

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

Memoria de Título

**EVALUACIÓN DE DIVERSAS FÓRMULAS DE SUSTRATOS CONTENIDOS  
EN SACOS DE CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE**

CORA DANIELA SEPÚLVEDA GONZÁLEZ

SANTIAGO – CHILE  
2011

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

Memoria de Título

**EVALUACIÓN DE DIVERSAS FÓRMULAS DE SUSTRATOS CONTENIDOS  
EN SACOS DE CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE**

**EVALUATION OF DIFFERENT SUBSTRATE MIXTURES  
IN CROP BAGS FOR TOMATO PRODUCTION**

**CORA DANIELA SEPÚLVEDA GONZÁLEZ**

SANTIAGO – CHILE  
2011

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**EVALUACIÓN DE DIVERSAS FÓRMULAS DE SUSTRATOS CONTENIDOS  
EN SACOS DE CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE**

Memoria para optar al título profesional de:  
Ingeniera Agrónoma  
Mención: Fitotecnia

CORA DANIELA SEPÚLVEDA GONZÁLEZ

	<b>Calificaciones</b>
<b>Profesor Guía</b> Ricardo Pertuzé C. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6,8
<b>Profesores Evaluadores</b> María Luisa Tapia F. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.	6,8
Erwin Aballay E. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.	6,5

SANTIAGO – CHILE  
2011

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer y dedicar este trabajo, a *Mis Padres*, por darme todo su amor y entera confianza en cada reto que se me ha presentado, por haberme dado una gran educación y formación y porque sencillamente *Los Amo*. A mi abuelita, por transmitirme el gran amor a las plantas. “Te llevo y llevaré en mi corazón toda mi vida”. A mis hermanos Nelson, Karina y Tamara, mis sobrinos, tíos y primos, por todo su amor, cariño y amistad.

Agradecer sinceramente la colaboración de mi profesor guía Ricardo Pertuzé, por aceptarme como su alumna memorante, por su constante apoyo y buena disposición para atender toda duda. A la profesora María Luisa Tapia y al profesor Oscar Seguel, por apoyarme con sus conocimientos y críticas constructivas. Al profesor Erwin Aballay, por darme el contacto de Agroindustrial La Reina y por las correcciones realizadas a mi memoria.

A mis amigos que me acompañaron en toda mi etapa universitaria y específicamente en el desarrollo de esta memoria, a “Rosita Leiva”, Claudia, Sophie, Denisse, Yas, Emmanuel y a Carlos Vicencio.

A toda la gente que trabaja en el invernadero de la empresa Agroindustrial La Reina, en especial a Huguito y Omar, quienes me ayudaron en todo momento.

Por último, a todos los patrocinadores que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo. Gonzalo Rivera y Pía Zaldivar de la empresa Reciclajes Industriales S.A.; Adolfo Oyarzún de la empresa BASF Chile S.A. y a la empresa Agro Conexión.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>Objetivo general</b> .....	5
<b>Objetivos específicos</b> .....	5
<b>MATERIALES Y MÉTODO</b> .....	6
<b>Ubicación del ensayo</b> .....	6
<b>Materiales</b> .....	6
Material Vegetal .....	6
Sustratos.....	6
<b>Método</b> .....	7
Tratamientos y diseño experimental .....	7
Establecimiento del ensayo.....	8
Labores agronómicas .....	9
Evaluaciones .....	10
Caracterización de los sustratos .....	10
Determinación de la granulometría .....	11
Determinación de Da, espacio poroso, espacio aire libre y CRA .....	11
Determinación de pH y CE .....	11
Determinación de la MO, CO, N y C/N .....	12
Determinación de fitotóxicidad .....	12
Parámetros ambientales .....	12
Respuesta de las plantas de tomate a los tratamientos .....	12
Precocidad .....	13
Componentes de Rendimiento.....	13
Diámetro ecuatorial y polar de frutos .....	13
Distribución de frutos por calibre .....	13
<b>Análisis estadístico</b> .....	13

<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	14
<b>Caracterización de las mezclas</b> .....	14
Propiedades físicas.....	14
Análisis granulométrico .....	14
Determinación de Da, espacio poroso, espacio aire libre y CRA .....	17
Propiedades químicas .....	20
Determinación de MO, CO, N y C/N.....	20
Determinación de pH .....	22
Determinación de CE .....	23
<b>Propiedades biológicas</b> .....	25
Determinación de fitotoxicidad.....	25
<b>Respuesta de plantas de tomate a los tratamientos</b> .....	27
Precocidad.....	27
Componentes de Rendimiento .....	29
Diámetro ecuatorial y polar .....	31
Clasificación de frutos .....	32
<b>CONCLUSIONES</b> .....	34
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	35
<b>ANEXOS</b> .....	41
<b>APÉNDICES</b> .....	46

|

## RESUMEN

El presente estudio se realizó bajo condiciones de un invernadero frío ubicado en la localidad de Santa Victoria de Mallarauco, Melipilla, R.M. donde se evaluó el comportamiento del tomate cv. Patrón (Syngenta), contenidos en sacos de polietileno de alta densidad, rellenos con 25 L de mezclas de distintos sustratos. Estos últimos fueron resultado de la mezcla en distintas proporciones de tres materiales: biofertilizante orgánico, fibra de coco grado mixto y perlita expandida de grado A-6. Los objetivos de este estudio fueron caracterizar física, química y biológicamente los sustratos, así como también determinar la respuesta en crecimiento y desarrollo del cultivo.

El diseño experimental del ensayo correspondió a bloques completos aleatorizados, con 10 tratamientos y 4 repeticiones. La unidad experimental fue un saco con 4 plantas, de las cuales sólo las plantas centrales fueron muestreadas. Las variables evaluadas correspondieron a: precocidad, rendimiento, diámetro polar y ecuatorial de frutos y distribución de frutos por calibre.

Dentro de los resultados, la precocidad determinada a la cosecha del primer racimo, no presentó diferencias estadísticas en los diversos sustratos evaluados. En términos productivos, se destaca que los tratamientos conformados mayoritariamente por fibra de coco (T2 y T8) y la mezcla en una misma proporción de fibra de coco y perlita expandida (T6), presentaron los mayores rendimientos, peso medio de fruto, diámetro medio ecuatorial y polar, además de alcanzar los más altos porcentajes de frutos de mayor calibre. Lo contrario se registró en los tratamientos compuestos principalmente por biofertilizante orgánico, alcanzando T4 (50% biofertilizante orgánico, 50% fibra de coco) los más bajos valores.

De acuerdo a esto, se puede concluir que el componente fibra de coco, tiene el mejor efecto sobre el crecimiento del cultivo del tomate.

## PALABRAS CLAVES

*Solanum lycopersicum* L., cultivo sin suelo, biofertilizante orgánico, fibra de coco, perlita expandida y caracterización de los sustratos.

## ABSTRACT

This study was carried out under cold greenhouse conditions located in the town of Santa Victoria Mallarauco, Melipilla, R.M. The behavior of tomato cv. Patron (Syngenta) was evaluated and cultivated in high density polyethylene (HDPE) bags, filled with 25 L of different substrates mixtures. The latter were the result of mixing different proportions of three materials: organic biofertilizer, coconut fiber mixed grade and expanded perlite A-6 grade. The objectives of this study were to characterize physical, chemical and biological substrates, and also determine the response of crop growth and development.

The experiment was performed in a randomized block design, with 10 treatments and four replications. The experimental unit was a bag with four plants, of which only central plants were sampled. The evaluated variables were: earliness, yield, polar and equatorial diameter of fruits and fruit size distribution.

Within the results, the earliness of the first cluster harvest, showed no statistical differences between the various substrates tested. In terms of production, the treatments made up mainly of coconut fiber (T2 and T8) and the mixture in the same proportion of coconut fiber and expanded perlite (T6) had the highest yield, mean fruit weight, average equator and polar diameter. In addition those treatments achieve the highest percentage of the highest fruit size. The opposite was registered in treatments mainly composed of organic biofertilizer, reaching T4 (50% organic biofertilizer, 50% coconut fiber) the lowest values.

Accordingly, we conclude that the coconut fiber has the best effect on tomato growth.

## KEY WORDS

*Solanum lycopersicum* L., soilless crop, organic biofertilizer, coconut fiber, expanded perlite and substrate characterization



## INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), corresponde a la tercera hortaliza más cultivada en Chile, a continuación del maíz choclero y la lechuga. Según cifras del VII CENSO nacional agropecuario realizado en el 2007, este cultivo abarca una superficie de 6.364 ha para consumo fresco, de las cuales 1.068 ha son producidos en invernaderos, ubicados principalmente en la V región (Eguillor, 2010; Tapia, 2008).

Cánovas (1993); Mazuela y Urrestarazu (2004), indican que la continuidad del cultivo intensivo del tomate y otras hortalizas en suelo natural, están siendo limitadas por diversos factores como: la presencia de suelos salino-sódicos (Díaz, 1991), el agotamiento del recurso suelo y la incidencia de plagas y/o enfermedades, ambos productos del monocultivo (Abad, 1993; Cánovas, 1993; Mazuela y Urrestarazu, 2004), entre otros. Por su parte, para el control de plagas y enfermedades del suelo, es indispensable el uso de productos químicos y prácticas culturales. Sin embargo, el control por medio de estas prácticas se ve restringido por razones económicas y ecológicas (Herrera, 2005). Es el caso de la utilización de productos fumigantes al suelo, como el bromuro de metilo, de alto impacto ambiental, que provoca daños irreparables en la capa de ozono. En el Protocolo de Montreal se determinó su urgente sustitución, siendo para Chile el 2015 el último año de su utilización (Carrasco y González, 2006).

