue mayor el porcentaje en peso seco de RPP.

En los cuadros VII-13 a VII-16 se detallan los análisis de las variables en la quinta evaluación, realizada el 16/5/00, 47 DDS y con plántulas con 12 hojas en promedio. Se observó menor altura total e inserción del primer racimo floral mas bajo en el tratamiento

Malla que difirió del resto. En el peso seco de tallo el tratamiento Lana difirió del Testigo y Malla, mientras que en hojas difirió con Húmicos. El peso seco de la parte aérea no arrojó diferencias significativas, aunque sí en el peso fresco, que difirió del Testigo y Malla. Húmicos estuvo en una posición intermedia sin diferir con ninguno. En la biomasa de raíz no se encontraron diferencias entre tratamientos. La biomasa total presenta la misma diferencia en peso fresco que lo apuntado para la parte aérea, sin diferencias en peso seco. En la relación vástago/raíz no se encontraron diferencias.

Estos datos han sido coincidentes, en cierta medida, con lo ya apuntado en el ensayo del capítulo V. En este caso se llegó solamente hasta 48 DDS en otoño, contra 53 días en verano del ensayo V. En ése ensayo, el tratamiento con Húmicos en la etapa final es donde tuvo mayor crecimiento en raíz y masa aérea. Cabe aquí una observación con respecto a la frecuencia de riego. El ensayo del capítulo V se regó constantemente dos veces diarias, tal cual lo planificado, si bien se prolongaba el período de inundación y se daba mayor película de solución nutriente, de unos 4 a 5 cm aproximadamente. En el presente ensayo, a partir del 12/5/00 en el tratamiento RPP se comenzó a regar hasta 3 veces por día, determinado por la observación de peso de los tacos. Esto pudo significar que en el final del ensayo del capítulo V existiera cierta deficiencia, con lo cual los tratamientos mejor adaptados en ese momento, Lana por mayor volumen de recipiente y Húmicos por mayor retención hídrica, evidenciaron mejor crecimiento en esta etapa. Cabría esperar que en el presente ensayo, si se hubiese realizado otra evaluación, esa tendencia persistiera.

El efecto de mayor retención hídrica en el tratamiento con SH apuntado en el párrafo anterior, se observó en este ensayo en el tratamiento RPP, y se realizó una comparación por peso de 40 tacos con Húmicos y 40 tacos del Testigo. En la observación de tacos recién regados, el peso en los Húmicos era solo un 3% superior al testigo, con un valor de “*t*” de 0.1, mientras que antes del riego, la diferencia de peso era de un 22% y el valor de “*t*” era de $1,78 \cdot 10^{-9}$, con lo cual demuestra una mayor retención de agua, ya que la diferencia en peso de planta por lo visto en los otros análisis no era tan grande. Varanini y Pinton (1995) han mostrado que la incorporación de sustancias húmicas al suelo produce una mayor retención hídrica, pero no se han encontrado referencias con respecto a la lana de roca. Lo que no podemos afirmar es si esa mayor retención de agua significa mayor disponibilidad, pues no se midió el potencial agua en el taco, esto es, la presión a la que está retenida el agua en presencia de SH. Sin embargo, presumiblemente ésta mayor retención favoreció el mejor crecimiento anteriormente señalado.

El análisis de las 2 frecuencias de riego arrojó diferencias significativas en los parámetros de tallo, no así en peso fresco de hoja, ni peso fresco de la parte aérea y total. El aumento del RGR en esta última etapa a favor del RPP y alcanzar los valores de

biomasa del Testigo puede deberse a la mayor frecuencia de riego en el tratamiento RPP, ya que se regó de acuerdo a las observaciones en los tacos. En cambio, se dejó intacta la frecuencia de 2R en la balseta con este tratamiento. Este hecho explicaría las diferencias apuntadas.

Un hecho a considerar, que también fue observado en el capítulo VI fue el menor crecimiento de las plántulas en RPP. El objetivo de esta práctica realizada en Holanda, era que al ir desecándose el taco se forzara al sistema radical a explorar todo el volumen del taco y con ello se produjera mayor cantidad de raíces. Sin embargo, y de acuerdo a los datos obtenidos, esto no se produjo, al contrario, se notó un leve estancamiento en el crecimiento. La causa de esto puede deberse a que al principio, en el momento del repicado, las pocas raíces que tiene la plántula no pueden aprovechar el agua residente en el taco a medida que éste se va secando, produciendo una detención en el crecimiento, sin mayor producción de raíces, comparativamente con el testigo. Luego se igualan los crecimientos y hacia el final del ensayo con plantas de más de 10 hojas se produce otro hecho, y es que los dos riegos diarios comienzan a ser insuficientes, y el tratamiento con RPP comienza a tener ventaja sobre el riego fijo. Estos dos hechos explicarían por que al comienzo los valores de biomasa son menores en RPP y se van revirtiendo hacia el final.

Los gráficos VII-1 y VII-2 muestran cómo es el crecimiento de longitud de tallo y biomasa aérea en cada uno de los tratamientos. Lana y Húmicos, al comienzo son los de menor valor en estos parámetros, y luego se produce un incremento sobre el testigo. También se puede observar que al comienzo existe una diferencia marcada entre 2R y RPP y que luego ambas gráficas tienden a juntarse.

El análisis de raíz, mostrado en el gráfico VII-3, se aprecia cómo el tratamiento Malla es el de mayor producción de raíces al comienzo, pero al final se produce un estancamiento en el mismo, acercándose hacia los valores del resto de tratamientos en la última evaluación. El tratamiento Lana tiene el comportamiento contrario, más bajo al comienzo y mayor hacia el final.

En las diferencias entre riegos, se observa que si bien lo que se pretendía con RPP era tener mayor desarrollo radical, se observó un menor crecimiento generalizado al comienzo, con una mayor proporción de raíces con respecto al Testigo y un mejor crecimiento en la última etapa de observación.

La evolución de la biomasa total se muestra en el gráfico VII-4. Se observa cómo hacia el final Lana (factor taco) y 2R (factor riego) son los que tienen mayor peso total. En el gráfico VII-5 se observa la evolución de la relación vástago/raíz. Como puntos destacables se puede observar aquí nuevamente cómo los valores en el tratamiento malla son menores al comienzo y hacia el final aumentan. En la comparación de las dos

frecuencias de riego se puede observar una mejor relación del RPP, indicando una mayor proporción de raíces con este sistema.

7.5 CONCLUSIONES

En el presente ensayo no se observaron grandes diferencias en el crecimiento radical en los tratamientos Lana y Húmicos como lo observado en el ensayo descrito en el capítulo V. Si bien las mayores diferencias en ese caso fueron registradas a partir de plántulas con más de 10 hojas. El tratamiento malla volvió a mostrar un mayor crecimiento inicial con una caída posterior debida al movimiento producido al llevar la densidad del semillero a la mitad.

El análisis de las frecuencias de riego, permitió ver que el tratamiento RPP no tuvo mayor crecimiento de raíces, como se esperaba, si bien hay diferencias en la relación vástago/raíz al comienzo, indicando mayor proporción de biomasa hacia las mismas en esa primera etapa. A su vez, se vio que igualmente los 2 riegos diarios son insuficientes en la última etapa del ciclo.

El tratamiento Húmicos, si bien presentó buen crecimiento total, en este caso no se encontró diferencias con el testigo, ni se observó menor altura de inserción de la primer inflorescencia, ni tampoco mayor crecimiento de raíces. Este tratamiento por lo tanto no mostró consistencia en este nuevo análisis, aunque en realidad es a partir de este estado donde se comienza a observar mayor crecimiento de raíces en el ensayo del capítulo V. En cuanto a la retención hídrica, se cuantificó la diferencia al desecarse el taco, mostrando que en lana de roca, al agregar SH se retiene mayor cantidad de agua.

De los materiales colocados debajo del taco de lana de roca, el tratamiento Lana tuvo mayor crecimiento en biomasa aérea y radical, aunque al comienzo fue superado por el testigo. El tratamiento Malla ha mostrado nuevamente mayor crecimiento de raíces, aunque no tanto de parte aérea, siendo el tratamiento de menor relación vástago/raíz. Es en este tratamiento donde se produce claramente el objetivo de lograr mayor producción de raíces, aunque si bien, como se ha visto aquí y en el ensayo del capítulo V, al comenzar el movimiento, existe una rotura de raíces que lo perjudica.

7.6 ANEXO I. CUADROS

Cuadro VII-1: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 28 DDS.

Tratamiento (r)	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Testigo	10.7 a	5.6 a	1.7 a	0.11 a
Lana	10.1 a b	5.4 a b	1.5 a b	0.09 a b
Malla	9.8 b	5.6 a	1.4 a b	0.10 a b
Húmicos	10.0 a b	5.0 b	1.3 b	0.08 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.21	0.21	0.17	0.16
CV	10	8	25	26
RCME	1.018045	0.530998	0.367276	0.024698
Media	10.14	5.4	1.49	0.09
Riegos (r)	24	24	24	24
2R	10.1 a	5.5 a	1.5 a	0.09 a
RPP.	10.2 a	5.3 a	1.4 a	0.10 a

Cuadro VII-2: Biomasa de hojas en semillero a los 28 DDS.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Tratamiento (r)	12	12
Testigo	5.9 a	0.69 a
Malla	5.5 a b	0.63 a b
Lana	5.2 a b	0.60 a b
Húmicos	4.5 b	0.53 b
Estadísticos		
R-cuadrado	0.21	0.14
CV	26	26
RCME	1.379009	0.162554
Media	5.28	0.61
Riegos (r)	24	24
2R	5.7 a	0.61 a
RPP.	4.8 a	0.61 a

En todos los cuadros, se utilizarán las siguientes abreviaturas:

- CV Coeficiente de variación.
- RCME Raíz cuadrada media del error.
- r indica el número de repeticiones por tratamiento con que se efectuó el análisis de medias.

A su vez, en las comparaciones de tratamientos, las medias seguidas por igual letra no difieren entre sí, según test de rangos múltiples de Duncan con un 5 % de significancia.

Cuadro VII-3: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 28 DDS

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Tratamiento (r)	12	12	12	12
Testigo	7.6 a	0.80 a	1.7 a	0.20 a
Malla	7.0 a b	0.72 a b	1.9 a	0.19 a b
Lana	6.6 a b	0.69 a b	1.0 b	0.14 a b
Húmicos	5.8 b	0.61 b	0.9 b	0.13 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.20	0.14	0.54	0.20
CV	26	26	39	43
RCME	1.730438	0.186208	0.529023	0.072821
Media	6.77	0.71	1.37	0.17
Riegos (r)	24	24	24	24
2R	7.2 a	0.71 a	1.61 a	0.18 a
RPP.	6.3 a	0.70 a	1.12 b	0.15 a

Cuadro VII-4: Biomasa total en semillero y parámetros adicionales a los 28 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Tratamiento (r)	12	12	12	12
Testigo	9.3 a	1.00 a	4.13 b	10.8 b
Malla	8.9 a	0.92 a b	4.14 b	10.3 c
Lana	7.6 a b	0.84 a b	5.32 a	11.1 a b
Húmicos	6.7 b	0.75 b	4.82 a b	11.2 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.28	0.15	0.23	0.85
CV	27	28	27	4
RCME	2.196767	0.246413	1.224030	0.438035
Media	8.14	0.88	4.60	10.87
Riegos (r)	24	24	24	24
2R	8.8 a	0.88 a	4.26 a	10.04 b
RPP.	7.4 b	0.87 a	4.95 a	11.70 a

Cuadro VII-5: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 36 DDS.

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Tratamiento (r)	8	8	8	8
Testigo	31.3 a	7.6 a	14.0 a	0.90 a
Húmicos	29.8 a b	7.7 a	13.4 a b	0.86 a b
Lana	27.9 b c	7.5 a	11.8 b c	0.74 b
Malla	26.9 c	7.3 a	11.4 c	0.80 a b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.87	0.75	0.88	0.76
CV	7	7	13	16
RCME	1.939904	0.497179	1.675124	0.132853
Media	28.98	7.6	12.66	0.82
Riegos (r)	16	16	16	16
2R	32.8 a	8.2 a	16.1 a	1.00 a
RPP.	25.2 b	6.9 b	9.2 b	0.64 b

Cuadro VII-6: Biomasa de hojas en semillero a los 36 DDS.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Tratamiento (r)	8	8
Húmicos	26.9 a	2.75 a
Malla	26.2 a	2.75 a
Testigo	25.9 a	2.62 a
Lana	24.2 a	2.32 a
Estadísticos		
R-cuadrado	0.74	0.63
CV	18	18.24
RCME	4.608846	0.475902
Media	25.80	2.61
Riegos (r)	16	16
2R	32.2 a	3.10 a
RPP.	19.4 b	2.12 b

Cuadro VII-7: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 36 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Tratamiento (r)	8	8	8	8
Húmicos	40.4 a	3.61 a	5.5 b	0.64 a b
Malla	37.5 a	3.55 a	6.8 a	0.72 a
Testigo	39.9 a	3.52 a	5.9 a b	0.74 a
Lana	36.0 a	3.06 a	4.1 c	0.54 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.79	0.67	0.53	0.40
CV	16	18	20	23
RCME	6.177074	0.601599	1.136684	0.149206
Media	38.46	3.43	5.58	0.66
Riegos (r)	16	16	16	16
2R	48.3 a	4.11 a	5.8 a	0.71 a
RPP.	28.6 b	2.76 b	5.3 a	0.61 a

Cuadro VII-8: Biomasa total en semillero y parámetros adicionales a los 36 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Tratamiento (r)	8	8	8	8
Húmicos	45.8 a	4.26 a	5.72 a	9.4 a
Testigo	45.8 a	4.26 a	4.71 a	9.4 a
Malla	44.4 a	4.26 a	5.05 a	9.7 a
Lana	40.2 a	3.59 a	5.94 a	9.0 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.77	0.65	0.35	0.81
CV	15	17	23	4
RCME	6.751034	0.692878	1.217751	0.330561
Media	44.04	4.09	5.36	9.39
Riegos (r)	16	16	16	16
2R	54.1 a	4.82 a	5.93 a	8.8 b
RPP.	34.0 b	3.37 b	4.78 b	9.9 a

Cuadro VII-9: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 43 DDS.

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Tratamiento (r)	8	8	8	8
Lana	61.9 a	8.0 a	43.6 a	3.34 a
Húmicos	59.9 a	8.0 a	39.1 a b	3.24 a
Testigo	56.4 b	7.8 a	34.8 b c	2.88 a
Malla	50.8 c	8.0 a	32.6 c	2.92 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.82	0.31	0.69	0.58
CV	5	7	14	15
RCME	2.831188	0.581485	5.317689	0.458096
Media	57.25	7.9	37.52	3.09
Riegos (r)	16	16	16	16
2R	59.9 a	8.2 a	42.8 a	3.48 a
RPP.	54.6 b	7.7 b	32.2 b	2.71 b

Cuadro VII-10: Biomasa de hojas en semillero a los 43 DDS.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Tratamiento (r)	8	8
Húmicos	60.7 a	6.55 a
Malla	59.7 a	6.67 a
Lana	59.6 a	6.49 a
Testigo	54.8 a	5.81 a
Estadísticos		
R-cuadrado	0.35	0.33
CV	17	17
RCME	9.908372	1.077727
Media	58.69	6.38
Riegos (r)	16	16
2R	63.5 a	6.82 a
RPP.	53.8 b	5.94 b

Cuadro VII-11: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 43 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Tratamiento (r)	8	8	8	8
Lana	104.5 a	10.00 a	11.2 b	1.22 b
Húmicos	101.9 a	10.03 a	10.8 b	1.20 b
Malla	94.8 a	9.94 a	14.6 a	1.64 a
Testigo	91.7 a	8.99 a	11.6 b	1.21 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.45	0.37	0.70	0.67
CV	16	16	12	13
RCME	15.775201	1.597787	1.433547	0.170104
Media	98.22	9.74	12.06	1.32
Riegos (r)	16	16	16	16
2R	108.4 a	10.58 a	12.7 a	1.36 a
RPP.	88.0 b	8.90 b	11.5 b	1.28 b

Cuadro VII-12: Biomasa total en semillero y parámetros adicionales a los 43 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Tratamiento (r)	8	8	8	8
Lana	115.7 a	11.23 a	8.25 a	9.7 c
Húmicos	112.8 a	11.24 a	8.46 a	10.0 b
Malla	109.3 a	11.58 a	6.12 b	10.6 a
Testigo	103.3 a	10.20 a	7.52 a b	9.9 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.45	0.40	0.44	0.87
CV	15	15	19	2
RCME	16.245817	1.626642	1.475035	0.179408
Media	110.28	11.06	7.59	10.04
Riegos (r)	16	16	16	16
2R	121.1 a	11.94 a	8.1 a	9.8 b
RPP.	99.5 b	10.18 b	7.1 b	10.2 a

Cuadro VII-13: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 47 DDS.

Tratamiento	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Tratamiento (r)	12	12	12	12
Lana	71.0 a	9.1 a	54.7 a	5.99 a
Húmicos	71.9 a	9.0 a	50.4 a b	5.49 a b
Testigo	68.7 a	9.1 a	46.9 b c	5.29 b
Malla	64.7 b	9.2 a	44.2 c	5.11 b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.46	0.32	0.52	0.53
CV	7	7	13	14
RCME	4.832292	0.629418	6.534316	0.775843
Media	69.07	9.1	49.04	5.47
Riegos (r)	24	24	24	24
2R	71.2 a	9.5 a	53.5 a	6.13 a
RPP.	67.0 b	8.7 b	44.6 b	4.80 b

Cuadro VII-14: Biomasa de hojas y altura de primera inflorescencia en semillero a los 47 DDS.

Tratamiento	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Altura primera inflorescencia (cm)
Tratamiento (r)	12	12	12
Lana	84.4 a	10.32 a	54.5 a
Malla	74.3 a	9.41 a b	50.3 b
Húmicos	74.2 a	8.66 b	55.8 a
Testigo	74.1 a	8.97 a b	54.5 a
Estadísticos			
R-cuadrado	0.20	0.27	0.54
CV	15	17	8
RCME	11.835302	1.570198	4.322181
Media	76.76	9.34	53.79
Riegos (r)	24	24	24
2R	79.3 a	9.90 a	57.3 a
RPP.	74.2 a	8.79 b	50.2 b

Cuadro VII-15: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 47 DDS.

Tratamiento	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Tratamiento (r)	12	12	12	12
Lana	150.2 a	17.33 a	14.8 a	1.92 a
Húmicos	132.5 a b	15.03 a	13.3 a	1.74 a
Testigo	128.2 b	15.15 a	13.9 a	1.81 a
Malla	126.8 b	15.53 a	15.4 a	1.99 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.24	0.29	0.21	0.17
CV	16	16	19	18
RCME	21.923523	2.598940	2.786686	0.343391
Media	134.43	15.76	14.32	1.86
Riegos (r)	24	24	24	24
2R	139.9 a	16.9 a	15.3 a	1.96 a
RPP.	128.9 a	14.6 b	13.4 b	1.77 a

Cuadro VII-16: Biomasa total en semillero y parámetros adicionales a los 47 DDS.

Tratamiento	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
Tratamiento (r)	12	12	12	12
Lana	166.3 a	19.37 a	9.13 a	11.7 b
Húmicos	148.7 a b	17.05 a	9.19 a	11.5 b
Malla	140.9 b	17.30 a	7.87 a	12.2 a
Testigo	139.5 b	16.72 a	8.20 a	11.9 a b
Estadísticos				
R-cuadrado	0.29	0.31	0.16	0.55
CV	16	16	20	4.23
RCME	23.84514083	2.851838	1.706898	0.501747
Media	148.84	17.61	8.60	11.84
Riegos (r)	24	24	24	24
2R	155.1 a	18.91 a	8.84 a	12.2 a
RPP.	142.6 a	16.31 b	8.35 a	11.5 b

7.7 ANEXO II. GRÁFICOS

Gráfico VII-1: Evolución de la altura de planta en semillero. A) tratamientos B) Frecuencias de riego

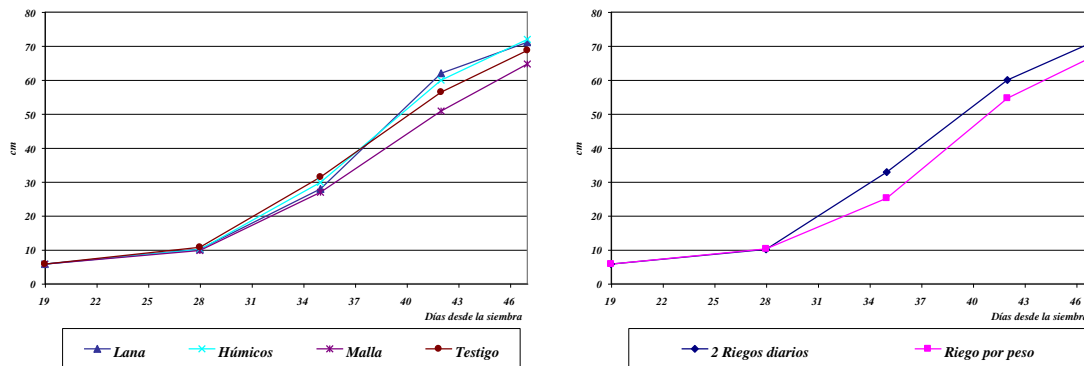


Gráfico VII-2: Evolución de la biomasa aérea en semillero. A) tratamientos B) Frecuencias de riego

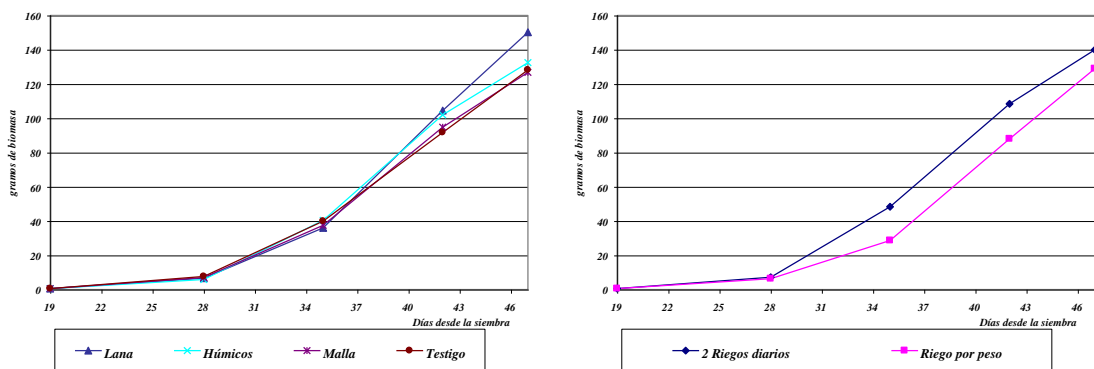
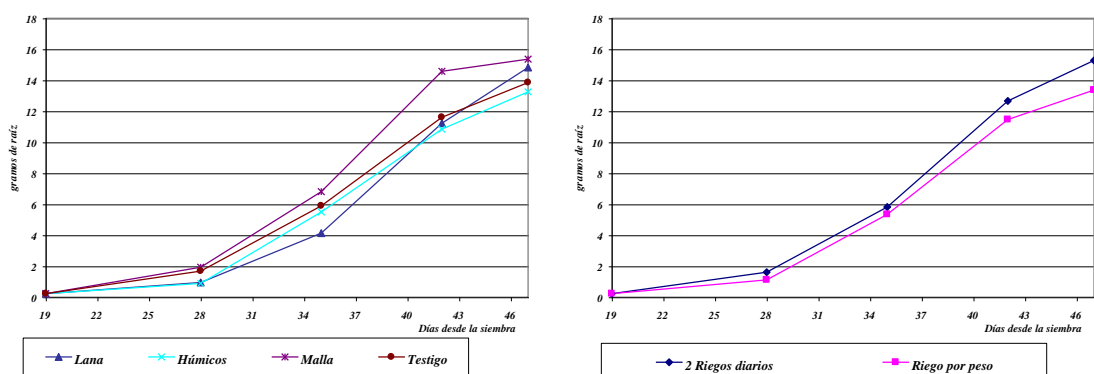


Gráfico VII-3: Evolución de la biomasa radical en semillero. A) tratamientos B) Frecuencias de riego



Capítulo VII. Técnicas para favorecer el desarrollo radical

Gráfico VII-4: Evolución de la biomasa total en semillero. A) tratamientos B) Frecuencias de riego

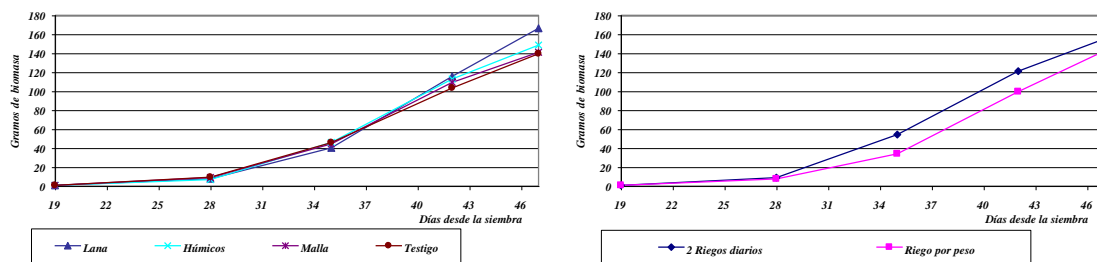
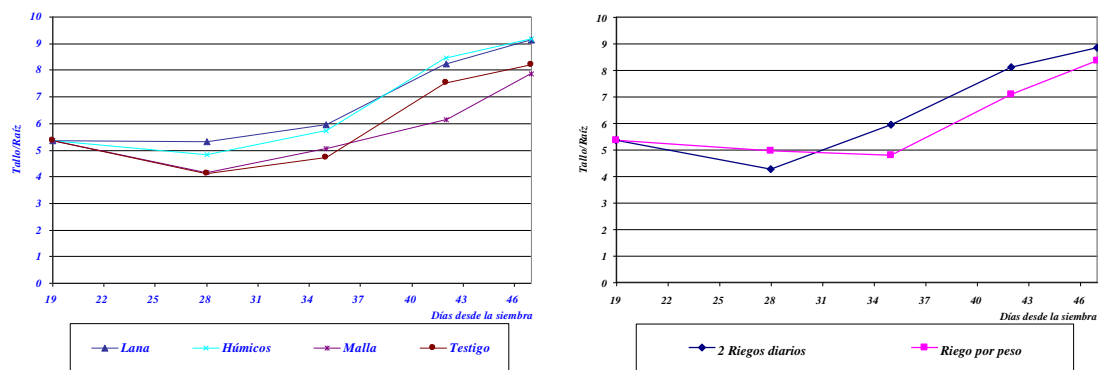


Gráfico VII-5: Evolución de la relación vástago/raíz en semillero. A) tratamientos B) Frecuencias de riego



CAPÍTULO VIII

TÉCNICAS PARA OBTENER UNA PLÁNTULA RETACONA

8. Técnicas para obtener una plántula retacona

8.1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los trabajos programados en la presente Tesis, posibilitaron el conocimiento de técnicas que pueden mejorar las características de las plántulas, a saber, buen desarrollo radical y tallo robusto, que se intentaron evaluar para la comprobación de sus efectividades. La forma de colocar el microplug dentro del taco de lana de roca puede mejorar el desarrollo radical y fue uno de los elementos ensayados, de la cual no se han encontrado referencias bibliográficas, y su práctica se conoce por conversaciones con profesionales que trabajan en la actividad.

Otro aspecto es el referente al acondicionamiento mecánico (MA), buscando una plántula robusta y de menor altura, utilizando la técnica del cepillado, de la cual existe una vasta bibliografía citada en los antecedentes, siendo la específica en este caso la descrita para tomate por Garner y Björkman (1996). La otra técnica que se ensayó conjuntamente con éstas, fue la de las sustancias húmicas (SH), que como se vio en el capítulo V, producía una menor altura en la inserción de la primer inflorescencia.

La finalidad del presente ensayo fue evaluar nuevas técnicas aportadas por la bibliografía y validar resultados anteriores para obtener una plántula adulta y retacona, buscando mejores condiciones de éxito en el transplante cuando se alcance la segunda floración.

8.2 OBJETIVOS

1. Determinar la formación de raíces con distintos tratamientos y su influencia en la generación de biomasa total de la plántula.
2. Determinar si en el taco de lana de roca, el agregado de sustancias húmicas promueven una mayor formación de raíces.
3. Analizar la influencia de distintas formas de repicado en la formación de raíces y en la altura de planta.
4. Evaluar la técnica de cepillado para reducir la altura de la plántula sin detrimento de la producción de biomasa.

8.3 MATERIAL Y MÉTODOS

La localización de los ensayos, datos generales de clima, infraestructura, semillero y solución nutritiva están expuestos en el capítulo II sobre material y métodos generales a todos los ensayos.

8.3.1 Calendario

El ensayo se sembró el día 30 de marzo de 2000. Se utilizó el cultivar de tomate *Radja*, sembrándose en bandejas de 240 celdas con microplug de lana de roca de 5 cc. El repicado se realizó el 18 de abril de 2000. Se realizaron tres evaluaciones, la primera en el momento del repicado (para la confección de gráficos), y otras dos con fechas: 2/5/00 y 19/5/00.

El tratamiento de cepillado comenzó el 20/4 a los dos días luego del repicado y se realizó durante diez días consecutivos. Dos días después se realizó la evaluación de biomasa.

8.3.2 Tratamientos utilizados

Una descripción más detallada de los mismos se encuentra en el capítulo II. En todos los casos se colocaron dos plantas por tacos de lana de roca.

Primer factor: Posición del microplug dentro del taco.

1. **VERTICAL** (Testigo): En este caso, el repicado se efectuó en forma vertical, conservando la misma posición tal cual estaba la planta en la bandeja de microplug.
2. **ACOSTADO**: En este caso, se dio media vuelta el microplug al introducirlo en el taco.
3. **INVERTIDO**: En este caso, se colocó el microplug al revés, torciendo totalmente el tallo, para forzar aún más la formación de raíces.

Segundo factor: Colocación de sustancias húmicas (SH).

18. **TESTIGO**: Sin SH en el taco.
19. **HÚMICOS**: En este tratamiento, a un plantel de tacos se les efectuó el riego inicial para humedecimiento y regulación del pH con una solución nutritiva similar a la utilizada en el resto, con el agregado de SH, a una concentración de 2.5ml de producto comercial por litro de solución nutriente.

Tercer factor: Acondicionamiento mecánico (MA).

1. **TESTIGO**: Sin cepillado.
2. **CEPILLADO**: A las plantas bajo este tratamiento, se les efectuaron 20 pasadas consecutivas con una plancha de poliestireno expandido de 36 * 9.5 * 1.5 cm, de ida y vuelta, en forma suave, dos veces diarias desde el momento en que la altura del canopeo fue de 8 cm y durante 10 días (Garner y Björkman, 1996).

8.3.3 Densidad de plantas en semillero.

Se comenzó el trabajo con una densidad de 40 plantas por metro cuadrado, llevándose a la mitad con fecha 1/5/2000, por estimarse que ese manejo sería razonable en una producción comercial.

8.3.4 Variables Analizadas.

En el análisis de biomasa se tomaron los siguientes datos:

- Largo y diámetro del tallo.
- Peso fresco y seco de tallo.
- Peso fresco y seco de hojas.
- Altura de la primer floración.
- Peso fresco y seco de inflorescencias.
- Peso fresco y seco de brotes laterales.
- Peso fresco y seco de raíz.

Con estos datos se obtuvo a su vez la biomasa aérea y la biomasa total, la relación peso seco de la parte aérea con respecto al peso seco de raíz (relación vástago/raíz) y el porcentaje de peso seco total de la plántula.

8.3.5 Diseño Experimental y Modelo Estadístico.

El diseño utilizado fue un factorial con tres factores, uno a tres niveles y los otros dos a dos niveles cada uno. En este caso se colocaron en la zona central del semillero, en la balsa en la que se realizaron los riegos por pesada de tacos, y se pusieron por grupos de combinaciones de tratamientos, con 20 tacos por combinación. Para las evaluaciones se tomaron 2 tacos (4 plantas) por combinación de tratamientos al azar dentro de cada grupo de plantas. El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \theta_j + \varphi_k + \rho\theta_{ij} + \rho\varphi_{ik} + \theta\varphi_{jk} + \rho\theta\varphi_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

donde:

- Y_{ijk} = l-ésima observación en la Posición i, con los Húmicos j y el Cepillado k
- μ = Media poblacional
- ρ_i = Efecto de la posición i
- θ_j = Efecto de las sustancias húmicas en el nivel j
- φ_k = Efecto del cepillado en el nivel k
- $\rho\theta_{ij}$ = Interacción Posición*Húmicos
- $\rho\varphi_{ik}$ = Interacción Posición*Cepillado
- $\theta\varphi_{jk}$ = Interacción Húmicos*Cepillado
- $\rho\theta\varphi_{ijk}$ = Interacción de los tres factores
- ε_{ijkl} = Error experimental

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el procedimiento General Lineal (PROC GLM) del programa estadístico SAS (SAS Institute, 1998). Para la comparación de medias, se utilizó el test de Duncan, por ser uno de los más equilibrados con respecto a

probabilidad de cometer error de tipo I y error de tipo II, al trabajar con varios tratamientos.

8.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación realizada a los 14 días del repicado se muestra en los cuadros VIII-1 a VIII-4. Para el análisis del primer factor (posición), se observa que existe diferencia significativa entre el vertical y el invertido en la altura total y altura de inserción del primer racimo floral, aunque en el resto de variables de la parte aérea no existen diferencias significativas. Ahora bien, en la producción de biomasa de raíz el tratamiento vertical tuvo menor producción que los otros dos, siendo las diferencias estadísticamente significativas. Esto indicaría que en esta primera instancia de crecimiento, el tratamiento vertical tuvo mayor altura sin diferencia en peso de biomasa aérea y menor crecimiento en raíz. Este hecho a su vez, se ve reflejado en una mayor proporción vástago/raíz.

El análisis del mismo factor en la última evaluación, realizada a los 31 días del repicado (cuadros VIII-5 a VIII-8), muestra que no existe diferencia en la biomasa aérea pero sí en la altura de planta, donde el Testigo Vertical tiene menor altura que el Acostado. A su vez, existe diferencia en el peso seco de raíces, siendo los tratamientos Acostado e Invertido los de mayor valor. Este mayor crecimiento en la raíces, observado ya en la evaluación anterior, podría ser la causa de la mayor altura de planta y del mayor peso fresco observado en los tratamientos Acostado y Vertical.

La escasa bibliografía encontrada sobre el tema indica que al colocar la pequeña plántula de pimiento proveniente del microplug algo sumergida, logra mejores condiciones de crecimiento (Vavrina *et al.*, 1994). La observación realizada al desmenuzar los tacos es que había mayor proporción de raíces en la zona basal y no en la porción adicional de tallo sumergido. Según Zobel (1975), las raíces que se forman en la región que comprende el centímetro inferior del hipocótilo y el cm superior de la raíz primaria son denominadas raíces basales. Si bien Stoffella (1993) determinó que en tomate la mayor proporción de raíces procede de esa zona, en el caso del tratamiento Acostado se hace visible este hecho, sin notarse visualmente proliferación en la franja superior, donde se forman las raíces adventicias (Foto VIII-1).