Como consecuencia de lo anteriormente señalado, se ha comenzado a buscar alternativas al uso directo del suelo siendo la técnica de mayor difusión el Cultivo Sin Suelo (CSS) (Urrestarazu, 2004). Esta técnica de cultivo se define como cualquier sistema que no emplea el suelo para su desarrollo, en que las plantas crecen en una solución nutritiva con o sin sustrato (Aguilar y Baixauli, 2002; Cánovas, 1993; Urrestarazu, 2004). Sus principales ventajas son la eliminación de la necesidad de esterilización del suelo, y por ende del bromuro de metilo, y un control más preciso de la aplicación de nutrientes (Maloupa, 2002). Es considerado el método de producción agrícola más intensivo y de mayor optimización en el uso del agua y del espacio (Jensen y Malter, 1995).

Específicamente en el cultivo de hortalizas, se obtienen producciones de calidad, altos rendimientos sostenibles en el tiempo, además de contribuir a la conservación del medio ambiente (Amma, 2003).

Sin embargo, el cultivo sin suelo no deja de tener sus inconvenientes. Para su correcta utilización se requiere de un equipo especializado en la técnica para manejar el sistema ya que los cultivos son altamente sensibles a los errores de manejo. Por otra parte, el suministro de nutrientes se debe realizar constantemente durante todo el ciclo del cultivo (Liedl *et al.*, 2004).

La implementación de esta técnica ha sido exitosa principalmente en Europa y en especial en el sudeste de España (López, 1993), donde se ha visto una sustitución del cultivo tradicional en el suelo, por el cultivo sin éste (Cánovas, 1993). Dentro de los cultivos hortícolas el tomate es donde se ha encontrado una gran aceptación y más rápida difusión, y cuyos sustratos más empleados corresponden a lana de roca, arena, turba y perlita (Cánovas, 1995; Urrestarazu, 2004).

En Chile, el uso de esta tecnología ha aumentando en los últimos años, siendo implementada principalmente en la producción de tomate para consumo fresco. Estas se localizan principalmente en la zona norte (Valle de Azapa y Lluta), donde se utilizan sustratos de fibra de coco, perlita, diatomita y compost; como también, en la zona central (Quillota) donde se cultiva en sustratos como lana de roca (Mazuela, 2008).

Dentro de los diferentes sistemas de CSS, cabe destacar el sistema de cultivo en sacos de polietileno, de volumen y dimensiones variables en función del tipo de sustrato (Urrestarazu y Salas, 2004), empleándose principalmente arena, perlita, fibra de coco, mezclas de ellos o de perlita con compost (Urrestarazu, 2004).

Este sistema de cultivo tiene grandes ventajas, en las zonas donde hay problemas fitosanitarios radicales, dado que los sacos individuales se pueden eliminar fácilmente del invernadero para así, evitar la propagación (Noguera, 1993; Urrestarazu, 2004).

El término sustrato, se aplica en horticultura a todo material sólido distinto del suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical, desempeñando un papel de soporte para la planta, donde puede o no intervenir en el proceso de la nutrición vegetal (Abad, 1991; Abad, 1993).

Burés (1997), señala que para conformar un buen sustrato es frecuente que se recurra a las mezclas de distintos materiales, ya que difícilmente un material reúne por sí sólo, las características adecuadas a las necesidades de las plantas. En la elaboración de una mezcla de sustrato se trata de constituirlo con dos o más componentes, con el fin de obtener un medio adecuado de cultivo, donde los materiales orgánicos aportan su alta capacidad de intercambio catiónico y de retención de agua, y los componentes minerales el drenaje y la aireación (Cánovas, 1993). Dickey *et al.* (1978), señalan además que el componente orgánico cuando está húmedo es el que disminuye la porosidad y la aireación, y el material mineral es el que comúnmente otorga peso y solidez para mantener la planta erecta.

Las propiedades de los sustratos se han vuelto más importantes a medida que han aumentado la cantidad de nuevos materiales empleados en su conformación (Verdonck *et al.*, 1983). Estos incluyen materiales orgánicos como cortezas, chips de madera, compost de diversos orígenes, fibras de coco y subproductos agroindustriales (Mollitor *et al.*, 2004). Cánovas (1995), señala que en España debido a la preocupación por los problemas

ecológicos se ha propiciado la aparición en el mercado de estos sustratos orgánicos derivados de residuos biodegradables, cuya utilización ha dado muy buenos resultados.

Además Ansorena (1994), enfatiza que para la valoración de la calidad de un sustrato, no basta con conocer las propiedades generales de sus principales componentes, sino que es necesario determinarlas para cada ingrediente o mezcla particular.

Se destaca que dentro de las diversas propiedades, las físicas son consideradas de primerísima importancia, debido a la imposibilidad de modificar alguna de estas propiedades posteriormente a la colocación de la planta dentro del contenedor. Esto contrasta con las propiedades químicas de los sustratos, que pueden ser modificadas mediante técnicas de cultivo apropiadas, realizadas por el propio agricultor (Abad *et al.*, 2004).

Por todo ello, se ha considerado de interés evaluar nuevas mezclas de sustratos, para el relleno de sacos de cultivo, en las que intervengan materiales orgánicos y/o minerales, tales como: fibra de coco, perlita expandida y un biofertilizante resultado del compostaje de residuos orgánicos, para la producción de tomate, especie importante en Chile.

### **Objetivo general**

- Elaborar y evaluar diversas fórmulas de sustratos a base de: Fibra de coco en un grado mixto; un biofertilizante orgánico, procedente de materiales compostados; y perlita expandida de grado A - 6, como sustratos para sacos de cultivo.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar los sustratos sobre la base de sus propiedades físicas, químicas y biológicas de interés.
- Determinar la respuesta en crecimiento y desarrollo de plantas de tomate cultivadas en sacos con diversas fórmulas de sustratos.

## MATERIALES Y MÉTODO

### Ubicación del ensayo

El estudio de terreno se estableció en un invernadero frío de la empresa Agrícola Agroindustrial La Reina, ubicado en la localidad de Santa Victoria de Mallarauco, comuna de Melipilla, Región Metropolitana, cuyas coordenadas corresponden a 33°35'32,12" latitud sur y 71°03'07,71" longitud oeste.

La caracterización de los sustratos fue realizada en el laboratorio comercial AGROLAB Ltda., y en los laboratorios de Física de Suelo e Hidroponía, ambos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicada en Avenida Santa Rosa 11.315, La Pintana, Región Metropolitana.

### Materiales

#### Material Vegetal

La especie vegetal utilizada correspondió al tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Patrón (Syngenta). Ésta corresponde a una variedad híbrida F<sub>1</sub>, de hábito de crecimiento indeterminado, producidos por la plantinera Europlant Chile S.A. en bandejas de poliestireno expandido de 286 alvéolos y un volumen de 18 cc/alvéolo.

#### Sustratos

Los sustratos utilizados fueron elaborados a partir de tres materiales bases. Fibra de coco de grado mixto, marca comercial Golden Mix®, de origen brasileño e importada por la empresa Agro Connexion; perlita expandida de grado A – 6 (Harborlite Chile Ltda.) y un biofertilizante orgánico, proveniente del compostaje de residuos orgánicos, comercializado con el nombre de Vittafert®, de la empresa Reciclajes Industriales S.A.

## Método

### Tratamientos y diseño experimental

Se montó un ensayo donde se evaluó el crecimiento de plantas de tomate desde trasplante hasta cosecha luego de su establecimiento en 10 mezclas de sustratos, las que constituyeron los tratamientos. Cada tratamiento estuvo conformado por una mezcla de biofertilizante orgánico, fibra de coco y perlita expandida en distintas proporciones (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición de cada mezcla o tratamiento evaluados en el ensayo.

Mezcla o tratamiento	Biofertilizante orgánico	Fibra de coco		Perlita expandida
		% vol.		
1	100,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	100,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	100,0	0,0
4	50,0	50,0	0,0	0,0
5	50,0	0,0	50,0	0,0
6	0,0	50,0	50,0	0,0
7	70,0	15,0	15,0	0,0
8	15,0	70,0	15,0	0,0
9	15,0	15,0	70,0	0,0
10	33,3	33,3	33,3	0,0

El ensayo se estableció con un diseño experimental de bloques completos aleatorizados (Figura 1), con cuatro repeticiones por tratamiento. La unidad experimental se constituyó a partir de un saco de 25 L de sustrato con 4 plantas, evaluándose sólo las plantas centrales.

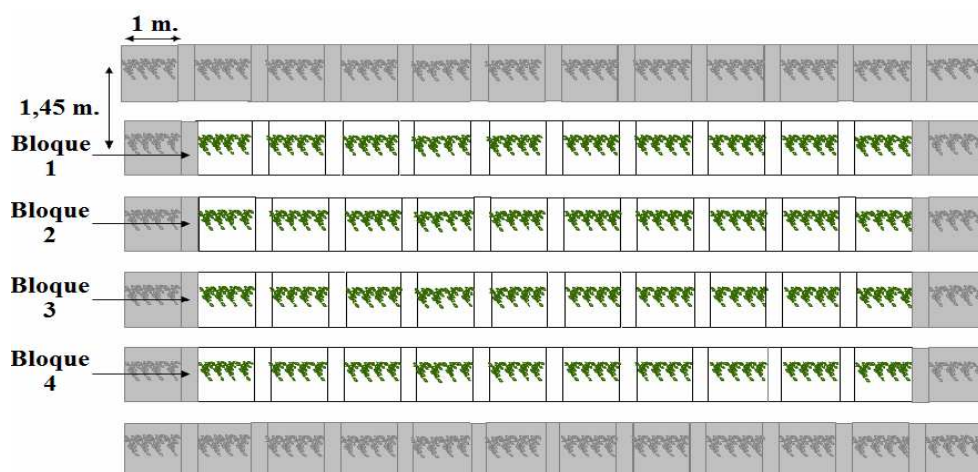


Figura 1. Diseño experimental. Lo sombreado corresponde a hileras bordes.