El hecho de la producción de raíces diferenciadas hacia la zona basal, explicaría porque el tratamiento invertido no muestra mayor crecimiento, ya que en los centímetros adicionales que se sumerge la plántula (que ya no es región basal), no se producen raíces adventicias. La diferencia observada en el crecimiento radical lleva a que los tratamientos Acostado e Invertido tengan mayor crecimiento aéreo (en gramos de biomasa verde), superando al testigo en altura total, sin influir en la altura del primer racimo floral. El tratamiento Invertido no produjo mayor cantidad de raíces que el acostado, ni tuvo

diferencia en otros parámetros. Por lo tanto, además de correr el riesgo de roturas al realizarlo no tendría ninguna ventaja adicional.

El segundo factor analizado (Húmicos), no presentó diferencias significativas en la mayor parte de los parámetros analizados en ninguna de las dos evaluaciones. Solamente se encontró diferencias en la segunda evaluación con respecto al diámetro del tallo a favor de los Húmicos. También se encontraron interacciones significativas (Húmicos*Cepillado) en la longitud del tallo y en peso fresco de la biomasa aérea, que serán discutidas más adelante.

El tercer factor analizado (el cepillado) presentó diferencias significativas en todas las variables estudiadas en la evaluación realizada a los dos días de finalizado el tratamiento (cuadros VIII-1 a VIII-4), con menor crecimiento en altura y menor producción de biomasa. Esto muestra que mientras se realiza el cepillado, se produce una detención del crecimiento.

La siguiente evaluación se muestra en los cuadros VIII-5 a VIII-8, y fue realizada a los 53 DDS, y a 20 días del final del cepillado. Se observa como se mantiene la menor altura de planta con diferencia significativa, pero no así el peso fresco y seco, tanto de tallo y hojas, en que no hay diferencias. El efecto sobre la plántula se puede ver en la foto VIII-2. La menor altura sin cambios en la biomasa aérea producida por el Cepillado ha sido demostrada por distintos autores (Garner y Björkman, 1996; Mitchel *et al.*, 1975). La biomasa de raíz tuvo una menor producción en el tratamiento Cepillado. Este hecho está citado en pocos trabajos (Latimer, 1990; Johjima *et al.*, 1992), aunque Adler y Wilcox (1987), no encontraron diferencias en el desarrollo radical.

Como se mencionó precedentemente, se encontraron interacciones significativas (Húmicos*Cepillado) en la longitud del tallo y en peso fresco de la biomasa aérea en la última evaluación. Por lo tanto, en los cuadros VIII-5 a VIII-8 se agregaron los análisis de varianza de las componentes simples de Húmicos y Cepillado para observar mejor las interacciones. Los análisis muestran que Húmicos fue el de mayor altura, difiriendo significativamente del resto de tratamientos, pero en combinación con el Cepillado es el de menor altura, difiriendo a su vez, del resto. La siguiente interacción es en el diámetro, en que el tratamiento Cepillado solo difiere significativamente del tratamiento combinado Húmicos*Cepillado. Los valores de biomasa muestran que el agregado de SH produce mayor peso fresco y peso seco, con o sin cepillado. En la altura de la primer inflorescencia se repite el caso considerado para la altura total, con la diferencia que aquí, el tratamiento de Cepillado por sí solo difiere del testigo.

Con respecto a las interacciones en la raíz, el Cepillado, actuando solo, tiene menor crecimiento radical, difiriendo del Testigo, pero en combinación con Húmicos, no difiere

del Testigo. Esto indicaría que el efecto de menor crecimiento radical producido por el Cepillado, es contrarrestado por el desarrollo que le confieren las SH.

Los gráficos se han independizado para cada factor analizado en: A) posición del microplug; B) la presencia o no de SH y C) cepillado. Esta separación se ha realizado para una mejor visualización de los efectos. Los gráficos señalados con (a), muestran cómo al comienzo el tratamiento Vertical tiene mayor altura y biomasa aérea y, al final el predominio en estos dos parámetros se da en el tratamiento Acostado. El desarrollo de raíces es claramente menor desde el comienzo en el tratamiento vertical, mientras que en el Invertido no difiere del Acostado. En la relación vástago/raíz se ve claramente el predominio del tratamiento Acostado.

Los gráficos correspondientes a las sustancias húmicas (b) muestran una mayor producción de biomasa aérea y radical, sin influir notablemente en la altura ni en la relación vástago/raíz.

Por último, el efecto más notorio en el crecimiento está con el tratamiento de Cepillado (c) donde la diferencia en altura es muy marcada, sin obtener grandes cambios hacia el final en la biomasa. En el gráfico VIII-2 (c) se puede ver cómo las plántulas tratadas tienen menor biomasa al principio y luego superan levemente al testigo, confirmando esto, las observaciones de otros autores (Garner y Björkman, 1996).

El MA, y más precisamente el Cepillado, ha sido propuesta para reducir crecimiento en vez del uso del CCC (Cloruro de Cloromequat) (Adler y Wilcox, 1987), y se está tendiendo a su mecanización (Heuchert y Mitchel, 1983), ya que los beneficios adicionales, como ser menor incidencia de plagas (Latimer y Oetting, 1994) y mayor resistencia al estrés de transplante (Johjima *et al.*, 1992), son muy interesantes y por lo tanto, la convierten en una técnica promisoría.

8.5 CONCLUSIONES.

El presente ensayo mostró diferentes relaciones entre el crecimiento radical y aéreo. En el tratamiento Acostado se observó una proliferación de raíces en la zona basal, permitiendo un mejor arraigue y un mayor crecimiento total de la planta. El tratamiento Invertido no mejoró esta situación, pues no se observaron raíces en la porción de tallo adicional introducida en el taco de lana de roca, según se observa en la foto VIII-1. Las SH y el Cepillado mostraron interacciones en el crecimiento radical. La menor producción de raíces del tratamiento cepillado se ve compensado con el agregado de SH, las cuales mejoraron el crecimiento radical en las plantas cepilladas.

Las SH, si bien en el análisis global no mostró diferencias significativas, se observó una fuerte interacción con el Cepillado dando menor altura de planta, mayor diámetro,

mayor biomasa aérea y contrarresta el efecto detrimental del cepillado en el desarrollo radical.

La influencia de la forma de repicado en el crecimiento total de la planta ha sido notoria, si bien, los 2 centímetros que se profundizan al colocar el microplug acostado, no se ven reflejados en la altura total de la planta ni en la altura de inserción de la primer floración. El mejor arraigue en el taco de lana de roca del tratamiento acostado se vio reflejado en un mejor crecimiento de la planta. En este caso, podemos decir que “la experimentación confirmó que las prácticas establecidas son apropiadas” (Cooper, 1967).

El Cepillado redujo la altura de la plántula en aproximadamente 7 cm (lo que equivale a un 8.5%), sin observarse disminución en el peso seco total hacia el final del ensayo. Su interacción con las SH produjo menor altura, mayor biomasa aérea y un mayor desarrollo radical.

8.6 ANEXO I. CUADROS

Cuadro VIII-1: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 35 DDS.

Factor	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
• Nivel				
Posición (r)	16	16	16	16
• Vertical	17.8 a	6.4 a	4.8 a	0.34 a
• Acostado	17.3 a b	6.4 a	4.7 a	0.33 a
• Invertido	16.4 b	6.4 a	4.6 a	0.29 a
Húmicos (r)	24	24	24	24
• Sí	17.2 a	6.4 a	4.7 a	0.32 a
• No	17.2 a	6.4 a	4.6 a	0.32 a
Cepillado (r)	24	24	24	24
• Sí	13.0 b	6.1 b	3.2 b	0.21 b
• No	21.4 a	6.7 a	6.2 a	0.42 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.94	0.44	0.85	0.77
CV	7	7	16	21
RCME	1.224745	0.454835	0.755581	0.067118
Media	17.2	6.4	4.68	0.32

Cuadro VIII-2: Biomasa de hojas y altura de primer inflorescencia en semillero a los 35 DDS.

Factor	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Altura primer inflorescencia (cm)
• Nivel			
Posición (r)	16	16	16
• Vertical	12.6 a	1.24 a	17.6 a
• Acostado	13.4 a	1.34 a	17.1 a b
• Invertido	13.6 a	1.33 a	16.4 b
Húmicos (r)	24	24	24
• Sí	13.3 a	1.31 a	17.0 a
• No	13.0 a	1.28 a	17.0 a
Cepillado (r)	24	24	24
• Sí	11.1 b	1.10 b	13.0 b
• No	15.2 a	1.50 a	21.1 a
Estadísticos			
R-cuadrado	0.52	0.38	0.94
CV	20	28	7
RCME	2.594666	0.359153	1.160699
Media	13.18	1.30	17.04

En todos los cuadros, se utilizarán las siguientes abreviaturas:

- CV Coeficiente de variación.
- RCME Raíz cuadrada media del error.
- r indica el número de repeticiones por tratamiento con que se efectuó el análisis de medias.

A su vez, en las comparaciones de tratamientos, las medias seguidas por igual letra no difieren entre sí, según test de rangos múltiples de Duncan con un 5 % de significancia.

Cuadro VIII-3: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 35 DDS.

Factor	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
• Nivel	16	16	16	16
Posición (r)	16	16	16	16
• Vertical	17.3 a	1.57 a	1.5 b	0.33 b
• Acostado	18.1 a	1.66 a	2.2 a	0.40 a
• Invertido	18.1 a	1.61 a	2.2 a	0.44 a
Húmicos (r)	24	24	24	24
• Sí	18.0 a	1.63 a	1.8 b	0.38 a
• No	17.7 a	1.61 a	2.1 a	0.40 a
Cepillado (r)	24	24	24	24
• Sí	14.3 b	1.31 b	1.6 b	0.30 b
• No	21.4 a	1.92 a	2.3 a	0.48 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.64	0.47	0.85	0.80
CV	19	25	17	16
RCME	3.314111	0.406038	0.328165	0.06500534
Media	17.85	1.62	1.94	0.39

Cuadro VIII- 4: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 35 DDS.

Factor	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
• Nivel	16	16	16	16
Posición (r)	16	16	16	16
• Vertical	18.8 a	1.90 a	4.9 a	10.2 a
• Acostado	20.3 a	2.07 a	4.2 b	10.2 a
• Invertido	20.3 a	2.06 a	3.8 b	10.2 a
Húmicos (r)	24	24	24	24
• Sí	19.8 a	2.01 a	4.4 a	10.1 a
• No	19.8 a	2.01 a	4.2 a	10.2 a
Cepillado (r)	24	24	24	24
• Sí	15.9 b	1.62 b	4.5 a	10.2 a
• No	23.7 a	2.40 a	4.1 a	10.2 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.66	0.55	0.49	0.22
CV	18	22	20	11
RCME	3.517699	0.446431	0.871501	1.134803
Media	19.80	2.01	4.29	10.18

Cuadro VIII-5: Dimensiones y biomasa del tallo en semillero a los 53 DDS.

Factor	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
• Nivel				
Posición (r)	16	16	16	16
• Vertical	69.4 b	9.1 a	49.3 b	5.40 a
• Acostado	72.9 a	8.9 a b	54.4 a	5.69 a
• Invertido	72.5 a b	8.7 b	53.1 a b	5.62 a
Húmicos (r)	24	24	24	24
• Sí	72.3 a	9.0 a	53.8 a	5.7 a
• No	71.0 a	8.8 b	50.7 a	5.4 a
Cepillado (r)	24	24	24	24
• Sí	68.4 b	8.9 a	52.5 a	5.53 a
• No	74.8 a	8.9 a	52.1 a	5.62 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.52	0.29	0.31	0.14
CV	7	6	14	15
RCME	5.042321	0.489983	7.378686	0.823649
Media	71.63	8.9	52.28	5.58
Interacción (r)	12	12	12	12
Testigo	71.0 b	0.88 a b	45.9 b	5.22 b
Húmicos	77.4 a	0.89 a b	56.6 a	5.87 a
Cepillado	70.9 b	0.87 b	53.1 a	5.51 a b
Húmicos*Cepillado	66.2 c	0.91 a	50.0 a b	5.39 a b

Cuadro VIII-6: Biomasa de hojas y altura de primer inflorescencia en semillero a los 53 DDS.

Factor	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Altura primer inflorescencia (cm)
• Nivel			
Posición (r)	16	16	16
• Vertical	81.5 b	9.21 a	45.8 a
• Acostado	92.2 a	10.07 a	46.0 a
• Invertido	89.5 a b	9.92 a	46.4 a
Húmicos (r)	24	24	24
• Sí	90.5 a	10.08 a	46.8 a
• No	85.0 a	9.39 a	45.4 a
Cepillado (r)	24	24	24
• Sí	87.9 a	9.95 a	41.3 b
• No	87.5 a	9.51 a	50.9 a
Estadísticos			
R-cuadrado	0.20	0.16	0.68
CV	16	17	9
RCME	14.018265	1.622331	4.157323
Media	87.73	9.73	46.12
Interacción (r)	12	12	12
Testigo	80.9 b	8.86 b	48.2 b
Húmicos	92.3 a	9.95 a	54.2 a
Cepillado	84.6 a b	9.41 a b	43.0 c
Húmicos*Cepillado	89.9 a	10.36 a	39.9 c

Capítulo VIII. Técnicas para obtener una plántula retacona

Cuadro VIII-7: Biomasa aérea y de raíz en semillero a los 53 DDS.

Factor	Biomasa aérea		Biomasa de raíz	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
• Nivel	16	16	16	16
Posición (r)	16	16	16	16
• Vertical	151.3 a	16.80 a	9.2 a	1.33 b
• Acostado	167.8 a	17.86 a	10.5 a	1.54 a
• Invertido	164.2 a	17.74 a	10.7 a	1.61 a
Húmicos (r)	24	24	24	24
• Sí	166.8 a	18.12 a	10.5 a	1.54 a
• No	155.3 a	16.81 a	9.8 a	1.44 a
Cepillado (r)	24	24	24	24
• Sí	164.6 a	18.03 a	9.0 b	1.39 b
• No	157.5 a	16.90 a	11.3 a	1.59 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.20	0.14	0.38	0.37
CV	17	17	22	17
RCME	27.629875	3.012247	2.240045	0.259914
Media	161.07	17.47	10.15	1.49
Interacción (r)	12	12	12	12
Testigo	141.9 b	15.59 b	11.2 a	1.57 a
Húmicos	167.5 a	17.54 a	11.3 a	1.61 a
Cepillado	160.6 a	17.22 a	8.5 b	1.31 b
Húmicos*Cepillado	164.1 a	18.45 a	9.6 a b	1.48 a b

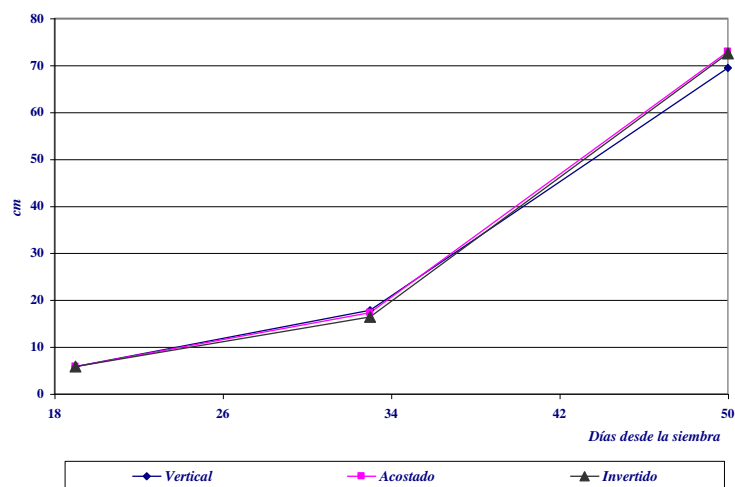
Cuadro VIII- 8: Biomasa total y parámetros adicionales en semillero a los 53 DDS.

Factor	Biomasa total		Parámetros adicionales	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Vástago/raíz	% de peso seco
• Nivel	16	16	16	16
Posición (r)	16	16	16	16
• Vertical	156.2 a	17.73 a	12.76 a	11.39 a
• Acostado	173.8 a	18.90 a	11.31 a	10.88 b
• Invertido	176.0 a	19.46 a	11.23 a	11.06 b
Húmicos (r)	24	24	24	24
• Sí	176.3 a	19.54 a	11.87 a	11.1 a
• No	161.1 a	17.84 a	11.66 a	11.1 a
Cepillado (r)	24	24	24	24
• Sí	171.4 a	19.23 a	13.00 a	11.2 a
• No	166.0 a	18.16 a	10.54 b	11.0 a
Estadísticos				
R-cuadrado	0.25	0.19	0.44	0.62
CV	18	18	18	3
RCME	29.913685	3.303649	2.075351	0.378961
Media	168.68	18.69	11.77	11.11
Interacción (r)	12	12	12	12
Testigo	153.1 b	17.16 b	10.0 b	11.2 a b
Húmicos	178.9 a	19.15 a	11.1 b	10.7 c
Cepillado	169.1 a	18.53 a b	13.3 a	10.9 b c
Húmicos*Cepillado	173.7 a	19.94 a	12.7 a	11.5 a

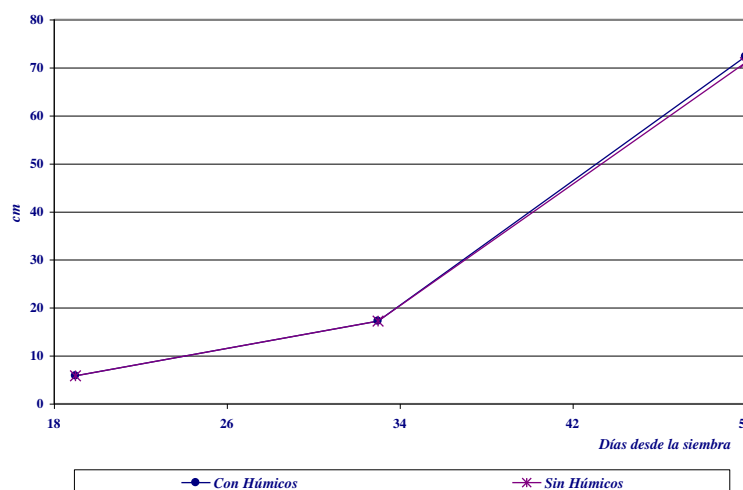
8.7 ANEXO II. GRÁFICOS

Gráfico VIII-1: Evolución de la altura de plantas. A) Por posición. B) Por húmicos. C) Por cepillado.