## Establecimiento del ensayo

Previo al establecimiento del ensayo en el invernadero, se fabricaron los “sacos de cultivos” consistiendo estos, en una manga de polietileno negro de alta densidad, de 300 micrones de espesor y 30 cm de ancho, sellada en los extremos con calor y rellenas con 25 L de cada sustrato o tratamiento, los cuales fueron elaborados mediante un trompo mezclador eléctrico con previa humectación de los materiales. Las dimensiones de los sacos de cultivo fueron de 1 m de largo, por 20 cm de ancho y 10 cm de alto.

El ensayo se llevó a cabo en un invernadero frío orientado de este-oeste, de 30 m de largo, 21 m de ancho y 4,5 m de alto, cubriendo una superficie de 630 m<sup>2</sup>, de los cuales sólo se utilizaron 104,4 m<sup>2</sup>, compuesto por una estructura de madera cubierta con polietileno térmico de dos temporadas, de un espesor de 150 micrones, en su primera temporada de uso. El sistema de ventilación estuvo compuesto por una lucarna en el cenit de 0,6 m de alto y del largo de la nave, ventanas en la parte alta de los frentes y cortinas en la parte baja de los mismos por cada nave.

El establecimiento del ensayo (Anexo I) requirió que el terreno tuviese una pendiente de 1%, para proseguir con la instalación de 6 hileras de canaletas con un diseño troncopiramidal de poliestireno expandido de alta densidad (Anexo II). Éstas canaletas fueron forradas internamente con una lámina de polietileno coextruido (blanco/negro) de 100 micrones de densidad, cumpliendo dos funciones, la primera, asegurar que el agua drenada de cada saco escurriera eficientemente por la canaleta y como segunda función dada por su característica de color, fue la de cubrir los sacos negros dejándolos blancos, evitando así altas temperaturas a nivel radical.

En cada hilera de las canaletas se colocaron 12 sacos (un saco por tratamiento y los dos restantes como bordes), quedando estos suspendidos en los escalones de la canaleta. El siguiente paso consistió en la fabricación de los orificios de drenaje y de plantación (uno en cada cara del saco), los primeros correspondieron a 10 perforaciones de un diámetro de 8 mm distribuidos en forma zigzag en dos hileras; los segundos orificios realizados luego de girar cada saco y revestir con el polietileno coextruido, tuvieron un diámetro de 6 cm, realizándose estos cada 25 cm, resultando 4 orificios por saco.

Finalmente se instaló el sistema de riego por goteo. Contando en el cabezal de riego con una bomba de 0,5 HP conectada a una tubería de distribución de PVC con diámetro de 32 mm, de la cual salieron 6 tuberías laterales de polietileno de 16 mm de diámetro (una por hilera), en cada una de éstas se conectaron 48 “*spaghettis*” (uno por planta) de 3,16 mm con goteros autocompensados de un caudal de 2 L h<sup>-1</sup>.

### **Labores agronómicas**

Las labores realizadas en el ensayo fueron determinadas por el productor correspondiendo a las prácticas habituales, con excepción del fertirriego. Éstas se resumen a continuación:

El trasplante se realizó el 21 de agosto del 2009, cuando las plantas se encontraban en un estado de 4 hojas verdaderas expandidas, luego que los sustratos fueran saturados con agua. Posteriormente se trasplantó en cada orificio 1 planta, resultando 4 plantas por saco, con un total de 288 plantas en el ensayo, con un marco de plantación de 0,25 m x 1,45 m, lo que generó una densidad de 27.586 plantas ha<sup>-1</sup>.

La conducción de las plantas permitió arreglar su arquitectura de crecimiento indeterminado poniéndole en forma vertical, con la ayuda de fibra de rafia atada mediante un lazo en la base del tallo y amarrada a uno de dos alambres orientados a lo largo de cada hilera, a una distancia de 50 cm entre ellos y ubicados a 2 metros del nivel del suelo. La variante de conducción fue inclinar dos plantas hacia un lado amarrándolas al mismo alambre y las siguientes dos plantas al lado contrario. En la medida que las plantas fueron creciendo éstas se envolvieron en aquella cinta.

El manejo de las plantas también implicó la eliminación de los brotes axilares o secundarios en forma total, así se dejó en un solo eje principal. El criterio correspondió a eliminar los brotes una vez que alcanzaron un tamaño no mayor a 5 cm. Además se realizó el despunte, eliminando el punto de crecimiento que se ubica en el ápice del brote terminal del eje principal, dejando 2 hojas sobre el sexto racimo.

Para la polinización se requirió la aplicación para el primer racimo de un bioestimulante llamado Rukam-Cuaja, en una dosis de 5 mL por litro de agua, al momento que las flores estuvieron completamente abiertas, aplicándose 7 días después del inicio de floración. Ésta a la vez, se complementó mediante la práctica del vibrado, consistiendo en golpear diariamente mediante unos palos a los alambres del sistema de conducción alrededor de las 11 de la mañana, hasta que estuvo la última flor del cultivo abierta.

Se realizó un raleo de frutos a cada racimo a un óptimo de 5 frutos, una vez que estos alcanzaron un diámetro no mayor a 10 mm. El criterio correspondió a la extracción de frutos de calibre pequeño con respecto al resto del racimo y a su posición dentro de este (primer fruto por antigüedad, debe ser de un diámetro mayor que el resto), también se eliminaron frutos deformes, con algún desorden fisiológico o los que presentaron tanto daño mecánico como por insecto. Además el raleo estuvo influenciado por el número de frutos del racimo anterior; así en el caso de no alcanzarse los 5 frutos, en el siguiente racimo con el fin de compensar el anterior, se raleó a un óptimo de 6 frutos.

En cada riego fue suministrada la nutrición (fertirriego). Este sistema fue a solución perdida, es decir, las soluciones nutritivas no se reutilizaron. La elaboración de ésta se basó en la composición formulada por Hoagland y Arnon (1950), e indicada en el Anexo III, las cuales fueron preparadas en 2 estanques de una capacidad de 1.000 L. En el primer estanque se mezclaron los siguientes fertilizantes: nitrato de potasio, nitrato de amonio,

nitrate de magnesio, sulfato de magnesio, fosfato monoamónico, micronutrientes aportados por el producto Tarzaan y para regulación de pH se agregó ácido fosfórico. En el segundo estanque por razones de incompatibilidad sólo llevaba nitrato de calcio.

El pH de la solución resultante de los dos estanques, se manejó entre 5,5 – 5,8 y con una CE entre 2,55 – 2,73  $dS\ m^{-1}$ . También se realizaron monitoreos permanentes de pH y CE al agua de riego, registrando un pH que osciló entre 6,64 – 6,76 y una CE que estuvo entre 1,30 y 1,33  $dS\ m^{-1}$ .

Los fertirriegos fueron realizados en función de su demanda y al contenido de solución presente en cada sustrato. Para esto, se realizaron monitoreos diarios a los sustratos tanto de forma táctil como con un higrómetro para suelo llamado Plant care. Para emplear este instrumento, primero fue necesario determinar el Punto de Marchitez Permanente (PMP), sometiendo las mezclas a una tensión de 1.000 hPa, posteriormente se midió cada sustrato con el higrómetro, arrojando que el valor límite de cada mezcla estaba entre 4 y 6, es por esto que se fertirrigó por sobre estos valores, idealmente entre 7 y 9. En el caso que el agua fue excesiva (en higrómetro > 10) se retiraron los emisores, ocurriendo esto en los tratamientos 1, 4, 5 y 7 principalmente. Cada riego fue de 4 minutos, por lo tanto, para alcanzar lo requerido se aumentó la frecuencia de los riegos, dando como mínimo 4 riegos y para el período de máxima demanda 16 riegos durante el día.

El manejo sanitario fue realizado de acuerdo a lo calendarizado y monitoreado por el productor, enfocándose al control de *Tuta absoluta* (Meyrick) o polilla del tomate y a *Trialeurodes vaporariorum* Westwood o mosquita blanca de los invernaderos (Anexo IV).

La cosecha fue realizada una vez alcanzada la maduración de los frutos, iniciándose el 20 de noviembre, cuando los frutos se encontraban en estado “*pintón*” (*turning*) en adelante (rosado, rojo pálido y rojo), terminando esta el 21 de enero del 2010.

## **Evaluaciones**

### **1. Caracterización de los sustratos**

A cada tratamiento o mezcla elaborada se les determinó sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Las propiedades físicas evaluadas correspondieron a: Granulometría, Densidad aparente (Da), espacio poroso, espacio aire libre y Capacidad de Retención del Agua (CRA). Dentro de las propiedades químicas analizadas, luego de la elaboración de las mezclas se encuentran: pH, Conductividad Eléctrica (CE), Materia Orgánica (MO), Carbono Orgánico (CO), Nitrógeno total (N) y relación Carbono/Nitrógeno (C/N). También se realizó un monitoreo mensual de pH y CE a los sustratos durante todo el ciclo del cultivo. Y con respecto a la propiedad biológica se realizó un análisis de fitotóxicidad.



### 1.1. Determinación de la granulometría

Este análisis se realizó según metodología descrita por Burés (1997). Los tamices correspondieron a mallas de 0,50; 1,00; 2,00; 3,33; 4,75 y 6,68 mm. Los sustratos pasaron por la serie de tamices ordenados por tamaño, y puestos sobre la tamizadora, durante 3 minutos de forma continua. Al cabo de este tiempo, el contenido de cada tamiz y del colector de fondo fueron pesados (precisión de 0,01 g). Con los resultados se construyeron curvas de frecuencia acumulada, donde se obtuvieron, el Diámetro medio de partícula ( $D_{50}$ ), que corresponde al percentil cincuentavo de una distribución acumulativa, o tamaño del tamiz por el que pasan el 50% de las partículas (Burés, 1997) y el coeficiente de heterogeneidad<sup>1</sup> ( $U = D_{80} D_{30}^{-1}$ ), que corresponde al coeficiente entre los percentiles ochentavo y treintavo de una distribución acumulativa, determinándose como un material homogéneo cuando el  $U \leq 14$ .

### 1.2. Determinación de $D_a$ ( $\text{g cm}^{-3}$ ), espacio poroso (%), espacio aire libre (%) y CRA (%).

El análisis de  $D_a$  se basó en una modificación a la metodología descrita por De Boodt *et al.* (1974). En un cilindro de volumen conocido y sellado por un extremo, se rellenó con cada sustrato, estos fueron saturados de agua para luego registrar su peso, y por último fueron sometidos a una tensión de -1.000 hPa, donde también se determinó el peso de cada uno. Para el análisis de espacio poroso, espacio de aire libre y CRA, los sustratos se sometieron a diversas tensiones (-2, -30, -60, -300 y -1.000 hPa) arrojando el volumen de agua en cada una de éstas, según metodología descrita por Dane y Hopmans (2002).

### 1.3. Determinación de pH y CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )

El método implementado para determinar el pH inicial correspondió al TMECC 04.11 y para CE inicial, el método TMECC 04.10, según lo propuesto por la NCH 2880. Of 2004 (INN, 2004). Se contó con tres repeticiones, consistiendo en elaborar una suspensión en una proporción 1:5 (sustrato: agua destilada), agitadas durante una hora, las que posteriormente fueron filtradas obteniéndose un extracto acuoso, al cual se le introdujo tanto el peachímetro como el conductímetro. También se realizó un monitoreo mensual a los sustratos, tomando tres muestras por sustrato antes del primer riego del día y realizando la misma metodología descrita anteriormente. En los casos que se registraron pH sobre 6,8 se realizaron los riegos de ese día sólo con ácido fosfórico, y para evitar exceso de sales se le realizó mensualmente un riego solo con agua.

---

<sup>1</sup> Seguel, O. Ingeniero Agrónomo. Dr., especialista en Física de Suelos. Universidad de Chile. Departamento de Ingeniería y suelos. 2006 (Comunicación Personal).

#### 1.4. Determinación de la MO (%), CO (%), N (%) y C/N

Se determinaron los porcentajes de MO, CO y relación C/N, para cada tratamiento, mediante el método TMECC 05.07-A. El contenido de N total, se realizó mediante el método TMECC 04.02-D. Métodos descritos por la NCH 2880. Of 2004 (INN, 2004).

#### 1.5. Determinación de fitotoxicidad (%)

Este análisis contó con 10 repeticiones por sustrato. En una placa Petri se colocaron 9 semillas de pepino de ensalada cv. Marketer sobre un papel filtro, más 10 mL de un extracto acuoso, suspensión de 1:2 (v/v, sustrato/ agua destilada). A la vez, se prepararon 10 placas Petri, donde las semillas germinaron sólo en agua destilada (testigo). Por último, las placas fueron incubadas en una cámara de germinación a una temperatura de 25°C durante siete días, para luego realizar las mediciones correspondientes a: número de semillas germinadas, Porcentaje de Germinación Relativo (PGR; fórmula 1), largo de radícula, Crecimiento de Radícula Relativo (CRR; fórmula 2) e Índice de Germinación (IG; fórmula 3), basado en una modificación a la metodología propuesta por Zucconi *et al.* (1981).

$$\text{PGR} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas en el extracto} * 100}{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas en el testigo}} \quad (1)$$

$$\text{CRR} = \frac{\text{Elongación de radículas en el extracto} * 100}{\text{Elongación de radículas en el testigo}} \quad (2)$$

$$\text{IG} = \frac{\text{PGR} * \text{CRR}}{100} \quad (3)$$

## 2. Parámetros ambientales

Se midió diariamente la temperatura al interior del invernadero con un termómetro de máximas y mínimas, ubicado en el centro del ensayo. El registro de estas temperaturas se encuentra en el Apéndice I.

## 3. Respuesta de las plantas de tomate a los tratamientos

Las evaluaciones fueron realizadas sólo a las plantas centrales de cada repetición (2 plantas), las otras correspondieron a efecto borde, por lo tanto, en cada tratamiento fueron analizadas 8 plantas. Los parámetros evaluados fueron:

- 3.1. Precocidad (n°): Días desde trasplante a cosecha de cada racimo, mediante observaciones realizadas cada siete días, y ajustando los valores a días intermedios cuando se requirió.
- 3.2. Componentes de Rendimiento (ton ha<sup>-1</sup>):
- Número de frutos por racimo y total por planta, al momento de cosecha (u).
  - Peso de frutos cosechados por racimo y total de la planta, mediante el uso de una balanza digital (g).
- 3.3. Diámetro ecuatorial y polar de frutos cosechados por racimo y total de la planta, medido con un pie de metro (cm).
- 3.4. Distribución de frutos por calibre. Se clasificaron los frutos de acuerdo a su diámetro ecuatorial según el Cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de frutos (INN, 2001)

<b>Calibre</b>	<b>Diámetro ecuatorial</b>
	--- mm ---
1	>102
2	82 – 101
3	67 – 81
4	57 – 66
5	47 – 56
6	40 – 46
7	35 – 39
8	30 – 34

### **Análisis estadístico**

Los resultados de las diversas variables evaluadas fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de un 95%. La variable distribución de calibre al ser expresada con valores porcentuales se le aplicó la transformación angular para su análisis (Steel *et al.*, 1997). En el caso de detectarse diferencias significativas, se realizaron pruebas de rango múltiple de Tukey a un nivel de confianza de un 95%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de las mezclas

#### Propiedades físicas

**Análisis granulométrico.** En la Figura 2, se muestra la distribución parcial del tamaño de partículas de los diferentes tratamientos. Se destaca que todos los tratamientos a excepción del T1, poseen un dominio de partículas entre 1 y 2 mm, siendo T6 el que presentó la mayor fracción de este grupo con un 43,3% y el T7 el de menor fracción con un 20,5%. En tanto, T1 posee un dominio de partículas entre 0 y 0,5 mm, el cual según Abad (1995), señala que los materiales finos, con partículas inferiores a 0,25 mm, retienen grandes cantidades de agua difícilmente disponible para la planta, además de estar mal aireados.

Conjuntamente, se observa que los tratamientos que presentan un alto porcentaje de fibra de coco, presentan partículas de mayores diámetros, alcanzando T2 cerca de un 6% de partículas mayores a 6,68 mm y menores a 10 mm, lo que puede resultar en una mejor aireación, al generar poros de mayor tamaño (Ansorena, 1994), aunque por el reordenamiento de las partículas puede no darse lo anteriormente mencionado.

Según investigaciones como el de Abad *et al.* (1993); Abad *et al.* (2004); Martínez (2005); Puustjärvi (1983), señalan que el nivel óptimo de partículas de un sustrato va desde 0,25 a 2,5 mm, rango donde se retiene suficiente agua fácilmente disponible además de un adecuado contenido de aire. Así mismo Martínez (2005), señala que es de gran importancia que las mezclas posean una mayor fracción de estas partículas, ya que se lograría un diámetro de poros que entregarían un potencial matricial que iría entre -1 y -10 kPa. Sin embargo, Iskander (2002), indica que el ideal para un sustrato, es que este posea sobre un 60% de partículas con diámetros entre 0,5 y 2 mm. En cuanto a esto, se destaca que T3 y T6 a pesar de ser los sustratos que alcanzaron los más altos contenidos de partículas (55%), no logran el ideal mencionado, por el contrario T7, registró el menor contenido con 33%. Es importante destacar, que la perlita sería el material que estaría aportando en mayor proporción con las partículas entre esos diámetros.