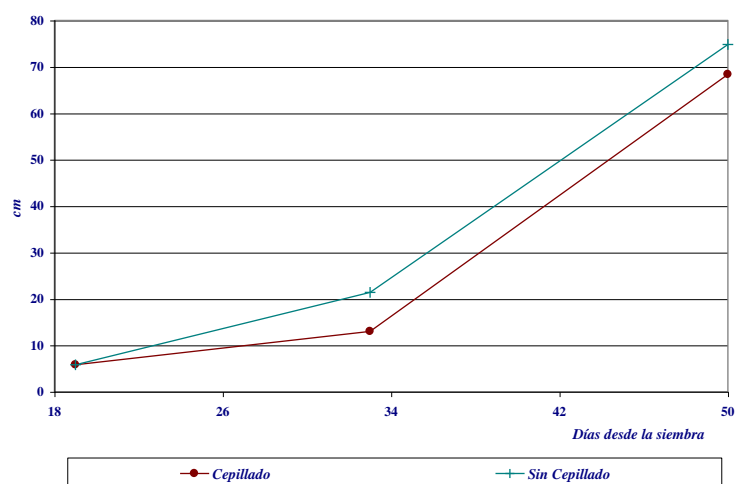
A) Por posición.



B) Por húmicos.



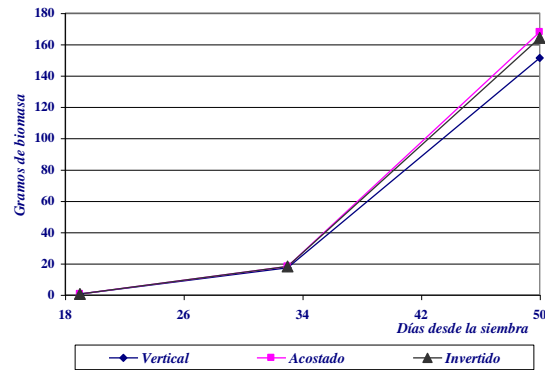
C) Por cepillado.



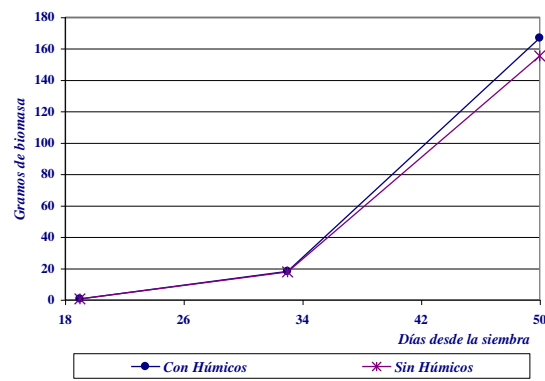
Capítulo VIII. Técnicas para obtener una plántula retacona

Gráfico VIII-2: Evolución de la biomasa aérea. A) Por posición. B) Por húngicos. C) Por cepillado.

A) Por posición.



B) Por húngicos.



C) Por cepillado.

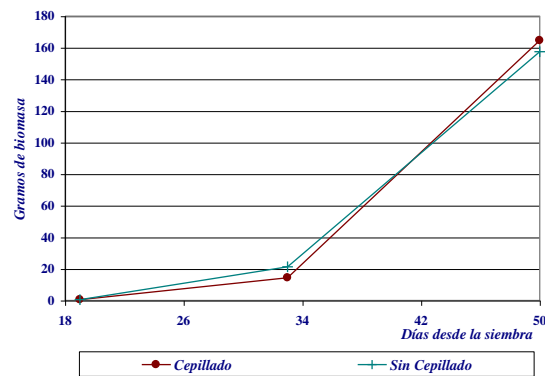
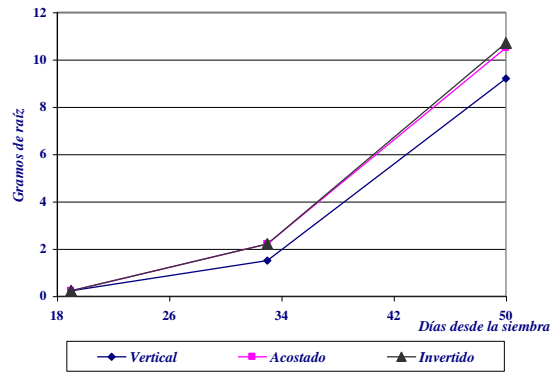
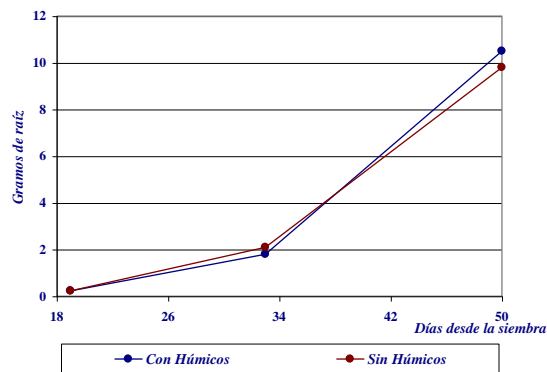


Gráfico VIII-3: Evolución de la biomasa radical. A) Por posición. B) Por húngicos. C) Por cepillado.

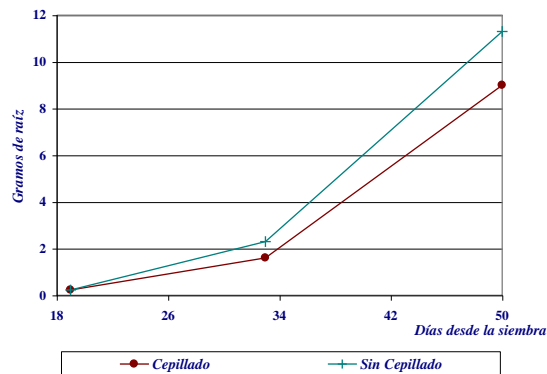
A) Por posición.



B) Por húngicos.



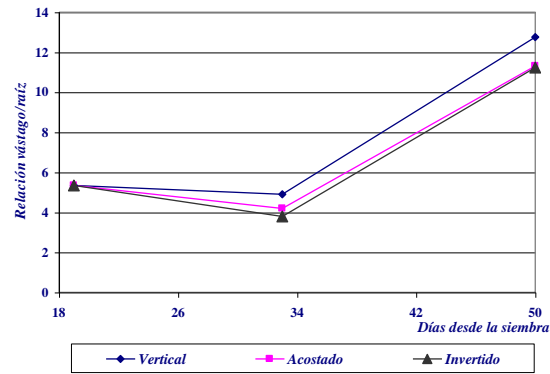
C) Por cepillado



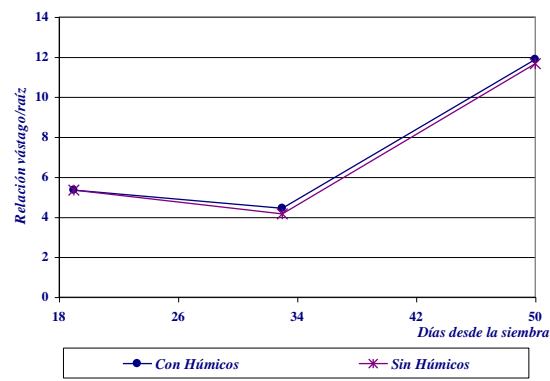
Capítulo VIII. Técnicas para obtener una plántula retacona

Gráfico VIII-4: Evolución de la relación vástago/raíz. A) Por posición. B) Por húmicos. C) Por cepillado.

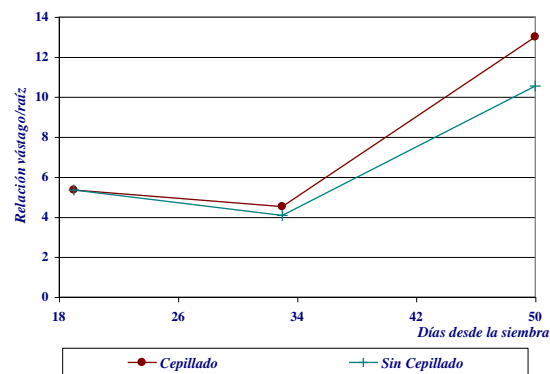
A) Por posición.



B) Por húmicos.



C) Por cepillado.



8.8. ANEXO III. FOTOGRAFÍAS

Foto VIII-1: Desarrollo de raíces en los tratamientos según posición.



Foto VIII-2: Efecto del cepillado.



CAPÍTULO IX

OPTIMIZACIÓN DE LA DENSIDAD EN SEMILLERO

9. OPTIMIZACIÓN DE LA DENSIDAD EN SEMILLERO

9.1 INTRODUCCIÓN

La demora de una plántula en el semillero tiene el inconveniente de necesitar mayor espacio para el buen desarrollo. Por lo tanto se debe precisar la densidad que se utilizará. Este aspecto es importante pues de él dependerá la altura de la planta resultante, como así también la altura de la primer floración, el riesgo de volteo y de quiebre, el ahilamiento del tallo y la facilidad o no del trabajo posterior al momento del transplante.

El presente ensayo evalúa distintas densidades con el fin de conocer su óptimo para obtención de plántulas adultas y manejables sin necesidad de tutores y, además establecer el momento de separarlas utilizando el número de hojas como parámetro indirecto de la radiación interceptada.

9.2 OBJETIVOS

1. Precisar las densidades de plántulas más conveniente a colocar en semillero.

9.3 MATERIAL Y METODOS

La localización de los ensayos, datos generales de clima, infraestructura, semillero y solución nutritiva están expuestos en el capítulo II sobre los materiales y métodos generales a todos los ensayos.

9.3.1 Calendario

El ensayo se sembró el día 30 de marzo de 2000. Se utilizó el cultivar de tomate *Radja*, sembrándose en bandejas de poliestireno expandido con 240 celdas con microplug de lana de roca de 5 cm³. El repicado se realizó el 17 de abril de 2000. Se realizaron evaluaciones semanales en las que se medía primeramente la radiación interceptada y posteriormente se realizaba la evaluación de biomasa aérea. Las fechas de evaluación fueron: 18/4; 25/4; 2/5; 9/5 y 16/5, que corresponden al momento del repicado y 8,15, 22 y 29 días después del repicado, y con 2, 5, 8, 10 y 12 hojas respectivamente.

9.3.2 Tratamientos utilizados

En este caso, las diferencias entre tratamientos son solamente la disposición que tuvieron dentro de la balseta los grupos de plantas. En todos los casos se colocaron dos plantas por taco de lana de roca. Las distancias se expresan de centro a centro de taco.

1. Densidad 1: 60 pl/m². Distancia entre filas: 20 cm. Distancia entre tacos: 16.6 cm.
2. Densidad 2: 52 pl/ m². Distancia entre filas: 20 cm. Distancia entre tacos: 19.2 cm.

3. Densidad 3: 44 pl/m². Distancia entre filas: 20 cm. Distancia entre tacos: 22.7 cm.
4. Densidad 4: 36 pl/m². Distancia entre filas: 20 cm. Distancia entre tacos: 27.8 cm.
5. Densidad 5: 30 pl/m². Distancia entre filas: 20 cm. Distancia entre tacos: 33.3 cm.
6. Densidad 6: 26 pl/m². Distancia entre filas: 30 cm. Distancia entre tacos: 25.3 cm.
7. Densidad 7: 22 pl/m². Distancia entre filas: 30 cm. Distancia entre tacos: 30.3 cm.
8. Densidad 8: 18 pl/m². Distancia entre filas: 30 cm. Distancia entre tacos: 37.0 cm.
9. Densidad 9: 14 pl/m². Distancia entre filas: 30 cm. Distancia entre tacos: 47.6 cm.

9.3.3 Variables Analizadas

En el análisis de biomasa se tomaron los siguientes datos:

- Largo y diámetro del tallo.
- Peso fresco y seco de tallo.
- Peso fresco y seco de hojas.
- Altura de la primer floración.
- Peso fresco y seco de inflorescencias.
- Peso fresco y seco de brotes laterales.

Con estos datos se obtuvo el valor de biomasa aérea total. En este caso no se realizó estudio de raíz.

- Radiación Interceptada.

9.3.4 Diseño Experimental y Modelo Estadístico.

En este caso para los parámetros de biomasa, se utilizó como unidad experimental una planta, con 4 repeticiones en cada evaluación, por lo tanto no se toma el rendimiento parcelario sino individual. Con esto el diseño utilizado fue completamente aleatorizado, ya que las plantas se tomaban aleatoriamente del grupo que tenía cada densidad.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \delta_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

- Y_{ij} = es una observación con la densidad δ_i en la repetición j .
- μ = Media poblacional
- δ_i = Efecto de la densidad i
- ε_{ij} = Error experimental

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el procedimiento de Análisis de Varianza (PROC ANOVA) del programa estadístico SAS. (SAS Institute, 1998). Para la comparación de medias, se utilizó el test de Duncan, por ser uno de los más equilibrados con respecto a probabilidad de cometer error de tipo I y error de tipo II, al trabajar con muchos tratamientos.

9.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los primeros momentos y hasta los 8 días después del repicado no se observaron diferencias entre los tratamientos. Por eso, la evaluación realizada el 25/4 no se muestra al ser los R-cuadrado muy bajos y las diferencias observadas debidas al error experimental.

En la siguiente evaluación, realizada el 2/5, 14 días después del repicado (33 DDS), se comienza a observar una diferenciación en la altura (Cuadros IX-1 y IX-2). En estas primeras evaluaciones sólo se tomaron las parcelas correspondientes a la mitad más densa, por considerar que en las menos densas no existen diferencias, y como en estas últimas parcelas se contaba con menor número de plantas, se optó dejarlas por razones prácticas.

Los cuadros IX-1 y IX-2 muestran que solamente la altura de la plántula tiene diferencia estadística, donde las parcelas con densidades mayores a 44 pl/m² comienzan a diferenciarse de las parcelas menos densas. En la evaluación anterior no se notó ninguna diferencia y en estos 7 días las 3 parcelas más densas se diferenciaron del resto en altura. En el resto de variables no existen diferencias. Al momento de esta evaluación, las plántulas tenían 8 hojas y la radiación interceptada por la parcela con 36 pl/m² era del 70% de la radiación PAR incidente. Éstos valores pueden resultar provechosos para su utilización práctica, si se pretende realizar una separación en semillero partiendo de una densidad determinada. Por ejemplo, si tomamos el valor de radiación interceptada de 70 % en la parcela de 36 pl/m² y del 80 % para las parcelas con más de 44 pl/m², esto sugiere que para evitar el ahilamiento el porcentaje de interceptación debe ser aproximadamente menor o igual al 75%. Para las parcelas más densas ese valor estaría comprendido entre la 6^a y 7^a hoja, tal como se desprende interpolando en el gráfico IX-1.

Los cuadros IX-3 y IX-4 muestran el análisis de biomasa en la evaluación realizada el día 9/5, a los 21 días de repicado (40 DDS). Aquí la diferenciación en altura es mayor, teniendo la parcela más densa (60 pl/m²) dos veces y media más altura que la menos densa (14 pl/m²). En cuanto al diámetro, la diferenciación no es tan clara, si bien los valores tienden a ser menores en las parcelas más densas, existiendo diferencia significativa entre los extremos. La mayor elongación del tallo se da concomitantemente con un mayor peso fresco y peso seco, siendo las diferencias estadísticas entre las parcelas de menos de 30 pl/m² y la que tienen más de 44 pl/m². En la producción de hojas se observan valores similares en todas las densidades, sin una diferenciación clara. En la biomasa total se da la mayor biomasa individual en las parcelas más densas por el mayor peso que tiene el tallo dentro de esta componente, aunque en peso seco no existe diferencia entre los extremos.

A partir de esta fecha comenzaron a caerse las plántulas de las parcelas de 60 pl/m², seguidas de las de 52, a los dos días las de 44 y el día anterior a la última evaluación se cayeron las plantas de las parcelas de 36 pl/m². Las plantas ya tenían una altura superior a

los 70 cm, lo cual es un indicador práctico de la altura hasta la cual podemos manejar una plántula en semillero sin tutorar.

La última evaluación se realizó sólo con las densidades inferiores a 30 pl/m². Los datos se muestran en los cuadros IX-5 y IX-6, y corresponden a 29 días desde el repicado (47 DDS). En ésta evaluación se observa la diferencia en altura de las parcelas de 30 y 26 pl/m² del resto. El peso seco del tallo no mostró diferencias como ocurrió anteriormente en las parcelas más densas, ni tampoco en el resto de parámetros aéreos analizados. Nuevamente aquí se observó que cuando el porcentaje de interceptación es mayor al 80% existe competencia por luz y comienza la elongación del tallo.

El gráfico IX-1 muestra el porcentaje de radiación interceptada en las parcelas en función del número de hojas. Se colocaron en el gráfico solamente 4 densidades para distinguir las tendencias. Se observa cómo las parcelas con más de 36 pl/ m² rápidamente llegan a valores de interceptación mayor al 80% y con 10 hojas ya la cobertura es casi total, con valores de interceptación cercanos al 100%. También se puede observar que hacia el final del ensayo la parcela con 14 pl/ m² recién estaba en valores de interceptación del 75%, con lo cual todavía estaba en condiciones de seguir en el semillero. Para esa parcela la altura era inferior a los 70 cm antes señalados y un grosor de tallo cercano a los 9 mm, superior a los 7 mm que mostraban las primeras plantas al caerse. El gráfico IX-2 muestra el porcentaje de interceptación en función de la densidad. Se puede observar que hasta el estado de 5 hojas no existen prácticamente diferencias entre las densidades, y a partir de allí se produce el incremento de la interceptación a medida que aumenta la densidad.

Los gráficos IX-3 y IX-4 muestran cómo es el crecimiento en altura en función de las fechas y las densidades. Nótese las diferencias antes apuntadas y que a medida que se prolonga la estadía de las plántulas en el semillero, el crecimiento en altura se dispara, teniendo plantas de difícil manejo. En el gráfico IX-5 se muestra la evolución del diámetro en las distintas parcelas. Las diferencias en este parámetro no son tan marcadas como en el resto. En el gráfico IX-6 se observa la evolución de la biomasa, la cual no es tan marcada como en los otros parámetros.

Vega López *et al.* (1999) dan como orientativo un valor de densidad para plantas de solanáceas con la primera floración cuajada y la segunda incipiente de entre 30 y 60 pl/m², lo cual para un correcto manejo, en tomate debería ser menor, pues sino comienza a comprometerse el rendimiento posterior, tal como lo señala Sayre (1948). Según estos datos para la siembra de primavera y un estado de 12-14 hojas, la densidad sería de 22 pl/m², de ahí considerando mayor radiación en verano podríamos ir a densidades de 26

pl/m² y en invierno, con menor radiación a densidades de 18 pl/m². Estos valores son, evidentemente, tentativos.

9.5 CONCLUSIONES

La observación de los valores aquí obtenidos nos muestra que cuando las plantas llegan a un 75 % de interceptación de la radiación, comienza a producirse competencia por luz y ello conlleva a una mayor elongación del tallo. Este valor, evidentemente no es absoluto, ya que tenemos que considerar que este ensayo se realizó en primavera, siendo generalmente que los semilleros de tomate para Almería se realizan o en invierno (con menor radiación PAR y por ende necesitará mayor espaciamiento para aprovechar la poca luz incidente) o en verano (con mayor nivel de radiación, y se podrá entonces cerrar un poco más).

De todas formas, esta información resulta útil al momento de establecer una densidad tentativa si se pretende llegar a determinado tamaño de plántula en el semillero, expresado con el número de hojas, como así también establecer el momento de abrir si se parte de una doble densidad para llegar a la densidad final realizando una entresaca. A modo de ejemplo, podríamos decir que para siembras de primavera, si se pretende producir plántulas con 12 hojas tendremos que poner a una densidad no superior a 22 pl/m². Si por razones de espacio partimos de 44 pl/m², el momento de abrir sería cuando se llega a las 8 hojas aproximadamente. Si bien, como se vieron en otros ensayos, los trabajos de movimientos en el semillero no son muy convenientes, a veces el problema de espacio o de hacer más eficiente cada metro cuadrado de semillero redunde en un beneficio adicional que es superior al leve detrimento que sufren las plantas por este movimiento.

9.6 ANEXO I. CUADROS

Cuadro IX-1: Dimensiones y biomasa del tallo según densidades a los 33 DDS

Plantas por m ²	Largo	Diámetro	Peso fresco	Peso seco
	(cm)	(mm)	(g)	(g)
60	25.0 a	6.9	7.0 a b	0.37
52	25.8 a	6.8	7.1 a b	0.40
44	24.2 a	6.9	7.3 a	0.43
36	20.8 b	6.6	5.8 b	0.37
30	22.0 b	6.5	6.2 a b	0.38
Estadísticos				
R-cuadrado	0.72	0.13	0.31	0.16
C. V.	6	7	15	15
R. C. M. E.	1.304849	0.4751173	0.980427	0.059469
Media	23.46	6.7	6.65	0.39

Cuadro IX-2: Biomasa de hojas y aérea. Altura de la primer floración. Evaluación efectuada a los 33 DDS.

Factor	Hojas		Biomasa aérea	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
60	15.3	1.24	22.3	1.61
52	13.1	1.25	17.0	
44	16.2	1.59	23.5	2.02
36	14.3	1.46	20.0	1.83
30	14.5	1.49	20.7	1.88
Estadísticos				
R-cuadrado	0.11	0.31	0.15	0.22
C. V.	22	16	27	254
R. C. M. E.	3.242254	0.233364	5.633070	9.969506
Media	14.75	1.41	20.87	3.92

En todos los cuadros, se utilizarán las siguientes abreviaturas: C. V. Coeficiente de variación. R. C. M. E: Raíz cuadrada media del error.

A su vez, en las comparaciones de tratamientos, las medias seguidas por igual letra no difieren entre sí, según test de rangos múltiples de Duncan con un 5 % de significancia.

Capítulo IX. Optimización de la densidad en semillero

Cuadro IX-3: Dimensiones y biomasa del tallo según densidades a los 40 DDS.

Plantas por m ²	Largo (cm)	Diámetro (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
60	75.2 a b	6.2 b	38.7 a	2.30 a
52	76.4 a	6.4 a b	39.8 a	2.33 a
44	72.0 b	6.8 a b	39.7 a	2.28 a
36	56.8 c	6.4 a b	28.1 a b	1.73 b
30	41.4 d	6.4 a b	15.2 c d	1.15 c
26	36.4 e	6.6 a b	16.7 c d	1.28 b c
22	39.2 d e	7.0 a	18.6 c	1.55 b c
18	31.8 f	6.8 a b	12.3 d	1.10 c
14	30.8 f	6.7 a b	15.1 c d	1.27 b c
Estadísticos				
R-cuadrado	0.98	0.27	0.90	0.73
C. V.	6	7	17	20
R. C. M. E.	3.107339	0.450062	4.161250	0.328143
Media	51.11	6.6	24.9	1.66

Cuadro IX-4 Biomasa de hojas y aérea. Altura de la primer floración. Evaluación efectuada a los 40 DDS.

Factor	Hojas		Biomasa aérea	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
60	37.4 a b c	3.43 a b	76.1 a	5.72 a b
52	40.3 a b	3.55 a b	80.0 a	5.88 a b
44	43.9 a	4.00 a	83.5 a	6.28 a
36	40.0 a b	3.98 a	68.1 a b	5.70 a b
30	27.9 c	2.75 b	43.1 c d	3.90 c
26	35.5 a b c	3.63 a b	52.1 b c d	4.90 a b c
22	39.0 a b c	3.98 a	57.6 b c	5.53 a b
18	27.5 c	2.90 a b	39.8 d	4.00 c
14	31.9 b c	3.30 a b	47.0 c d	4.57 b c
Estadísticos				
R-cuadrado	0.35	0.27	0.68	0.41
C. V.	23	23	20	21
R. C. M. E.	8.165150	0.791314	12.100308	1.085466
Media	35.9	3.51	60.80	5.16

Avances en la estrategia de producción de plántulas de tomate

Cuadro IX-5: Dimensiones y biomasa del tallo según densidades a los 47 DDS.

Plantas por m ²	Largo	Diámetro	Peso fresco	Peso seco
	(cm)	(mm)	(g)	(g)
30	74.2 a	8.2 a b	44.2 a b	4.26
26	72.8 a	8.3 a b	47.7 a	4.54
22	63.8 b	7.9 b	33.6 b	3.43
18	66.8 b	7.9 b	36.5 b	3.56
14	63.2 b	8.9 a	42.2 a b	4.37
Estadísticos				
R-cuadrado	0.56	0.29	0.31	0.22
C. V.	6	8	20	23
R. C. M. E.	4.409837	0.684008	8.334191	0.939053
Media	68.17	8.52	40.82	4.03

Cuadro IX-6: Biomasa de hojas y aérea. Altura de la primer floración. Evaluación efectuada a los 47 DDS.

Factor	Hojas		Biomasa aérea	
	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
30	65.0	7.61	113.6	12.46
26	76.0	8.50	133.9	14.16
22	60.7	6.70	101.3	11.00
18	64.3	7.28	107.0	11.58
14	74.9	8.90	127.1	14.44
Estadísticos				
R-cuadrado	0.16	0.17	0.21	0.18
C. V.	2.2	25	22	25
R. C. M. E.	15.164516	1.932397	25.720473	3.146615
Media	68.19	7.80	116.53	12.73

9.7 Anexo II. Gráficos

Gráfico IX-1: Radiación interceptada en función del número de hojas

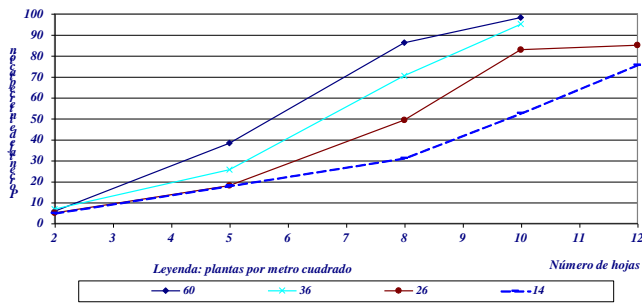


Gráfico IX-2: Radiación interceptada en función de la densidad.

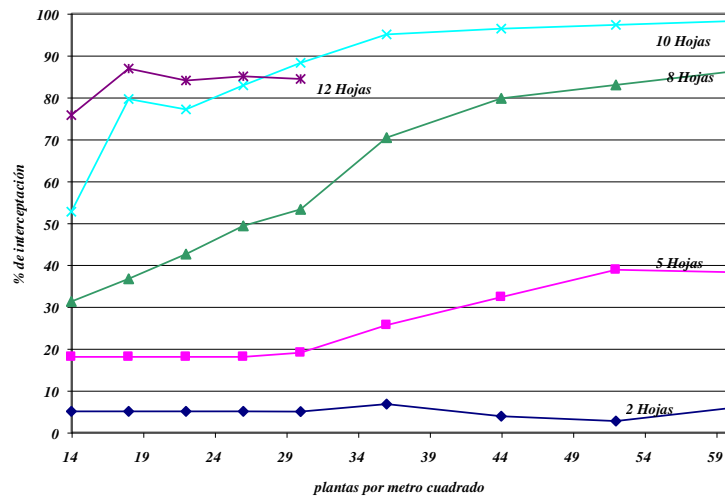


Gráfico IX-3: Altura de planta en función del número de hojas.

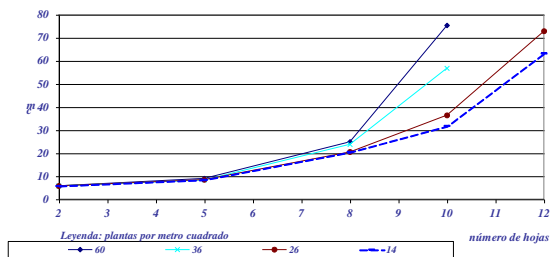


Gráfico IX-4: Altura de planta en función de la densidad.

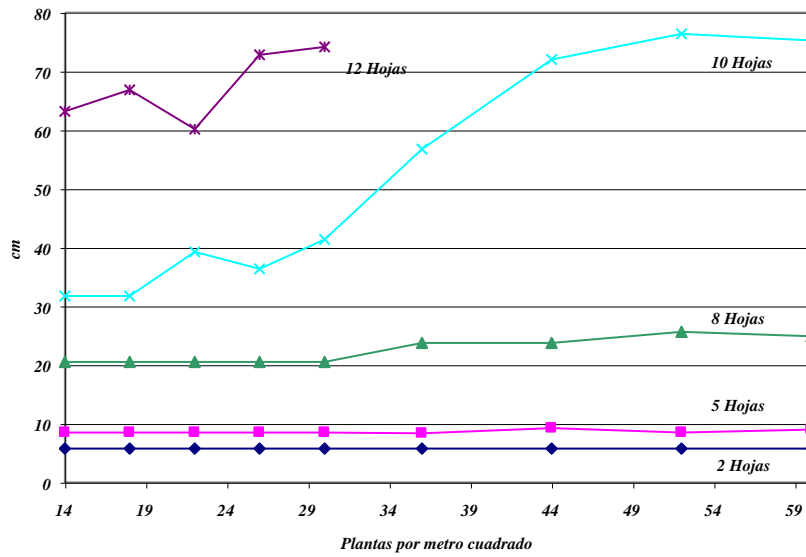


Gráfico IX- 5: Crecimiento en diámetro según evolución de la planta

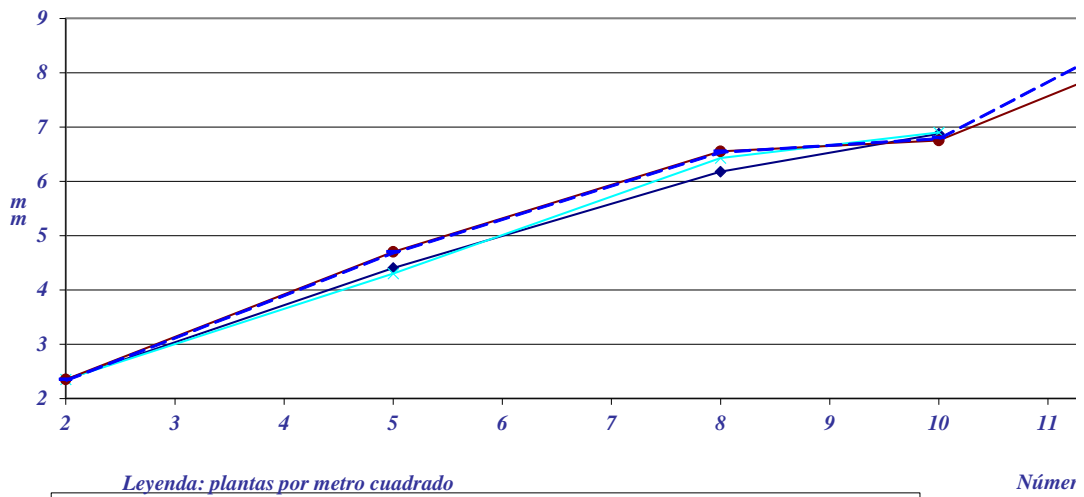
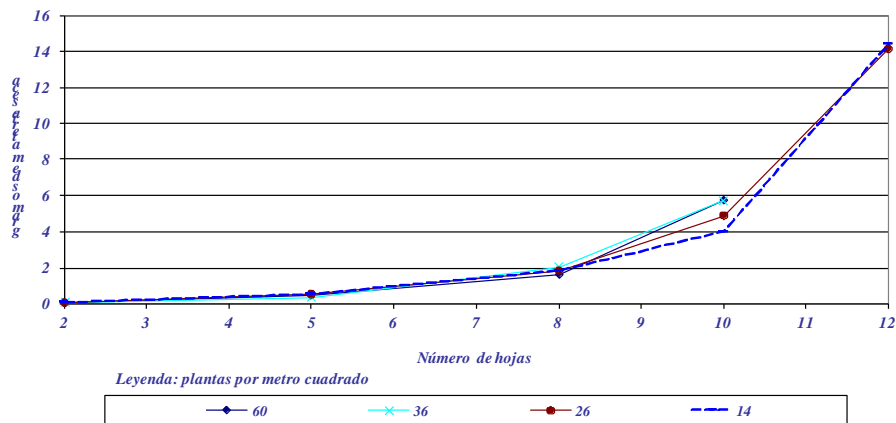


Gráfico IX-6: Evolución de la biomasa



CAPÍTULO X

DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES

10. Discusión General y Conclusiones

10.1 DISCUSIÓN GENERAL

Al comenzar el presente trabajo y plantear la estrategia a seguir, se observó que las plántulas producidas en el semillero de flujo y reflujo sobre tacos de lana de roca tenían el inconveniente que las raíces cuando entraban en contacto con el cemento, detenían su crecimiento, y no había mayor exploración, o formación de raíces dentro del taco. Esto llevó a plantear distintas hipótesis sobre cómo mejorar esta situación y producir plántulas adultas con buen volumen radical. Las estrategias de investigación planteadas tendieron a la solución de este problema así se optó por: la colocación de malla antiraíz en el piso de cemento, el agregado de sustancias húmicas dentro del taco, o la colocación de materiales debajo del taco para ampliar el volumen y tener mayor superficie de captación de agua en posteriores trasplantes, muy necesario con determinadas técnicas de cultivo como la de la lámina de nutrientes (NFT).

Ahora bien, en el transcurso de las investigaciones se observó además que era necesario tener una plántula retacona, con el fin de facilitar y asegurar el trasplante y, se comenzó a trabajar en este otro sentido. Este es el motivo por el que se ensayaron distintos procedimientos para obtener plántulas de menor altura y mayor diámetro. Los trabajos se encaminaron a conocer la respuesta a: la densidad, la colocación del microplug dentro del taco de lana de roca y el cepillado.

De acuerdo a estos lineamientos generales y a las hipótesis planteadas en la presente Tesis, se irán discutiendo seguidamente una por una las mismas y los resultados obtenidos.

10.1.1 Desarrollo de raíces.

Hipótesis: “A través de distintos tratamientos de manejo se puede obtener un mejor desarrollo radical y por ende, una mejor plántula”.