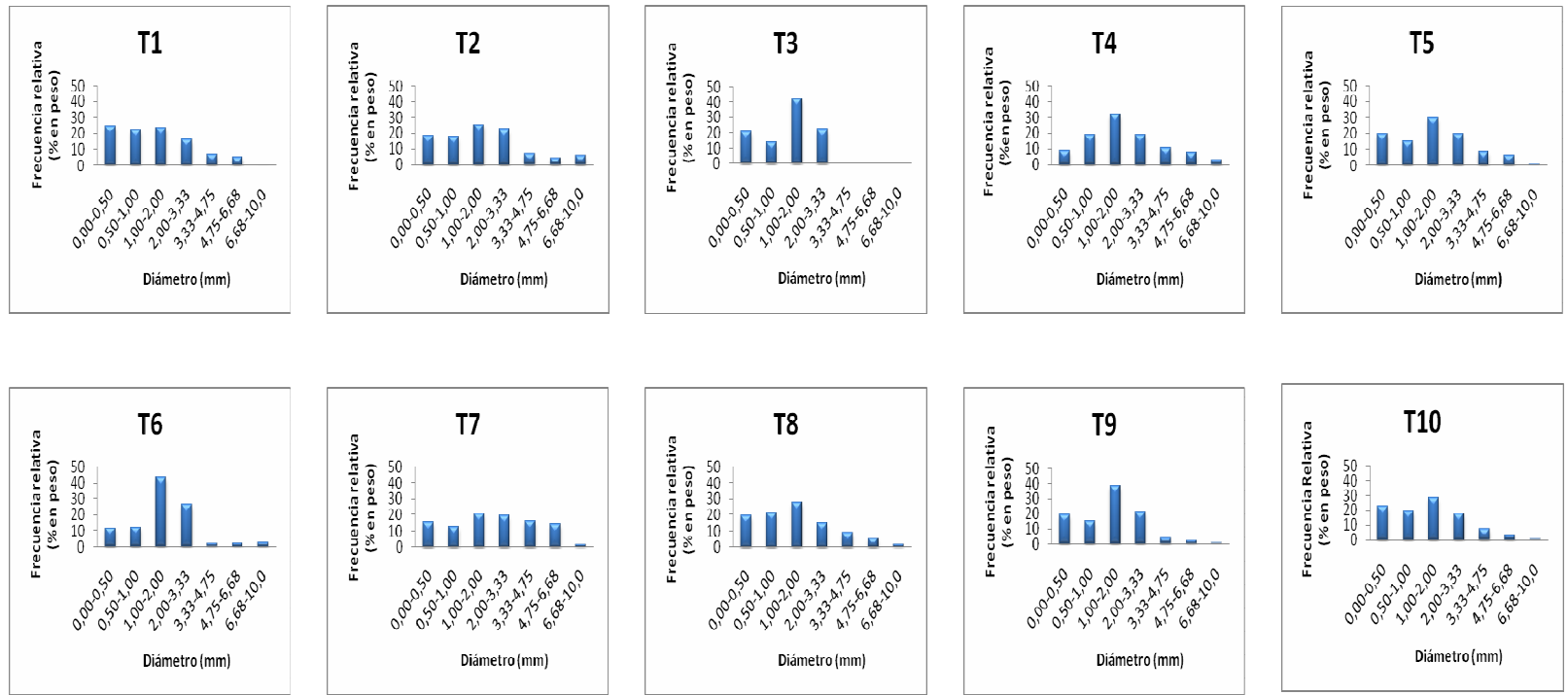


Figura 2. Representación de la granulometría de los distintos tratamientos, mediante un histograma de frecuencia relativa. Los tratamientos indican el porcentaje de biofertilizante, fibra de coco y perlita. T1: 100-0-0, T2: 0-100-0, T3: 0-0-100, T4: 50-50-0, T5: 50-0-50, T6: 0-50-50, T7: 70-15-15, T8: 15-70-15, T9: 15-15-70 y T10: 33,3-33,3-33,3.

En el Cuadro 4 se puede observar los resultados del Diámetro mediano de partículas ( $D_{50}$ ), y coeficiente de heterogeneidad ( $U=D_{80} D_{30}^{-1}$ ). Valores obtenidos gracias a la curva de distribución acumulada de partículas (Anexo V).

Cuadro 4. Resultados de diámetro medio ( $D_{50}$ ) y coeficiente de heterogeneidad (U) obtenidos a partir del análisis granulométrico.

<b>Tratamiento</b>	<b><math>D_{50}</math></b>	<b><math>U (D_{80} D_{30}^{-1})</math></b>
	---- mm ----	
<b>T1</b> (100 - 0 - 0 ) <sup>1</sup>	0,85	5,00
<b>T2</b> ( 0 -100 - 0 )	1,15	4,00
<b>T3</b> ( 0 - 0 -100 )	1,00	2,67
<b>T4</b> ( 50 - 50 - 0 )	1,25	3,50
<b>T5</b> ( 50 - 0 - 50 )	1,10	4,00
<b>T6</b> ( 0 - 50 - 50 )	1,20	2,24
<b>T7</b> ( 70 - 15 - 15 )	1,55	4,50
<b>T8</b> ( 15 - 70 - 15 )	1,00	4,60
<b>T9</b> ( 15 - 15 - 70 )	1,05	2,77
<b>T10</b> ( 33,3- 33,3- 33,3)	0,90	4,44

<sup>1</sup> Porcentaje de biofertilizante orgánico, fibra de coco y perlita expandida respectivamente.

Aguilar y Baixauli (2002); Ansorena (1994); Burés (1997), mencionan la gran importancia de las partículas menores a 1 mm, observándose un brusco descenso de la porosidad y aumento en la retención de agua. Dentro de los tratamientos con un  $D_{50}$  menor a 1 mm encontramos a los tratamientos 1 y 10; por lo que se puede indicar que estos tratamientos tendrían un mayor número de microporos, que son los que retienen el agua y un menor número de macroporos, los cuales son ocupados por aire.

Un punto importante respecto del  $D_{50}$ , es que tanto T3 como T8 poseen un mismo  $D_{50}$ , sin embargo, aunque existan sustratos con un mismo valor, estos pueden estar constituidos por partículas de un amplio o reducido intervalo de tamaños, donde las propiedades físicas variarán con la distribución del tamaño de partículas (Ansorena, 1994), tal como lo indica la Figura 2, donde ambos sustratos poseen una distribución de partículas diferentes.

Con respecto al coeficiente de heterogeneidad (U), se indica que todos los tratamientos son homogéneos, destacándose T3 como el que posee una mayor homogeneidad lo cual se ajustaría a lo indicado por Masaguer y López-Cuadrado (2006), los cuales señalan que es muy importante que los sustratos mantengan cierta homogeneidad, debido que los rangos de partículas muy dispares acarrearán una reducción del espacio poroso por el reordenamiento de sus partículas más finas entre las gruesas, por lo que en el tiempo provocaría retenciones excesivas de agua y falta de oxígeno en las raíces.

**Determinación de Densidad Aparente (Da), espacio poroso, espacio aire libre y Capacidad de Retención del Agua (CRA).** Los resultados de Da (Cuadro 5), indican que T1 presenta el mayor valor con  $0,659 \text{ g cm}^{-3}$ , seguido por T5 y T7. Los cuales no cumplirían el óptimo del uso de sustratos con Da menores a  $0,4 \text{ g cm}^{-3}$  (Abad *et al.*, 1993), incluso Abad *et al.* (2004), señalan que la Da juega un papel importante en el anclaje de las plantas; en invernaderos, donde el viento no es un factor limitante, ésta puede ser tan baja como  $0,15 \text{ g cm}^{-3}$ . Con respecto a esto, se observa que T2, T3 y T6 presentan Da inferiores a lo recomendado, sin embargo, éstas no interfirieron en el correcto anclaje de las plantas al encontrarse amarradas al sistema de conducción, resultando por lo tanto, aún más ventajosos en términos de transporte y manipulación frente al resto de los tratamientos (Abad *et al.*, 2004). Consecuentemente, el material influyente en el aumento de la Da, sería el biofertilizante, mientras que los bajos valores serían aportadas por fibra de coco y perlita.

Cuadro 5. Resultados de las propiedades físicas de los sustratos.

Tratamiento	Densidad aparente	Espacio poroso	Espacio aire libre	AFD <sup>2</sup> (-60 a -1.000 hPa)
	-- $\text{g cm}^{-3}$ --	----- % vol -----		
<b>T1</b> (100 - 0 - 0 ) <sup>1</sup>	0,659	69,04	30,12	5,53
<b>T2</b> ( 0 -100 - 0 )	0,102	74,72	45,56	8,79
<b>T3</b> ( 0 - 0 -100 )	0,141	70,72	35,58	5,13
<b>T4</b> ( 50 - 50 - 0 )	0,361	62,42	29,06	5,53
<b>T5</b> ( 50 - 0 - 50 )	0,504	66,11	29,37	9,81
<b>T6</b> ( 0 - 50 - 50 )	0,137	65,15	37,01	6,52
<b>T7</b> ( 70 - 15 - 15 )	0,457	61,85	26,79	8,62
<b>T8</b> ( 15 - 70 - 15 )	0,305	60,18	29,13	6,21
<b>T9</b> ( 15 - 15 - 70 )	0,241	64,87	32,44	8,62
<b>T10</b> ( 33,3- 33,3- 33,3)	0,395	60,82	30,20	7,78

<sup>1</sup> Porcentaje de biofertilizante orgánico, fibra de coco y perlita expandida respectivamente.

<sup>2</sup> AFD: Agua Fácilmente Disponible

Las mayores Da de las mezclas 5, 6, 8, 9 y 10, con respecto a los materiales integrantes de las mezclas, son resultado de la contracción del volumen, debido al acomodamiento de las partículas al ser éstas de diversos tamaños. Esto lo reafirma Burés (1997), agregando que las mezclas resultantes tienen mayor Da y menor porosidad que antes de mezclar. A la vez, los tratamientos 4 y 7, registran una densidad aparente por debajo del promedio de los materiales antes de mezclar. Esto puede deberse a que los tratamientos presentan una menor proporción de partículas menores a 1 mm de diámetro, lo cual generaría un menor acomodamiento de las partículas.

El espacio poroso es definido como el volumen total del medio de cultivo no ocupado por partículas orgánicas o minerales y cuyo óptimo debería superar el 85% del volumen del sustrato (Abad, 1993). Los resultados de este parámetro para los distintos tratamientos no

se ajustan al óptimo indicado anteriormente (Cuadro 5). A la vez, se destaca que T2 (100% fibra de coco) corresponde al que presenta un mayor porcentaje de espacio poroso, seguido por T3 (100% perlita expandida), mientras que T8 (70% fibra de coco, 15% biofertilizante y 15% perlita expandida) presenta el menor porcentaje. Estos bajos valores serían resultado del amplio rango de partículas presentes en cada sustrato, y como se había indicado anteriormente, se favorecería el reordenamiento de éstas, por lo que en el tiempo provocaría retenciones excesivas de agua e insuficiencia en la aireación.