En los distintos ensayos se fueron viendo como cada una de las alternativas modificaba el crecimiento de la raíz dentro del taco de lana de roca. Es por eso que se pudo observar que la malla antiraíz mostraba un mayor crecimiento de raíces, fundamentalmente en la base del taco, siendo raíces laterales de segundo y tercer orden. Según se ha visto, este tratamiento tenía el inconveniente que al moverse las plantas se producía rotura de raíces que afectaba negativamente al crecimiento posterior.

Los elementos agregados debajo del taco, al permitir un mayor crecimiento en largo de raíz, producían también una mayor biomasa radical y aérea. Este hecho es similar a la

expansión radical mostrada por diferentes autores en cultivos hidropónicos en planchas (Fisher *et al.*, 1990; Sakuma y Suzuki, 1997).

La práctica de colocar el microplug acostado favoreció el desarrollo de raíces basales (Capítulo VIII), y un mejor arraigue de la plántula al taco. Lo que se observó además es que el tratamiento de cepillado, no solamente reduce el crecimiento aéreo, sino que también afecta, aunque en menor medida, el desarrollo radical.

Por último, la adición de SH solamente en determinadas circunstancias produce una mayor proliferación de raíces, generalmente asociadas a probables situaciones de estrés, tal como el estrés hídrico o el cepillado. Esto significaría que en situaciones normales y de condiciones favorables, las sustancias húmicas no tendrían mayor efecto sobre este punto específicamente.

10.1.2 Frecuencias de riego.

Hipótesis: “Existen diferencias en el crecimiento de las plántulas en semillero debidas a las distintas frecuencias de riego, debiéndose determinar cuál es la óptima para obtener una plántula adulta en tomate.”

El análisis del riego con alta frecuencia (6 veces diarias), que se muestra en el ensayo del capítulo IV no produce ninguna ventaja adicional con respecto a la frecuencia del testigo de 2 riegos por día. Al contrario, se comenzaron a observar pequeñas pudriciones en la base del taco, siendo esta la razón por la que la alta frecuencia de riego no fue objeto de nuevos ensayos.

La lámina continua de solución nutriente, por el hecho de llevar plántulas en subirrigación constante, mostró un gran desarrollo vegetativo en todos los ensayos (Capítulos IV, V y VI), pero con poca diferencia con el testigo, y a su vez, tuvo un similar o menor crecimiento posterior al trasplante. Hicklenton y Cairns (1996) han mostrado el mayor desarrollo vegetativo con este tipo de técnica, pero a su vez, el peligro que esto supone en el momento del trasplante fue señalado por Frantz *et al.* (1998). Esta observación resultó más crítica al prolongar la estadía en el semillero mucho tiempo (cap. V) y su repercusión en el cultivo posterior en NFT, ya que si bien este tipo de tratamiento desarrolló raíces “tipo agua”, las cuales serían las deseables en este caso, tuvo el menor crecimiento post-trasplante. Otro punto observado en el ensayo del capítulo IV fue un aumento en la CE que redujo el crecimiento hacia el final del ciclo. Este efecto se atenuó en los siguientes ensayos con el agregado de agua solamente cada dos reposiciones de solución.

La otra frecuencia estudiada es la que considera el peso de los tacos de lana de roca para la determinación del momento de riego. Este tratamiento presentó un menor

crecimiento que el testigo, aunque con diferencias significativas en la altura de primer floración y peso fresco y seco de tallo en el ensayo donde se analizaron solamente las frecuencias de riego. En la comparación del RPP y el Testigo en el análisis factorial mostró un menor crecimiento que el Testigo, si bien las diferencias no fueron en todos los parámetros. Al no tener diferencias significativas en la biomasa total y un crecimiento comparativo inicial mayor en la raíz que en el tallo (baja relación vástago/raíz), hacen de esta alternativa la más adaptada al transplante, tal como lo señala McKee (1981b). Esto indicaría que la situación de estrés del comienzo tiende a revertirse hacia el final. Otro hecho de índole práctico es que se lleva el control por el contenido de solución en el taco, que si bien es más laborioso que el establecimiento de frecuencias fijas, cuando se llega a un tamaño considerable de planta con alto requerimiento, es un reaseguro de no producir estrés hídrico en esos momentos, que pueden ser más críticos que al comienzo (Morgan y Clarke, 1975).

10.1.3 Substancias Húmicas.

Hipótesis: “Con el agregado de substancias húmicas se promueve el desarrollo de raíces obteniendo una mejor plántula adulta en semillero”.

Los resultados de los distintos ensayos no mostraron claramente la tendencia buscada. Sin embargo, se notó que en probables situaciones de estrés, como la ocurrida hacia el final del ensayo del capítulo V y cuando se aplicó el cepillado (capítulo VIII), el agregado de substancias húmicas mostró un mejor crecimiento radical. Además en todos los ensayos se observó un menor crecimiento al principio que luego se revierte. El menor crecimiento al principio podría ser debido a la mayor CE que se tiene en la solución dentro del taco. Los valores medidos al comienzo en el extracto de solución de riego dentro del taco fue de 2.5 mS/cm en el testigo y 3.1 con ácidos húmicos.

El hecho de trabajar con SH tiene el inconveniente de no conocer su composición específica y sus mecanismos de acción (Varanini y Pinton, 1995). Sin embargo, se tratará de dar una explicación a lo observado ante situaciones de probable estrés hídrico, en las cuales las plántulas con SH mostraron un mayor desarrollo radical e incluso mayor producción de biomasa aérea. Este hecho podría deberse a la mayor retención hídrica evidenciada en este caso por la diferencia en peso de los tacos tal como se describe en el capítulo VII. El mayor crecimiento tanto radical como aéreo, ha sido apuntado también en la bibliografía (Linehan, 1976; Mylonas y McCants, 1980; Rauthan y Schnitzer, 1981). Un hecho observado y que se debería profundizar en futuras investigaciones es lo relacionado con la altura de la planta, la cual es significativamente menor en esas situaciones, sin detrimento de la producción de biomasa aérea y radical.

10.1.4 Materiales debajo del taco.

Hipótesis: “Distintos elementos colocados debajo del taco de lana de roca permiten un mayor crecimiento de raíces”.

Para comprobar esta hipótesis se ensayaron distintos materiales desde yute, paños de limpieza utilizados en el hogar, por su gran absorción de agua, hasta el tejido capilar, que es un material concebido para desarrollo de raíces en cultivos sin suelo, como así también un trozo adicional de lana de roca. La razón de estos trozos de material era doble: por un lado brindar mayor volumen para exploración de raíces y por otro lado tener mayor superficie de contacto con el agua en los canales de NFT y asegurar un buen transplante, si bien se va un poco en contra del objetivo del NFT que es no tener sustrato.

El primer ensayo fue contundente en lo que respecta a la utilización de dos elementos, la lana de vidrio y el paño de celulosa y algodón. El primero se había elegido por su similitud con la lana de roca y por su presentación en forma de planchas, lo cual permitía cortar los trozos para colocarlos debajo del taco. Pero tuvo dos inconvenientes, por un lado era muy grueso para lo que se pretendía y esto no permitía que el agua ascendiera correctamente hasta el taco y por lo tanto las plántulas tuvieron un estrés adicional al comienzo que repercutió en el crecimiento. El segundo inconveniente fue que se desagregaba muy fácilmente, y cuando se retiraba de la balsa para el transplante, las raíces prácticamente quedaban al aire. Es por estas razones que este elemento se descartó y se trabajó posteriormente con lana de roca.

El otro elemento descartado fue el paño de celulosa y algodón. Este elemento se eligió por su absorción de agua y por ser sumamente delgado. Presentó el problema de deteriorarse rápidamente, aunque el problema más grave fue que no se veía un desarrollo adicional de raíces en esa superficie y una depresión en el crecimiento total de la plántula. La explicación podría estar en algún elemento deletéreo usado en la fabricación de este producto que, como se dijo es para uso doméstico como paño de limpieza. Otra hipótesis sería que el permanecer constantemente húmedo no permitió un buen balance en esa fina capa de aire/agua y con ello no proliferaban las raíces. Se probó también otro tipo de paño de fibra de poliamida, que tuvo buen comportamiento, pero no mostró diferencias con el testigo y no se vio una ventaja adicional como para continuar ensayándola. Lo mismo sucedió con el paño de yute, que se eligió por ser un elemento natural, pero que tampoco mostró un comportamiento sobresaliente.

El tejido capilar, al ser un elemento ideado específicamente para esta aplicación, mostró un buen crecimiento radical y un buen crecimiento aéreo. Sin embargo sus valores

no fueron significativamente superiores al testigo. Es por esta razón que este elemento no se ensayó mas después del ensayo preliminar de tomate.

La colocación de un trozo de lana de roca mostró un mejor crecimiento radical al disponer las raíces de un mayor volumen de sustrato. En trabajos en cultivo sin suelo el hecho de tener sustratos extendidos de poco espesor resultó ser más ventajoso que aquellos cuadrados (Fisher *et al.*, 1990; Sakuma y Suzuki, 1997). El agregado de material fue pensado para el transplante a canales de polietileno de NFT, los cuales tienen el inconveniente que pequeños pliegues del plástico que forma el canal no permiten un buen humedecimiento del taco recién transplantado y obliga a una revisión constante después del transplante. Este material adicional, al colocarse en forma perpendicular a la línea del canal, permitió una mayor superficie de captación de agua y aseguró un buen arraigue, sin necesidad de controlar constantemente. Las desventajas son que por un lado se va en contra del principio del NFT por agregar mas sustrato y por otro lado el manejo de las plántulas es un poco más dificultoso por llevar ese elemento adicional.

La malla antiraíz es un elemento que llamó la atención por el mayor desarrollo radical observado debajo de los tacos en todos los ensayos, y el efecto perjudicial que significó la posterior rotura de raíces. Por un lado, el hecho de una mayor producción de raíces podría explicarse por la diferencia en la superficie de apoyo, ya que la malla brinda una textura distinta al cemento, con lo cual sería similar a lo observado por Liptay y Edwards (1994). Otra hipótesis sería que la malla permite un mejor balance agua-aire en la superficie de contacto taco-suelo, aunque esto no se ha podido demostrar. El mayor desarrollo observado es un hecho interesante para futuras investigaciones porque demuestra que existe un potencial de crecimiento todavía no explotado, y que subsanado el inconveniente final de rotura de raíces, redundará en la obtención de una mejor plántula adulta en semillero.

10.1.5 Colocación del microplug.

Hipótesis: “La colocación de la plántula dentro del taco de lana de roca en forma acostada o invertida promueve el desarrollo de raíces adventicias”.

La práctica de colocar el microplug en forma acostada no está descrita en la bibliografía, pero era una práctica que se realizaba en semilleros. En el ensayo del capítulo VIII, se puede observar por los resultados que, evidentemente, se obtiene un mayor desarrollo de raíces, aunque las raíces observadas son más bien basales y no adventicias, de acuerdo a la clasificación de Zobel (1975) (Foto VIII-1).

Al colocar el microplug en forma invertida, no se observó crecimiento de raíces en la zona adicional de tallo dentro del taco de lana, con lo cual el resultado fue similar al

tratamiento Acostado. La forma invertida tiene la circunstancia agravante de la probabilidad del aumento del porcentaje de roturas. En el caso de nuestros ensayos, se manipularon las plántulas invertidas en forma brusca en el momento del repicado, sin embargo no se observó ninguna plántula rota, y el porcentaje de fallas fue 0.

Una observación adicional no cuantificable fue que en el momento de realizar el cepillado de las plántulas, en el tratamiento vertical se producía un movimiento que por momentos parecía que se iban a descalzar del taco, mientras que las acostadas o invertidas soportaban mejor este movimiento. Sin embargo, no se observó ninguna interacción en los análisis de biomasa entre estos dos factores.

10.1.6 Cepillado.

Hipótesis: “Existen metodologías para obtener menor altura de planta sin disminución de la biomasa”

La práctica del cepillado había sido señalada por varios autores para producir un acondicionamiento mecánico y una de las conclusiones es que se observaba una detención del crecimiento en altura, aunque no tanto en la materia seca, con una buena recuperación posterior (Mitchell *et al.*, 1975; Latimer, 1991 b; Garner y Björman, 1996). De ahí que al investigar esta práctica se prestó especial atención a la altura y la producción de materia seca. Las dos mediciones de biomasa efectuadas mostraron una reducción en el crecimiento inmediatamente después de finalizado el período de cepillado pero 15 días más tarde esos parámetros se revierten quedando solamente la diferencia en altura. Los resultados obtenidos en este ensayo son similares a los registrados por los autores arriba señalados.

Sin embargo, al realizar este trabajo en un diseño factorial colocando las SH como segundo factor, se observaron interacciones importantes. Por un lado la diferencia en altura y por otro el crecimiento radical. En situación normal, sin cepillado, las sustancias húmicas favorecieron el crecimiento en altura, pero ante el cepillado, la reducción en altura fue superior, aunque sin detrimento de la materia seca. A su vez, el cepillado por sí solo produjo una disminución en el crecimiento radical, el cual no fue observado al estar presente las sustancias húmicas dentro del taco. Estos hechos dan un nuevo enfoque a esta práctica, ya que se potencian dos técnicas para la concreción del objetivo de tener una planta adulta y retaona en el semillero. Si bien la explicación de este fenómeno no está aún clara.

10.1.7 Densidad.

Hipótesis: “La densidad óptima de plántulas en semillero estará en función de la época del año y del grado de desarrollo al que se quieran llevar.”

Los resultados obtenidos muestran que cuanto mayor es el número de hojas por plántula a la que se pretende llegar en semillero, menor es la densidad que se debe utilizar. Para el período de primavera, con una densidad de 60 pl/m² no se puede llegar más allá de la sexta hoja, mientras que con una densidad de 14 pl/m² se puede llegar hasta las 14 hojas desarrolladas sin presentar síntomas de competencia. Otro aspecto observado en esta evaluación es que cuando las parcelas llegaban a un porcentaje de interceptación de la radiación cercano al 75% comenzaban los problemas de competencia por luz evidenciados en la elongación del tallo. Las cifras aquí presentadas sobre densidad final al trabajar con plántula adulta son inferiores a las señaladas por Vega López *et al.* (1999).

10.1.8 Producción.

Hipótesis: “El desarrollo de una mejor plántula en el semillero repercute en la producción posterior”.

Este punto, debido a serias restricciones es el menos evaluado y por lo tanto escasos los resultados obtenidos para la discusión. Sin embargo, se pudo observar que el hecho de demorar un ensayo hasta que la plántula tuviese ya la tercera inflorescencia y con más de un metro de altura, resulta en un trabajo de transplante sumamente engorroso y se producen muchas roturas y pérdidas de plantas.

Los valores de producción observados mostraron mayor rendimiento precoz en la tercer fecha de transplante, hecho que también fue descrito por otros autores (Cooper, 1972, Cooper y Hurd, 1968 a). Como no se llegó a cosecha total, no se pudo apreciar si el rendimiento final es inferior en los trasplantes tardíos, tal como señalan Morgan y Clark (1975).

10.2 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el desarrollo de la presente tesis permiten sacar las siguientes conclusiones.

1. La realización de la estrategia de producción de plántula adulta en semillero de flujo y reflujo puede ser mejorada con determinadas técnicas.
2. El desarrollo de raíces en el taco de lana de roca tendría un aumento potencial con la incorporación de una malla antirraíz debajo.