Burés (1997); Martínez (2005); Masaguer y López-Cuadrado (2006), señalan que los sustratos mal aireados provocan que las raíces se agrupen en la parte superior del contenedor, produciéndose entonces un desarrollo radicular horizontal que continúa por la pared del contenedor buscando el aire en el límite sustrato-maceta, debido al aumento en la porosidad formado entre en las partículas y la pared del contenedor. Esto se traduce en un débil enraizamiento, raíces apenas exploran la parte central del sustrato y tienden a enrollarse afectando la supervivencia de la planta. Además Burés (1997); Martínez (2005), señalan que es muy común encontrar que los sustratos presenten una zona saturada en el fondo de la maceta, el que en magnitud dependerá del potencial matricial del sustrato. Esto generaría un efecto negativo en el crecimiento de la raíces y por lo tanto, en el consumo de los nutrientes, debido principalmente a la deficiencia de oxígeno, siendo tal vez el síntoma más precoz y fácilmente detectable de los primeros problemas, el empardecimiento de las raíces (Urrestarazu, 2004).

Las características mencionadas anteriormente, fueron observadas en los tratamientos 4, 5, 7 y 10, y con mayor énfasis en T1 compuesto de 100% de biofertilizante (Figura 3), siendo importante destacar el gran contenido de raíces explorando superficialmente, y que incluso luego de un lavado para retirar el sustrato se denota el claro desarrollo de las raíces absorbentes dando una forma de arco en la parte superior, por último al momento de analizar el centro del sustrato realizando un corte transversal, es muy notorio el empardecimiento y pudrición en distintos niveles de las raíces. Por el contrario los tratamientos 2, 3, 6, 8 y 9 muestran raíces más claras, incluso blancas correspondiendo a raíces activas, además de una mayor exploración del medio (comportamiento de otros tratamientos se observan en Anexo VI).

Con respecto a los valores de espacio de aire libre (Cuadro 5), se destaca que los tratamientos 1, 4, 5, 7, 8 y 10 se encuentran dentro del óptimo indicado por Abad *et al.* (2004), entre un 20 y 30% del volumen del sustrato; mientras que los tratamientos 2, 3, 6 y 9 registran valores por encima del óptimo, siendo T2 (100% fibra de coco) el que registró el mayor valor. Estos autores además indican que debido al alto contenido de macroporos, gran parte del agua se pierde por gravedad, lo que influiría en la baja capacidad de retención de agua, pero a la vez, estarían muy bien aireados, contrastando con lo mencionado para espacio poroso, donde se señala que los sustratos estarían mal aireados. Sin embargo, es importante destacar que la metodología descrita por Dane y Hopmans (2002), y realizada para la determinación de estas propiedades, tendría un efecto en los resultados dado por la altura del cilindro utilizado en la caracterización, correspondiendo



éste, a la mitad del contenedor. Ansorena (1994), indica que a un mismo volumen de sustrato, éste retendrá más agua mientras menor sea la altura del contenedor.

Abad (1993), señala que cuando se utilizan contenedores pequeños o pocos profundos, son preferibles los sustratos de textura gruesa, los cuales mantienen una aireación adecuada. Dado esto se destacan los tratamientos que en su composición prevalecería tanto la fibra de coco y/o la perlita expandida. Aunque el menor espacio de aire libre de T8 (70% fibra de coco, 15% biofertilizante y 15% perlita expandida), en comparación a T2 (100% fibra de coco), estaría dado por la gran presencia de partículas menores a 1 mm, alcanzando uno de los mayores valores (41%).



Figura 3. Comportamiento de raíces de T1 (100% biofertilizante orgánico) tras finalizado el ensayo. A – B: Exploración superficial de raíces; C: Perfil previo a un lavado y; D: Perfil luego de un lavado, con un notorio empardecimiento de las raíces.

Ansorena (1994), indica que más que el CRA de un sustrato, interesa la capacidad de retención de Agua Fácilmente Disponible (AFD), definiéndose ésta como la cantidad de agua retenida por el sustrato entre la Capacidad Del Contenedor (CDC; -60 hPa) y PMP (-1.000 ó -1.500 hPa), dado esto se destaca con respecto a los -1.000 hPa como PMP (Cuadro 5), que todos los tratamientos se encuentran por debajo del óptimo indicado por Abad *et al.* (2004), entre 20 y 30 % del volumen del sustrato, aunque según Urrestarazu y Salas (2004), mencionan que cuando un sustrato presente una fracción de AFD muy pequeña, es recomendable el uso de contenedores tipo saco, interpretándose que el ensayo al ser realizado en este tipo de contenedores, los resultados de AFD de todos los tratamientos sería aún mayor a lo registrado.

El bajo contenido de AFD sería resultado de la existencia de una baja porosidad total, o también porque la porosidad existente estaría conformada en sus totalidad por poros muy pequeños, por lo que las plantas serían incapaces de extraer una parte importante de agua antes de marchitarse, esto se daría en una mayor proporción en los tratamientos 1 y 10, dado su alto porcentaje de partículas  $> 0$  y  $< 0,5$  mm, las cuales como se había mencionado son las que retienen grandes cantidades de agua difícilmente disponible para la planta, además de estar mal aireados. La presencia de sustratos con macroporos ( $>50 \mu\text{m}$ )<sup>2</sup>, también se presenta como un factor influyente, ya que facilitaría que gran parte del agua se perdiera por gravedad, acentuándose en los tratamientos 2, 3, 6 y 9. A la vez, la baja cantidad de AFD podría deberse a una combinación de las situaciones anteriormente señaladas (Abad, 1993). Agregando Ansorena (1994), que la cantidad de agua disponible en el sustrato va a depender no sólo del tamaño de los poros sino que también de la concentración de sales en la solución acuosa, por lo tanto, los sustratos conformados en un alto porcentaje por el biofertilizante, afectarían en mayor grado la disponibilidad de agua.

## Propiedades químicas

**Determinación de Materia Orgánica (MO), Carbono Orgánico (CO), Nitrógeno total (N) y relación Carbono/Nitrógeno (C/N).** En el Cuadro 6, se presentan las propiedades químicas iniciales de MO, CO, N y la relación C/N, de los diferentes sustratos a excepción del tratamiento 3 por ser un material inerte. En el contenido de MO se destaca que sólo el tratamiento 2 (100% fibra de coco) alcanzó el nivel óptimo (mayor a 80%) indicado por Abad *et al.* (1993), incluso el 93,5% de MO presente en este tratamiento se encuentra dentro del intervalo de variación de 13 muestras de fibra de coco estudiadas por Abad *et al.* (1997, citado por Abad *et al.*, 2004). A su vez, el sustrato que registró el menor contenido de MO correspondió al tratamiento 9, esto sería resultado del alto porcentaje (70%) de perlita presente en la mezcla.

---

<sup>2</sup> Seguel, O. Ingeniero Agrónomo. Dr., especialista en Física de Suelos. Universidad de Chile. Departamento de Ingeniería y suelos. 2010 (Comunicación Personal).

La relación C/N se usa tradicionalmente como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y de su estabilidad, considerándose óptima para el cultivo en sustrato cuando la relación es inferior a 40 (Abad *et al.*, 2004). Con respecto a esto se puede observar que la mayoría de los sustratos, a excepción de T2 y T6 cumplen con lo señalado (Cuadro 6). Entre los tratamientos que presentaron una relación C/N superior a 40, se destaca la fibra de coco como el material responsable de dicho incremento, llegando incluso a una relación de 89,5 en T2. Además Burés (1997), agrega que cuando la relación C/N es alta, facilitaría la descomposición de la materia orgánica e induciría a deficiencias de nitrógeno, por lo que es recomendable que se realice el proceso de compostaje previo a su uso como sustrato, aunque para el caso de la fibra de coco, esto sería opcional debido a su alto contenido de lignina y celulosa, correspondientes a materiales muy resistentes a la degradación por microorganismos (Domeño *et al.*, 2009).

Cuadro 6. Propiedades químicas de los distintos sustratos.

Tratamiento	MO	CO	N	C/N
	----- % -----			
<b>T1</b> (100 - 0 - 0 ) <sup>1</sup>	27,50	15,30	1,39	11,00
<b>T2</b> ( 0 -100 - 0 )	93,50	51,90	0,58	89,50
<b>T3</b> ( 0 - 0 -100 )	-	-	-	-
<b>T4</b> ( 50 - 50 - 0 )	34,00	18,90	1,15	16,40
<b>T5</b> ( 50 - 0 - 50 )	22,00	12,20	1,03	11,80
<b>T6</b> ( 0 - 50 - 50 )	27,00	15,00	0,16	93,80
<b>T7</b> ( 70 - 15 - 15 )	26,50	14,70	1,16	12,70
<b>T8</b> ( 15 - 70 - 15 )	38,00	21,10	0,97	21,80
<b>T9</b> ( 15 - 15 - 70 )	18,00	10,00	0,61	16,40
<b>T10</b> ( 33,3- 33,3- 33,3)	26,00	14,40	1,12	12,90

<sup>1</sup> Porcentaje de biofertilizante orgánico, fibra de coco y perlita expandida respectivamente.

<sup>2</sup> MO: Materia Orgánica

<sup>3</sup> CO: Carbono Orgánico

<sup>4</sup> N: Nitrógeno total

<sup>5</sup> C/N: Relación Carbono/Nitrógeno

Fuente: AGROLAB, 18 junio 2010.

A todo esto Abad *et al.* (1993); Martínez (2005), agregan que una adecuada relación C/N no sólo debe ser menor a 40, si no que ésta debe también ser mayor a 20, desprendiéndose que sólo el tratamiento 8 lograría aquella relación. Incluso Burés (1997), considera como válidas relaciones entre 15 y 50, destacando que relaciones más bajas conducen a una pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco. Estos bajos valores serían encontrados en los tratamientos donde participaría principalmente el biofertilizante (1, 5, 7 y 10), llegando a ser el tratamiento 1 (100% biofertilizante) el sustrato con la más baja relación.