3. En determinadas situaciones de probable estrés, las sustancias húmicas tienden a mejorar el crecimiento radical y la biomasa aérea.
4. El agregado de una fina plancha de lana de roca debajo del taco permite un mejor desarrollo de la plántula y un buen establecimiento en los canales de NFT.
5. Disponer de una lámina de solución nutriente produce plántulas vigorosas que para trasplantes tempranos a NFT pueden ser interesantes, pero para la producción de plántula adulta resulta contraproducente.
6. La programación del riego mediante pesada de los tacos resulta ser una herramienta útil obteniendo plántulas con buena relación vástago/raíz y menor altura.
7. La colocación del microplug en forma acostada dentro del taco de lana de roca incrementa el desarrollo de raíces basales y esto repercute en un mejor crecimiento total de la plántula.
8. El cepillado de las plántulas durante 10 días comenzando cuando éstas tienen aproximadamente 8 cm, reduce significativamente la altura sin detrimento de la materia seca final.
9. La combinación del tratamiento de cepillado junto con el agregado de sustancias húmicas permite obtener menor altura y mayor desarrollo radical, siendo muy conveniente para obtener una plántula adulta en semillero.
10. La densidad óptima en siembras de primavera en Almería, para el cultivar de tomate *Radja*, llevado a 14 hojas al trasplante es de 22 pl/m². Si se parte de 44 pl/m² el momento de separación es cuando las plántulas tienen la séptima hoja desarrollándose.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad Berjón, M.; Noguera, M. P.; Noguera G, V; Segura P. M. L. 1999. Los sustratos para el semillero hortícola. Cap. 4. En: Vilarnau, A.; Gonzalez, J. 1999. Planteles. Compendios de Horticultura, Ediciones de Horticultura. Barcelona. 59-68.
- Adler, P. R.; Wilcox, G. E. 1987. Influence of thigmic stress or chlormequat chloride on tomato morphology and elemental uptake. *J. Plant. Nutr.* 10:831- 840.
- Aiken, G. R.; McKnight, D. M., Wersahw, R. L.; MacCarthy, P. 1985. En: Aiken, G. R., Humic substances in soil, sediment, and water: geochemistry, isolation, and characterization. New York : Wiley. 1-9.
- Alarcón, A. L.; Egea, C. 1999. Fertirrigación en planteles y semilleros. Capítulo 5. En: Vilarnau, A.; Gonzalez, J. 1999. Planteles. Compendios de Horticultura, Ediciones de Horticultura. Barcelona. 69-83
- Alexander, S. V. 1993. Pollution control and prevention at containerized nursery operations. *Water Science & Technology.* 28(3-5):509-517. ISSN 0273-1223
- Aliaga Mateos, J. A. 2000. La producción intensiva en Almería: Evolución y situación actual. En: Curso superior de especialización. Comercialización de productos Hortofrutícolas II. Editores: Fernández Fernández, M.; Cuadrado Gómez, I. M. FIAPA. Caja Rural de Almería. 27-44
- Asao, T.; Umeyama, M.; Ohta, K.; Hosoki, T.; Ito, N.; Ueda, H. 1998. Decrease of yield of cucumber by non-renewal of the nutrient hydroponic solution and its reversal by supplementation of activated charcoal. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science.* 67(1):99-105. ISSN 0013-7626.
- Aung, L. H. 1982. Root initiation in tomato seedlings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107 (6): 1015-1018.
- Autio, J.; Voipio, I.; Koivunen, T. 1994. Responses of aster, dusty miller, and petunia seedlings to daily exposure to mechanical stress. *Hortscience.* 29(12):1449-1452. ISSN 0018-5345
- Beyl, C.A.; Mitchell, C.A. 1977. Automated mechanical stress application for height control of greenhouse chrysanthemum. *HortScienc* 12:575-577.
- Biddington, N.L. 1986. The effects of mechanically-induced stress in plants-a review. *Plant Growth Regulat.* 4:103-123.
- BOE 9478 1998. Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. 96: 13372-13384

- Cánovas Martínez, F.; García Lozano, M. 1997. Los sustratos y su manejo práctico. En: Urrestarazu Gavilán, M. Manual de Cultivos sin Suelo. Universidad de Almería. P. 151.
- Carmi, A. 1993. Effects of root zone restriction on amino acid status and bean plant growth. J-exp-bot. July 1993. v. 264 (44) p. 1161-1166.
- Caro, M.; Albarracín, M. T.; Noguera, M.; Soler, J. 1991. Ensayo comparativo de aminoácidos. Ácidos húmicos y su respuesta en la planta. II Congreso Nacional de Fertirrigación. Almería.
- Carr, S. M.; Jaffe, M. J. 1995. Autolysis in herbaceous, dicotyledonous plants - experimental manipulation of pith autolysis in several cultivated species. Annals of Botany. 75(6):587-592. ISSN 0305-7364
- Carrasco Silva, G. A. 1997. El NFT. En: Urrestarazu Gavilán, M. Manual de Cultivos sin Suelo. Universidad de Almería. P. 265.
- Castilla, N. 1995. El cultivo en invernadero en el área mediterránea: consideraciones sobre su evolución, nivel tecnológico y estrategias de producción. In: I Simposium Iberoamericano sobre "Aplicación de los plásticos en las tecnologías agrarias". FIAPA-CEPLA, Almería. 373-381.
- Chen, Y; Aviad, T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. Humic substances in soil and crop sciences: selected reading. Editors: MacCarthy, Clapp, Malcolm y Bloom. Chapter 7.
- Cherif, M.; Tirilly, Y.; Belanger, R. R. 1997. Effect of oxygen concentration on plant growth, lipid peroxidation, and receptivity of tomato roots to *Pythium sp* under hydroponic conditions. European Journal of Plant Pathology. 103(3):255-264. ISSN 0929-1873.
- Cipollini, D. F. 1999. Costs to flowering of the production of a mechanically hardened phenotype in *Brassica napus L.* Int. J. Plant Sci. 160(4):735-741. ISSN 1058-5893
- Cipollini, D. F.; Redman, A. M. 1999. Age-dependent effects of jasmonic acid treatment and wind exposure on foliar oxidase activity and insect resistance in tomato. J. Chem. Ecol. 25(2):271-281. ISSN 0098-0331
- Cooper, A. J. 1967. Trials confirm established practices are true. Comm. Gr. 3720: 845-849.
- Cooper, A. J. 1972. The influence of container volume, solution concentration, pH and aeration on dry matter partition by tomato plants in water culture. Journal of Horticultural Science. (47): 341-347.

- Cooper, A. J. 1974. Hardy nursery stock production in nutrient film. *The Grower*. May 4, 1974: 877-878.
- Cooper, A. J. 1979. *The ABC of NFT*. Grower Books (Edit) London. 181 pág.
- Cooper, A. J.; Hurd, R. G. 1968a. Effects of early planting stage on fruiting of glasshouse tomatoes *J. Hort. Sci* 43: 167-173
- Cooper, A. J.; Hurd, R. G. 1968b. Effects of early planting on the flowering of glasshouse tomatoes *J. Hort. Sci* 43: 385-390
- Cooper, R. J.; Liu, C.; Fisher, D. S. 1998. Influence of humic substances on rooting and nutrient content of creeping bentgrass. *Crop-sci*. v. 38 (6) p. 1639-1644.
- Daum, D.; Schenk, M. K. 1999. Influence of nutrient solution pH on N₂O and N₂ emissions from a soilless culture system. *Plant & Soil*. 203(2):279-287. ISSN 0032-079X
- David, P. P.; Nelson, P. V.; Sanders, D. C. 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of plant nutrition*, 17 (1), 173-184.
- Dormaar, J. F. 1975. Effects of humic substances from chernozemic Ah horizons on nutrient uptake by *Phaseolus vulgaris* and *Festuca scabrella*. *Canadian Journal of Soil Science*, 55: 111-118.
- Downey, L. A.; Mitchell, T. C. 1971. Root length and vapour pressure deficit: effect on relative water content in *Zea mays* (L). *Australian Journal of Biological Sciences*. 24: 811-814.
- Dufault, R. J.; Melton, R. R. 1990. Cyclic cold stresses before transplanting influence tomato seedling growth, but no fruit earliness, fresh-market yield, or quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*. 115 (4): 559-563.
- Dufault, R. J.; Schultheis, J. R. 1994. Bell pepper seedling growth and yield following pretransplant nutritional conditioning. *Hortscience*. 29(9):999-1001. ISSN 0018-5345
- Dufault, R. J. 1986. Influence of nutritional conditioning on muskmelon transplant quality an early yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*. 111: 698-703.
- Dufault, R. J. 1994. Long-term consequences and Significance of Short-term Pretransplant Nutricional Conditioning. *HortTechnology*. 4 (1) 41:42.
- Dyck, R. L.; McFerran, J. 1961 Fresh market tomato yield as affected by transplant production and starter solution. *Arkansas Farm Research*. 10, 3.
- Elias, F. C.; Ruíz, C. B. 1973. *Clasificación agroclimática de España*. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid. 145 pp.

- Erwin, J. E. 1998. Temperature and light effects on stem elongation. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 67(6):1113-1120. ISSN 0013-7626
- Fischer, D. F.; Giacomelli, G. A.; Janes, H. W. 1990. A system of intensive tomato production using ebb-flood benches. *Professional Horticulture*. Vol 4. pp 99-106.
- Fitter, A. H. 1987. An architectural approach to the comparative ecology of plant root systems. *New phytol.* 106 (supl): 61-77.
- Frantz, J.M.; Welbaum, G. E.; Shen, Z. X.; Morse, R. 1998. Comparison of cabbage seedling growth in four transplant production systems. *Hortscience*. 33(6):976-979. ISSN 0018-5345.
- Fujiwara, T.; Yoshioka, H.; Shikata, H.; Sato, F. 1998. Effects of rootball moisture content at the time of transplanting on the establishment and uniform growth of cabbage plug seedlings. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 67(5):773-777. ISSN 0013-7626.
- García Lozano, M. 1997. Eficacia en el uso de la fertirrigación recirculante en cultivos hortícolas sin suelo bajo condiciones de clima semiárido. Tesis doctoral. Universidad de Almería.
- García Pareja, A. 1999. Preparación del semillero para el cultivo hidropónico. En: Vilarnau, A; González, J. 1999. *Planteles. Compendios de Horticultura*, Ediciones de Horticultura. Barcelona. 111-120.
- Garner, L. C.; Björkman, T. 1996. Mechanical conditioning for controlling excessive elongation in tomato transplants - sensitivity to dose, frequency, and timing of brushing. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 121(5):894-900. ISSN 0003-1062
- Garner, L. C.; Björkman, T. 1997. Using impedance for mechanical conditioning of tomato transplants to control excessive stem elongation. *Hortscience*. 32(2):227-229. ISSN 0018-5345
- Garner, L. C.; Björkman, T. 1999. Mechanical conditioning of tomato seedlings improves transplant quality without deleterious effects on field performance. *Hortscience*. 34(5):848-851, 1999 Aug. ISSN 0018-5345
- Gartner, B. L. 1994. Root biomechanics and whole-plant allocation patterns - responses of tomato plants to stem flexure. *Journal of Experimental Botany*. 45(280):1647-1654. ISSN 0022-0957

- Garton, R. W.; Widders, I. E.; 1990. Nitrogen and Phosphorus preconditioning of small-plug seedling influence processing tomato productivity. *Hortscience*. 25 (6): 655-657.
- Gieling, Th. H.; Bontsema, J.; Van Antwerpen, A. W. J.; Lukasse, L. J. S. 1995. Monitoring and control of water and fertilizer distribution in greenhouses. *Acta Horticulturae*. 401: 365-372.
- Grote, D.; Bucsi, C.; Schmidt, R. 1992. Investigations on control of *Pythium aphanidermatum* in NFT-cultures of tomato and cucumber. *Gazzetta Chimica Italiana*. 57(6):278-283. ISSN 0016-5603
- Guminski, S.; Sulej, J.; Glabiszewski, J. 1983. Influence of sodium humate on the uptake of some ions by tomato seedlings. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 52 (2):149-164.
- Hameed, M. A.; Reid, J. B.; Rowe, R. N; 1987. Root confinement and its effects on the water relations, growth and asimilate partitioning of tomato (*Lycopersicon esculentum Mill*). *Anal. Botany*. 59: 685-692.
- Helal, H. M.; Sauerbeck, D. R. 1984. Influence of plant roots on C and P [carbon, phosphorus] metabolism in soil . *Plant-Soil*. The Hague : Martinus Nijhoff. 1984. v. 76 (1/3) p. 175-182. ill. DNAL 450-P696 Abstrac
- Helal, H.M.; Sauerbeck, D. 1987. Direct and indirect influences of plant roots on organic matter and phosphorus turnover in soil. *Soil organic matter dynamics and soil productivity / June H. Cooley, editor*. Athens, Ga., USA : International Association for Ecology, 1987. p. 49-58. Abstrac
- He, X. T.; Mulvaney, R. L.; Stevenson, F. J.; Vanden-Heuvel, R. M. 1990. Characterization of chemically fixed liquid anhydrous ammonia in an Illinois drummer soil. *Soil. Sci. Soc. Am. J. Madison, Wis. : The Society*. May/June 1990. v. 54 (3) p. 775-780.
- Heuchert, J. C.; Mitchell, C. A. 1983. Inhibition of shoot growth in greenhose- grown tomato by periodic gyrotory shaking. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:795-800
- Hicklenton, P. R.; Cairns, K. G. 1993. Subirrigación. An idea Whose time has come. *Landscape trades*. 15 (7): 14-19.
- Hicklenton, P. R.; Cairns, K. G. 1996. Plant water relations and mineral nutrition of containerized nursery plants in relation to irrigation method. *Canadian Journal of Plant Science*. 76(1):155-160. ISSN 0008-4220

- Houghton, C.; Rose, F. A. 1976. Liberation of sulfate from sulfate esters by soils. Applied. Environ. Microbiol. 31 (6): 969-976.
- Huberman, M.; Pressman, E.; Jaffe, M. J. 1993. Pith autolysis in plants .4. The activity of polygalacturonase and cellulase during drought stress induced pith autolysis. Plant & Cell Physiology. 34(6):795-801. ISSN 0032-0781
- Hurley, M. B.; Rowarth, J. S.; Trought, M. C. T.; Barnes, M. F.; Rowe, R. N. 1998. Variations in water availability and temperature in the root environment during root volume restriction studies New Zealand Journal of Crop & Horticultural Science. 26(2):127-134. ISSN 0114-0671
- Jaffe, M.J. 1973. Thigmomorphogénesis: The response of plant growth and development to mechanical stimulation. Planta 114:143-157.
- Johjima, T.; Latimer, J. G.; Wakita, H. 1992. Brushing influences transplant growth and subsequent yield of four cultivars of tomato and their hybrid lines. J. Amer. Soc. v. 117 (3) p. 384-388.
- Kabala, W. P.; Giacomelli, G. A. 1992. Transport and elevation systme for greenhose crops. Applied Engineerin in Agriculture. St. Joseph, Mich. : American Society of Agricultural Engineers. Mar 1992. v. 8 (2) p. 133-139. DNAL S671.A66
- Keller, E.; Steffen, K. L. 1995. Increased chilling tolerance and altered carbon metabolism in tomato leaves following application of mechanical stress. Physiologia Plantarum. 93(3):519-525. ISSN 0031-9317
- Kharkina, T. G.; Ottosen, C. O.; Rosenqvist, E. 1999. Effects of root restriction on the growth and physiology of cucumber plants. Physiologia Plantarum. 105(3):434-441. ISSN 0031-9317
- Klepper, B. 1991. Crop root system response to irrigation. Irrigation Sci. 12: 105-108.
- Klock, K. A.; Graves, W. R.; Taber, H. G. 1996. Growth and phosphorus, zinc, and manganese content of tomato, muskmelon, and honey locust at high root-zone temperatures. J-plant-nutr. v. 19 (5) p. 795-806.
- Kreij, C. De. 1995. Latest insights into water and nutrient control in soilless cultivation. Acta Horticulturae. 408: 47-61.
- Krizek, D. T.; Carmi, A.; Mirecki, R. M.; Snyder, F. W.; Bunce, J. A. 1985. Comparative effects of soil moisture stress and restricted root zone volume on morphogenetic and physiological responses of soybean (*Glycine max (L.) Merr.*). J-Exp-Bot. Oxford : Clarendon Press. Jan 1985. v. 36 (162) p. 25-38. ill.

- Latimer, J. G. 1990. Drought or mechanical stress affects broccoli transplant growth and establishment but not yield. *HortScience* 25:1233 -1235.
- Latimer, J. G. 1991a. Mechanical Conditioning for control of Growth and Quality of Vegetable Transplants. *Hortscience*. 26(12):1456-1461. 1991 Dec. ISSN 0018-5345
- Latimer, J. G. 1991b. Brushing can control transplant height. *Amer. Veg. Grower* 39 (4): 98, 102- 103.
- Latimer, J. G.; Beverly, R. B. 1994. Conditioning affects growth and drought tolerance of cucurbit transplants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 119(5):943-948. ISSN 0003-1062
- Latimer, J. G.; Johjima, T.; Harada, K. 1991. The effect of mechanical stress on transplant growth and subsequent yield of four cultivars of cucumber. *Scientia Hort.* 47:221-230.
- Latimer, J. G.; Oetting, R. D. 1994. Brushing reduces thrips and aphid populations on some greenhouse-grown vegetable transplants. *Hortscience*. 29(11):1279-1281. ISSN 0018-5345
- Latimer, J. G.; Oetting, R. D. 1999. Conditioning treatments affect insect and mite populations on bedding plants in the greenhouse. *Hortscience*. 34(2):235-238. ISSN 0018-5345
- Latimer, J. G.; Pappas, T.; Mitchell, C. A. 1986. Growth responses of eggplant and soybean seedlings to mechanical stress in greenhouse and outdoor environments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:694-698.
- Latin, R.; Tikhonova, I.; Rane, K. 1995. Factors affecting the survival and spread of *acidovorax avenae* subsp *citrulli* in watermelon transplant production facilities. *Phytopathology*. 85(11):1413-1417. ISSN 0031-949X
- Lee, Y. S.; Bartlett, R. J. 1976. Stimulation of plant growth by humic substances *J. Soil. Sci. Soc. Am.* 40 (6): 876-879
- Leskovar, D. I.; Cantliffe, D. J. 1992. Pepper seedling growth response to exogenous abscisic acid. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117 : 389-393.
- Leskovar, D. I.; Cantliffe, D. J.; Stoffella, P. J. 1991. Growth and yield of tomato plants in response to age of transplants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116 (3): 416-420.
- Leskovar, D. I.; Cantliffe, D. J.; Stoffella, P. J. 1994. Transplants production system influence growth and yield of fresh-market tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119 (4): 662-668.

- Leskovar, D. I.; Stoffella, P. J. 1995. Vegetable seedling root systems - morphology, development, and importance. *Hortscience*. 30(6):1153-1159. ISSN 0018-5345
- Li, C. C. 1977. *Introducción a la Estadística Experimental* - Ediciones Omega, S.A. 496 pág.
- Linehan, D. J. 1976. Some effects of a fulvic acid component of soil organic matter on the growth of cultures excised tomato roots. *Soil Biol. Biochem.* 8: 511-517
- Lint, P. J. A. L.; Klapwijk, D. 1986. Physiology of tomato roots with respect to substrate culture. *Acta Horticulturae*. 190, 467-469
- Liptay, A. 1985. Reduction of spindliness of tomato transplants grown at high densities. *Can. J. Plant Sci.* 65: 797-801.
- Liptay, A.; Edwards, D. 1994. Tomato seedling growth in response to variation in root container shape. *Hortscience*. 29(6):633-635. ISSN 0018-5345
- Liu, C.; Cooper, R. J.; Bowman, D. C. 1998. Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bentgrass. *HortScience*. Alexandria, Va. : The American Society for Horticultural Science. Oct 1998. v. 33 (6) p. 1023-1025.
- Liu, A. M.; Latimer, J. G.; Wilkinson, R. E. 1994. Effect of pH on seedling growth of six cultivars of watermelon. *Journal of Plant Nutrition*. 17(4):537-548, 1994. ISSN 0190-4167
- Liu, A. M.; Latimer, J. G. 1995a. Root cell volume in the planter flat affects watermelon seedling development and fruit yield. *Hortscience*. 30(2):242-246. ISSN 0018-5345
- Liu, A. M.; Latimer, J. G. 1995b. Water relations and abscisic acid levels of watermelon as affected by rooting volume restriction. *J. Exp. Bot. Oxford University Press*. 46 (289) 1011-1015.
- Loomis, W. E. 1925. *Studies in the transplanting of vegetable plants*. Cornell University. Agricultural Experiment Station. Memoir 87, 67 pp.
- López-Gálvez, J.; Naredo, J. M. 1996. *Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos*. Colección Economía y Naturaleza. Serie "Textos Aplicados". Fundación Argentaria. (Ed.), 294pp.
- López-Gálvez, J.; Peil, R. M. 2000. La modernidad del sistema de producción hortícola en el sudeste español. *Plasticulture II época*. 119: 44-84.