**Determinación de pH.** En la Figura 4, se observa la evolución mensual de los pH de los diversos tratamientos.

El pH óptimo en el extracto de saturación para el tomate está entre 5,5 y 6,8 (Escudero, 1993). Los tratamientos 2, 3, 6 y 8 se encuentran dentro del óptimo indicado a lo largo del ensayo, en cambio el resto de los tratamientos presentan un pH por sobre éste. Incluso se destaca que todos los tratamientos en muchas ocasiones sufrieron un aumento de pH, lo que se ajustaría a lo mencionado por Adams (2004), el cual señala que el pH en la zona radical normalmente aumenta, lo que se debería a la liberación de iones bicarbonatos, los cuales se intercambiarían por otros iones, principalmente nitratos cuando estos son absorbidos por las raíces. Por lo tanto, será necesario realizar un ajuste de sus pH, recomendación implementada a lo largo del ensayo agregando un acidificante (ácido fosfórico).

Sin embargo, es importante señalar que la alcalinidad presente en los tratamientos a lo largo del ensayo son resultados de la metodología implementada para su determinación (dilución de 1:5), Ansorena (1994), menciona que en general las suspensiones con un gran contenido de solución extractante presentan valores de pH un poco mayor a lo que se registraría al tomar un extracto sin diluirlo. Por lo que al ajustarlos con el acidificante, podrían quedar por debajo del óptimo recomendado. Dentro de las mezclas que se ajustarían al óptimo mencionado sin considerar la dilución, se encuentran los tratamientos 2, 3, 6 y 8. De esto se puede deducir que posiblemente estos tratamientos luego del ajuste siguieron registrando un pH dentro del rango óptimo o, posiblemente quedaron por debajo de éste, interpretándose que se podrían obtener mejores resultados.

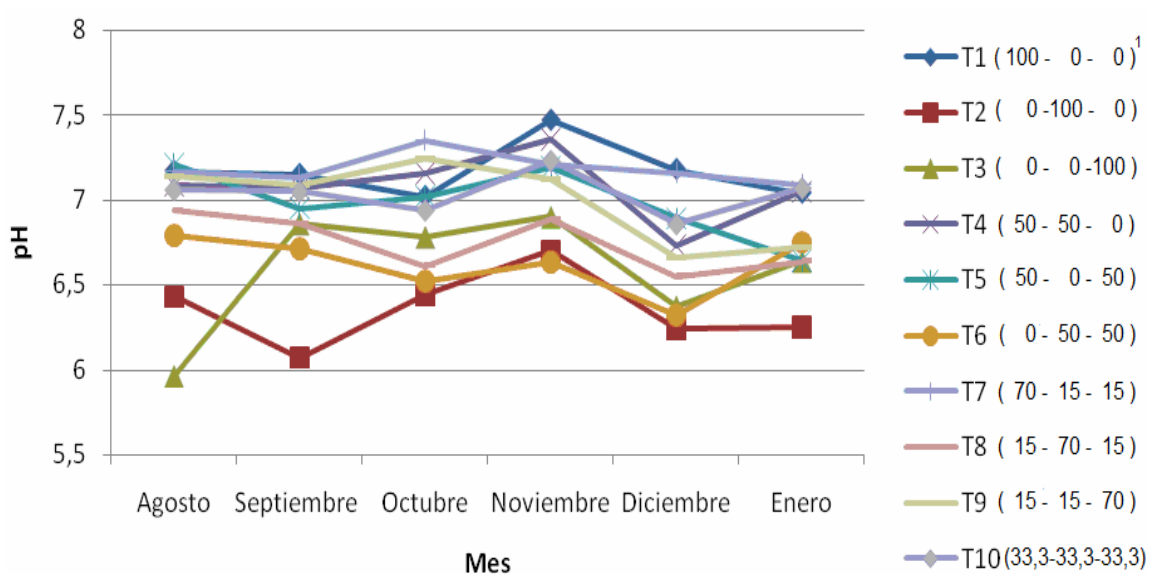


Figura 4. Evolución mensual del pH promedio de cada tratamiento. <sup>1</sup> Porcentaje de biofertilizante orgánico, fibra de coco y perlita expandida respectivamente.

**Determinación de Conductividad Eléctrica (CE).** Se refiere a la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato (Abad *et al.*, 2004). Los resultados para cada tratamiento se pueden observar en la Figura 5.

Se destaca, que el tratamiento 3 (100% perlita expandida) registra la menor CE inicial, incluso cercana a los  $0 \text{ dS m}^{-1}$ , alcanzando un valor similar a lo propuesto por Burés, (1997), entre  $0,01 - 0,12 \text{ dS m}^{-1}$ . El sustrato que sigue corresponde a T6 compuesto por fibra de coco y perlita expandida en una misma proporción, alcanzando  $0,22 \text{ dS m}^{-1}$ , este valor sería resultado de las bajas CE presentes en cada material constituyente de la mezcla, ya que en el caso del tratamiento 2 (100% fibra de coco), la CE inicial obtenida fue de  $0,39 \text{ dS m}^{-1}$ , valor mínimo encontrado por Abad *et al.*, (1997, citado por Abad *et al.*, 2004).

El tratamiento 1 (100% biofertilizante) es el que presentó la mayor CE inicial, alcanzando  $3,29 \text{ dS m}^{-1}$ , además los sustratos compuestos por aquel material (5 y 7), registraron CE iniciales superiores a  $2 \text{ dS m}^{-1}$ , indicando Abad *et al.*, (1993) que estarían por sobre el nivel óptimo entre  $0,75-1,99 \text{ dS m}^{-1}$  en pasta saturada. También se observa una baja drástica en el tratamiento 1 hasta el segundo muestreo, el cual pudo deberse al riego de saturación realizado al inicio del ensayo, provocando el lavado de sales solubles, agregando que a todos los tratamientos luego de conocidas las CE, se les realizó durante un día un riego sólo con agua, aunque es importante destacar que lo ideal para un buen manejo sería realizar muestreos de pH y CE de forma diaria.

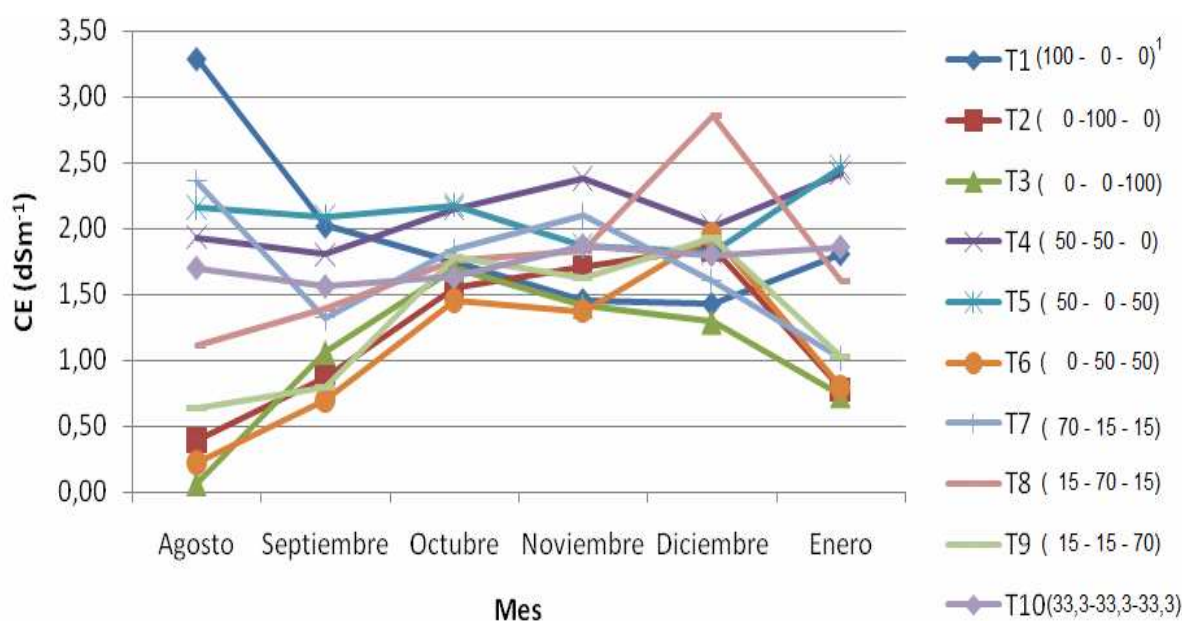


Figura 5. Evolución mensual de la CE promedio ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de cada tratamiento. <sup>1</sup> Porcentaje de biofertilizante orgánico, fibra de coco y perlita expandida respectivamente.



En cuanto a lo largo del ensayo se puede observar que todos los tratamientos presentaron un comportamiento muy variable, siendo T1 el que presentó la más alta diferencia desde 3,29 a 1,43  $dS\ m^{-1}$ , mientras que el menos variable correspondió a T10 desde 1,87 a 1,56  $dS\ m^{-1}$ . Además, los tratamientos 1, 4, 5, 7, 8 y 10 presentan los más altos valores incluso por sobre el óptimo, el cual por efecto osmótico no sólo reducirían la absorción hídrica de la planta si no que además disminuirían o suprimirían la absorción de nutrientes esenciales, debido a la competencia de estos en la entrada a la célula (Fernández, 1990). Cuartero *et al.*, (1995) señalan que la alta salinidad de los sustratos se puede ver reflejada en la disminución del sistema radicular, abarquillamiento de hojas adultas, hojas jóvenes más pequeñas, de color verde más intenso y enrolladas sobre sí mismas, esta sintomatología fue observada en el ensayo, principalmente en los tratamientos 1, 4, 5 y 7 (Figura 6).