- Loukili, A.; Limam, F.; Ayadi, A.; Boyer, N.; Ouelhazi, L. 1999. Purification and characterization of a neutral peroxidase induced by rubbing tomato internodes. *Physiol. Plant.* 105(1):24-31. ISSN 0031-9317
- Lulakis, M. D.; Petsas, S. I.; 1995. Effect of humic substances from vine canes mature compost on tomato seedling growth. *Bioresource Technology.* 54(2):179-182. ISSN 0960-8524
- Mckee, J. M. T. 1981a. Physiological aspects of transplanting vegetables and other crops. I. Factors which influence re-establishment. *Horticultural Abstracts.* 51 (5): 265-272.
- Mckee, J. M. T. 1981b. Physiological aspects of transplanting vegetables and other crops. II. Methods used to improve transplant. *Horticultural Abstracts.* 51 (6): 355-368.
- Marfá, O. 2000. Recirculación en cultivos sin suelo. *Compendios de Horticultura N° 14.* Ediciones de Horticultura. Reus. Catalunya.
- Martínez Caldevilla, E.; García Lozano, M. 1993. Cultivos sin suelo. *Hortalizas en Clima Mediterráneo. Compendios de Horticultura 3.* Ediciones de Horticultura. S. L. Reus. 123 pp.
- Melton, R. R.; Dufault, R. J. 1991. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertility regimes affect tomato transplant growth. *HortScience* 26:141-142.
- Mitchell, C.A.; Dostal, H. C.; Seipel, T. M. 1977. Dry weight reduction in mechanically-dwarfed tomato plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102:605-608.
- Mitchell, C. A.; Severson, C. J.; Wott, J. A.; Hammer, P. A. 1975. Seismomorphogenic regulation of plant growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100:161-165.
- Moreno Iniesta, T. 1997. El cultivo en perlita. En: Urrestarazu Gavilán, M. *Manual de Cultivos sin Suelo.* Universidad de Almería. P. 151.
- Morgan, J. V.; Clarke, E. J. 1975. Influence of stage of development at plantin on flowering and fruiting in tomato. *Acta Horticulturae* 51: 131-145
- Mota, A. M.; Rato, A.; Brazia, C.; Goncalves, M. L. S. 1996. Competition of Al³⁺ in complexation of humic matter with Pb²⁺ - a comparative study with other ions. *Environmental Science & Technology.* 30(6):1970-1974, ISSN 0013-936X
- Muscolo, A.; Felici, M.; Concheri, G.; Nardi, S. 1993. Effect of earthworm humic substances on esterase and peroxidase activity during growth of leaf explants of *Nicotiana-plumbaginifolia* *Biology & Fertility of Soils.* 15(2):127-131, 1993 Feb. ISSN 0178-2762

- Muscolo, A.; Sidari, M. 1998. Biological activity of humic substances and phenolic compounds extracted from two different forest soils of Aspromonte (Southern Italy). *Fresenius Environmental Bulletin*. 7(11-12): 695-700.
- Mylonas, V. A.; McCants, C. B. 1980. Effects of humic and fulvic acids on growth of tobacco. *Plant and Soil*. 54. 485-490
- Nakaseko, K. 1988. Productivity of a dwarf type soybean induced by mechanical stimulation applied during vegetative stage. *Jpn. J. Crop. Sci.* 57: 782-789.
- Nardi, S.; Panuccio, M. R.; Abenavoli, M. R.; Muscolo, A. 1994. Auxin-like effect of humic substances extracted from faeces of *Allolobophora caliginosa* and *A. rosea*. *Soil Biology & Biochemistry*. 26(10):1341-1346, ISSN 0038-0717
- Neel, P. L.; Harris, R. W. 1972. Tree seedling growth: Effects of shaking. *Science* 175: 918-919.
- NeSmith, D. S.; Bridges, D. C.; Barbour, J. C. 1992. Bell pepper responses to root restriction. *J-Plant-Nutr.* v. 15 (12) p. 2763-2776.
- Nicklów, C. W; Minges, P. A. 1962. Plant growing factors influencing the field performance of the Fireball tomato variety. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 81, 443-450
- Nishizawa, T.; Saito, K. 1998. Effects of rooting volume restriction on the growth and carbohydrate concentration in tomato plants *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 123(4):581-585. ISSN 0003-1062
- Nobel, P.S.; Hartsock, T. L. 1981. Development of leaf thickness [or *Plectranthus parviflorus* - influence of photosynthetically active radiation. *Physiol. Plant*. 51:163-166.
- Ota, Y. 1994. Technology of mechanical stimulation: its theories and applications. *Farming Japan* 28: 35-40.
- Palma, B.; Peñaloza, P.; Galleguillos, C.; Trujillo, C. 1997. Germinative capacity and seedling development of *Capsicum annuum L.* in an environment with constant salinity. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*. 59(1-2):177-186. ISSN 0031-9457
- Pappas, T.; Mitchell, C. A. 1985. Influence of seismic stress on photosynthetic productivity, gas exchange, and leaf diffusive resistance of *Glycine max (L.) Merrill cv. Wells II*. *Plant Physiol*. 79:285-289.

- Park, W. M.; Lee, G. P.; Ryu, K. H.; Park, K. W. 1999. Transmission of tobacco mosaic virus in recirculating hydroponic system. *Scientia Horticulturae*. 79(3-4):217-226. ISSN 0304-4238
- Peil, R. M. N. 2000. Radiación solar interceptada y crecimiento del pepino cultivado en NFT. Tesis Doctoral. Universidad de Almería. Escuela Politécnica Superior. España. 210 páginas.
- Peterson, T. A.; Krizek, D. T. 1992. A flow-through hydroponic system for the study of root restriction. *Journal of planta nutrition*. 15 (6&7): 893-911.
- Piszczek, P.M.; Jerzy, M. 1987. The response of tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*) transplants to mechanical stress. *Acta Agrobot* 40:5-14.
- Planells, J. M.; Mir Piqueras, J. 2000. Comercialización: Orientación de la producción al mercado. Situación actual de la distribución comercial europea. En: Curso superior de especialización. Comercialización de productos Hortofrutícolas II. Editores: Fernández Fernández, M.; Cuadrado Gómez, I. M. FIAPA. Caja Rural de Almería. 27-44
- Pontinen, V.; Voipio, I. 1992. Different methods of mechanical stress in controlling the growth of lettuce and cauliflower seedlings. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil & Plant Science*. 42(4):246-250. ISSN 0906-4710
- Portas, C. A. M.; Dordio, J. J. F. B. 1980. Tomato root system. A short review with reference on tomatoes. *Acta Hort*. 100: 113-125.
- Poysa, V. W.; Tan, C. S.; Stone, J. A. 1987. Flooding stress and the root development of several tomato genotypes. *Hortscience*. 22 (1): 24-26.
- Premuzic, Z.; Bargiela, M.; Garcia, A.; Rendina, A.; Iorio, A. 1998. Calcium, iron, potassium, phosphorus, and vitamin C content of organic and hydroponic tomatoes. *Hortscience*. 33(2):255-257. ISSN 0018-5345
- Pressman, E.; Huberman, M.; Aloni, B; Jaffe, M. J. 1983. Thigmomorphogenesis: The effect of mechanical perturbation and ethrel on stem pithiness in tomato [*Lycopersicon esculentum (Mill.)*] plants. *Ann. Bot* 52:93-100.
- Rauthan, B. S.; Schnitzer, M. 1981. Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Soil* 63:491-495.
- Resh, H. M. 1997. *Cultivos Hidropónicos*. Ed. Mundi Prensa. 509 p.

- Reyes, E.; Jennings, P. H. 1994. Response of cucumber (*Cucumis sativus L.*) and squash (*Cucurbita pepo L. var melopepo*) roots to chilling stress during early stages of seedling development. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 119(5):964-970. ISSN 0003-1062
- Ruff, M. S.; Krizek, D. T; Mirecki, R. M.; Inovye, D. W. 1987. Restricted Root Zone Volumen. Influence on growth and development of tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112 (5): 763-769.
- Sakuma, H.; Suzuki, K. 1997. Development of energy-saving hydroponics systems without requiring electricity. *JIRCAS Journal*. (4). 73-77.
- Samimy, C. 1993. Physical impedance retards top growth of tomato transplants. *Hortscience*. 28(9):883-885. ISSN 0018-5345
- Sanogo, S.; Moorman, G. W. 1993. Transmission and control of *Pythium aphanidermatum* in an ebb-and-flow subirrigation system. *Plant Disease*. 77(3):287-290. ISSN 0191-2917
- SAS Institute. 1998. SAS Procedures Guide, Release 6.03 Edition. Cary, NC, USA. 441 p. Site 14759001
- Sayre, C. B. 1948. Early and total yields of tomatoes as affected by time of seeding, topping the plants, and space in the flats. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 51: 367-370
- Schröder, F. G.; Schwarz, D.; Kuchenbuch, R. 1995. Comparison of biomass production of tomatoes grown in two circulations systems. *Gartenbauwissenschaft*, 60 (6): 294-297.
- Schultheis, J. R.; Dufault, R. J. 1994. Watermelon seedling growth, fruit yield, and quality following pretransplant nutritional conditioning. *Hortscience*. 29(11):1264-1268. ISSN 0018-5345
- Schwarz, D.; Schröder, F. G.; Kuchenbuch, R. 1996. Balance sheets for water, potassium, and nitrogen for tomatoes grown in two closed circulated hydroponic systems *Gartenbauwissenschaft*. 61(5):249-255. ISSN 0016-478X
- Shawish, O.; Baker, R. 1982. Thigmomorphogenesis and predisposition of hosts to Fusarium wilt. *Phytopathology* 72:63-68.
- Sladky, Z.; 1959. The effect of extracted Humus substances on growth of tomato plants. *Biología Plantarum*. (Praha) 1 (2):142-150.
- Snapp, S. S.; Shennan, C. 1992. Effects of salinity on root growth and death dynamics of tomato, *Lycopersicon esculentum*. *Mill. New Phytol.* 121: 71-79.

- Spomer, L. A. 1975. Small soil containers as experimental tools: soil water relations. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 1975, 6 (1): 21-26.
- Steijn, B. 1995. Trainin course on soilless cultivation of vegetables. Wageningen, Países Bajos. 67 pp.
- Steiner, A. A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. *Proc. 3rd. International Congress Soilless Culture*. 43-53.
- Steiner, A. A. 1980. The selective capacity of plants for ions and its importance for the composition and tretment of the nutrient solution. *ISOSC Proceeding*. 1980: 83-95.
- Stevenson, F. J. 1982. *Humus chemistry : genesis, composition, reactions*. New York : Wiley, 443 p. : ill. DNAL S592.8.S76
- Stoffella, P. J. 1983. Root morphological characteristics of field-grown tomatoes. *HortScience* 18 (1): 70-72.
- Takaki, A.; Masuda, T.; Tsukishima, N.; Kagawa, K.; Kurosawa, K. 1977. The effect of mechanical stimulation on the seedling growth of sugar beets. *Proc. Sugar Beet Res. Assn.* 19: 203-212.
- Tan, K. H.; Nopamornbodi, V. 1979. Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn (*Zea mays L.*) Soil organic matter. *Plant-Soil*. The Hague Mar 1979. v. 51 (2) p. 283-287.
- Taylor, H. M. I. 1986. Methods of studing root systems in the field. *HortScience*. 2 (4): 952-956.
- Van Iersel, M. 1999. Fertilizer concentration affects growth and nutrient composition of subirrigated pansies. *Hortscience*. 34(4):660-663. ISSN 0018-5345
- Vanninen, I.; Koskula, H. 1998. Effect of hydrogen peroxide on algal growth, cucumber seedlings and the reproduction of shore flies (*Scatella stagnalis*) in rockwool. *Crop Protection*. 17(6):547-553. ISSN 0261-2194
- Van Noordwijk, M.; Brouwer, G. 1991. Review of quantitative root length data in agriculture. *Plant Root an their environment*. B. L. McMichael and H. Persson, ed. 515-525.
- Van Os, E. 1998. Closed soilless growing systems in the Netherlands: the finishing touch. *Acta Horticulturae*. 458: 279-291.

- Van Os, E. 1999. Recirculación de la solución nutritiva. Sistema de desinfección. En: Cultivo sin suelo. II Curso de especialización. Editores: Fernandez Fernades, M. Cuadrado I. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. FIAPA. Caja Rural de Almería. 383-398.
- Varanini, Z.; Pinton, R. 1995. Humic substances and plant nutrition. Progress in Botany. Vol 56. 97-117.
- Vaughan, D.; Malcom, R. E. 1985. Influence of humic substances on growth and physiological processes. Developments in plant and soil sciences. V. 16. 37-75.
- Vavrina, C. S.; Olson, S.; Cornell, J. A. 1993. Watermelon transplant age - influence on fruit yield. Hortscience. 28(8):789-790, ISSN 0018-5345
- Vavrina, C. S.; Shuler, K. D.; Gilreath, P. R. 1994. Evaluating the impact of transplanting depth on bell pepper growth and yield. Hortscience. 29(10):1133-1135, 1994 Oct. ISSN 0018-5345
- Vega Lopez, M.; Lozano Cacos, J.; Raya, J. L. 1999. Manejo en semillero de sustratos para cultivo hidropónico. En: Cultivo sin suelo. II Curso de especialización. Editores: Fernandez Fernades, M. Cuadrado I. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. FIAPA. Caja Rural de Almería. 399-412.
- Vega, M; Raya de la Cruz, J. L. 1999. Robotización o automatización de labores en semilleros comerciales. Capítulo 3. En: Vilarnau, A; González, J. 1999. Planteles. Compendios de Horticultura, Ediciones de Horticultura. Barcelona. 45-58.
- Vethencourt, A.; Zapata, F. 1999. Evaluación de sustratos para la germinación de semillas de hortalizas, caso: tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). XLV Reunión de la Sociedad Internacional de Horticultura Tropical. Resúmenes. 2P.
- Weston, L. A.; Zandstra, B. H. 1989. Transplant age and N and P nutrition effects on growth and yield of tomatoes. Hortscience. 24 (1): 88-90.
- Weston, L.A.; Zandstra, B.H. 1986. Effect of root container size and location of production on growth and yield of tomato transplants. J-Am-Soc-Hortic-Sci. Alexandria, Va.: The Society. v. 111 (4) p. 498-501.
- Wien, H. C. 1997. The physiology of vegetable crops. CAB international. 662 pág.
- Young, C. C.; Chen, L. F. 1997. Polyamines in humic acid and their effect on radical growth of lettuce seedlings Plant & Soil. 195(1):143-149. ISSN 0032-079X

- Yu, J. Q.; Lee, K. S.; Matsui, Y. 1993 effect of the addition of activated charcoal to the nutrient solution on the growth of tomato in hydroponic culture. *Soil Science & Plant Nutrition*. 39(1):13-22. ISSN 0038-0768
- Yu, J. Q.; Matsui, Y. 1994. Phytotoxic substances in root exudates of cucumber (*Cucumis sativus L*). *Journal of Chemical Ecology*. 20(1):21-31. ISSN 0098-0331
- Zobel, R. W. 1975. The genetics of root development. En: *The development and function of roots*. Cap. 13. Ed. J. Torrey & D. L. Clarkson. Academic Press, N. Y. P. 261-275.

Bibliografía de tipo instrumental

- A & D Instruments, 1996 Manual de Instrucciones. Serie HF-G. Edición en Español. Oxford. UK. 52 pág.
- Adam Equipment Co. Ltd. 1997. Balanzas Electrónicas. Series WA, WP, WL Y WG. Procedimientos de configuración y Operación. Heraeus S. A. Madrid. 26 pág.
- Crison, 1997. MicropH 2001. Manual de Instrucciones. Crison Instrumentes, S. A. Barcelona. 20 pág.
- J. P. Selecta, S. A. 1997. Estufas de convección natural para cultivos. Manual de instrucciones. Barcelona. 12 pág.
- Li-Cor. 1991. LI-COR Radiation Sensors. Instrucción Manual. Lincoln. USA. 28 pág.

Bibliografía Informal

- Chenault, E. A.; Reed, D. 1998. Subirrigation Systems save water, reduce runoff. 27/10/99. <http://agnews.tamu.edu/stories/HORT/Jun0498b.htm>
- Green Link, LLC. 1999. Flood Floors. 27/10/99.<http://floodfloors.com/>
- Fruterra, 1999. La fibra de coco en saco. Nuevo soporte hidropónico. Folleto de divulgación.
- Roberts, W. J. 1998. Containment Growing Systems. Long Island Horticulture News. 27/10/99 <http://www.cce.cornell.edu/suffolk/horticulture-news/july1998.html>.
- Spencer, H. A. 1999. Flood Irrigation. Tamarac Nurseries Ltd. And LUSTR Co-op. <http://www.microseed.com/roottrainer.html> 28/10/99.