Los aumentos de la CE durante el ensayo serían principalmente producto del biofertilizante, debido a la presencia de fertilizantes insolubles como los de liberación lenta y/o una elevada Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), y si al mismo tiempo, el biofertilizante se descompone en el transcurso del cultivo liberaría nutrientes (Abad *et al.*, 2004). Por lo que un correcto manejo sería considerar lo que el sustrato orgánico aportaría a la planta, para evitar así, aplicaciones excesivas de nutrientes.

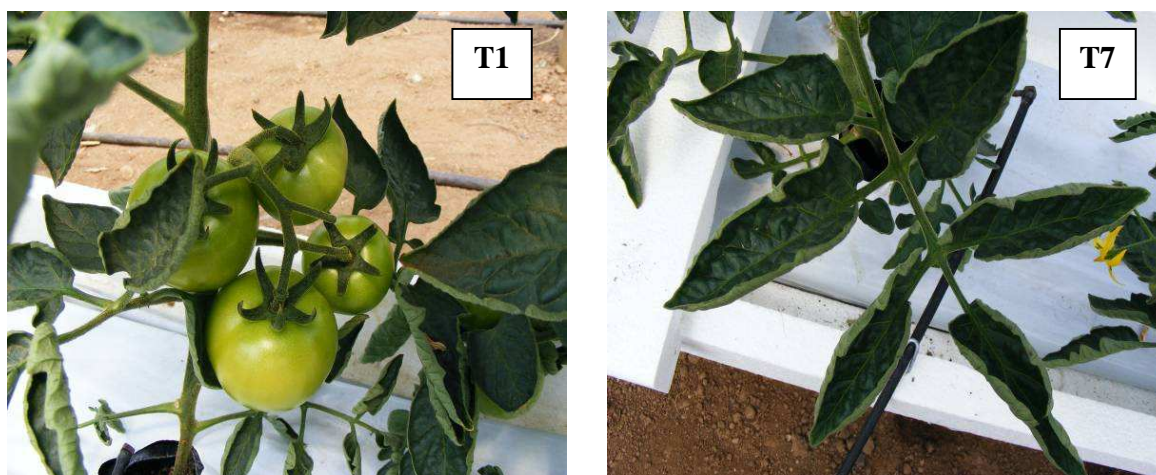


Figura 6. Abarquillamiento y color verde intenso en hojas, productos de la alta salinidad.  
T1: 100% biofertilizante orgánico y T7: 70% biofertilizante orgánico, 15% fibra de coco y 15% perlita expandida.

Burés (1997) indica que para los sustratos con CE mayores a 2  $dS\ m^{-1}$  en diluciones de 1:2,5, es recomendable una corrección de la salinidad, Martínez (2005) señala que a mayor dilución de las suspensiones acuosas (en ensayo 1:5), se generan menores valores de CE del filtrado, por lo que para una buena interpretación, éstas deberían ser transformadas sobre la base de la dilución hecha. Sin embargo no se han encontrado investigaciones con respecto a esta dilución, pero sí a la del extracto volumétrico 1:6, aunque resultaría incorrecta realizar

esta transformación. De acuerdo a esto, se desprende que los valores de CE registrados, estarían por debajo de la realidad al compararlos con el extracto de saturación, por lo que al transformarlos probablemente se encontrarían valores de CE elevadas, incluso por encima del rango de tolerancia del tomate determinada en el extracto de saturación, entre 2 a 3,5  $dS\ m^{-1}$  (Abad *et al.* 2004).

## Propiedades biológicas

**Determinación de fitotoxicidad.** El empleo de materiales orgánicos sin un adecuado grado de madurez puede provocar efectos negativos en las plantas, debido a la presencia de metabolitos intermediarios fitotóxicos (Zuconi *et al.*, 1985). La caracterización biológica, especialmente el índice de fitotoxicidad, es considerado un factor determinante cuando se incorporan ciertos sustratos en pequeños contenedores, ya que se maximiza la zona de retención (efecto maceta), adquiriendo mayor relevancia (Varnero *et al.*, 2007).

De acuerdo con la Norma Chilena de Compost (INN, 2004), se define como material maduro cuando el Porcentaje de Germinación Relativo (PGR) realizado en rabanito supera el 80%. Según lo anterior, se puede inferir que los resultados obtenidos en el potencial de fitotoxicidad determinada mediante el Test de Germinación de semillas de pepino e indicados en el Cuadro 7, arrojan que todos los tratamientos corresponderían a un material maduro dado sus valores de PGR. Sin embargo, esto regiría si la especie utilizada hubiera sido rabanito, por lo tanto, se analizó según lo propuesto por Zuconi *et al.* (1981), señalando que el Índice de Germinación (IG) es un indicador más completo para determinar la fitotoxicidad, ya que integraría el PGR y el Crecimiento Relativo de Radícula (CRR). Se establecen tres niveles de fitotoxicidad:

IG: > 80% → baja o nula fitotoxicidad  
 IG: 50 - 80% → moderada fitotoxicidad  
 IG: < 50% → alta o severa fitotoxicidad

Según los valores de IG, se indica que los tratamientos 1, 4, 5, 7, 8 y 10, registran una fitotoxicidad moderada, mientras que los tratamientos 2, 3, 6 y 9 presentan una baja o nula fitotoxicidad. El primer caso se explicaría por la presencia de metabolitos o compuestos fitotóxicos como ácidos orgánicos volátiles, a causa de un proceso de biodegradación incompleto, que estaría afectando al biofertilizante. Todos los tratamientos que tienen una fitotoxicidad moderada poseen en su composición un cierto porcentaje de biofertilizante, reafirmando con el resultado arrojado por T1 (100% biofertilizante), alcanzando el IG más bajo en comparación con el resto de los tratamientos, incluso cercano a una severa fitotoxicidad.

Cuadro 7. Potencial de fitotoxicidad según porcentaje de germinación *in vitro* y largo de radícula en semillas de pepinos.

Tratamiento	PGR <sup>2</sup>	CRR <sup>3</sup>	IG <sup>4</sup>
	----- % -----		
<b>T1</b> (100 - 0 - 0 ) <sup>1</sup>	86,90	59,30	51,53
<b>T2</b> ( 0 -100 - 0 )	94,05	114,23	107,43
<b>T3</b> ( 0 - 0 -100 )	94,05	103,66	97,49
<b>T4</b> ( 50 - 50 - 0 )	90,48	80,92	73,21
<b>T5</b> ( 50 - 0 - 50 )	91,67	80,98	74,23
<b>T6</b> ( 0 - 50 - 50 )	90,48	114,67	103,75
<b>T7</b> ( 70 - 15 - 15 )	96,43	65,00	62,67
<b>T8</b> ( 15 - 70 - 15 )	85,71	82,03	70,31
<b>T9</b> ( 15 - 15 - 70 )	91,67	99,85	91,53
<b>T10</b> ( 33,3- 33,3- 33,3)	91,67	78,64	72,09
<b>Testigo</b>	-	-	-

<sup>1</sup> Porcentaje de biofertilizante, fibra de coco y perlita respectivamente.

<sup>2</sup> PGR: Porcentaje de Germinación Relativo.

<sup>3</sup> CRR: Crecimiento Relativo de Radícula.

<sup>4</sup> IG: Índice de Germinación.

Es importante destacar que la disminución en el largo de radícula, está relacionada con la presencia de metabolitos moderadamente fitotóxicos, los cuales son incapaces de impedir la germinación de las semillas, pero sí limitar el desarrollo de sus radículas (Varnero *et al.*, 2007). Esto se ve en T7, el cual su porcentaje de germinación es cercano al del testigo, mientras que su largo de radícula está muy por debajo del testigo.

Los tratamientos que presentan una nula o baja fitotoxicidad, corresponden a mezclas constituidas por perlita expandida y fibra de coco, donde los tratamientos 2, 3 y 6, serían los que presentan los mayores largos de radícula, incluso superando a lo logrado por el testigo. Esto generaría que los IG sean cercanos al 100%.

Los resultados con respecto a la fibra de coco están en los rangos de nula o baja fitotoxicidad, aunque según lo indicando por Burés (1997), es muy común encontrar fitotoxicidad en materiales frescos de este material, por lo que recomienda como opción un compostaje antes de su uso en mezclas para sustratos.



## Respuesta de plantas de tomate a los tratamientos

### Precocidad

Los Días Después del Trasplante (DDT) a la primera cosecha, se consideran de gran importancia, ya que este estadío determinaría la precocidad, al obtener frutos antes que la mayoría del producto salga al mercado, por lo cual lograría mejores precios (Diez, 1995).

Lamentablemente, los resultados (Cuadro 8) no mostraron diferencias significativas en el primer racimo, y tampoco mostraron una tendencia muy clara en el resto de los racimos. Encontrándose en el segundo racimo, T4 y T10 como los tratamientos más precoces, presentando diferencias significativas con los tratamientos 1, 3 y 6; en tanto en el tercer racimo esas diferencias se mantienen solo para T4.

El tratamiento 1, muestra la tendencia a ser significativamente el más tardío en todos los racimos cosechados, apareciendo también los tratamientos 3 y 6 como tardíos en varios racimos, sufriendo una demora de hasta 12 días respecto de los tratamientos más precoces en algunos racimos.

A la vez, la mayor precocidad de los tratamientos en los racimos donde hubo diferencias significativas (2, 3, 4, 5 y 6), puede ser en respuesta a la actividad biológica que existe en todo material orgánico, lo que produciría un aumento de temperatura al interior del contenedor favoreciendo un rápido desarrollo de la planta (Chamarro, 1995), viéndose favorecida esta situación por las condiciones ambientales que prevalecen en los invernaderos Abad *et al.* (2004). Incluso Dogliotti (s.a.), recalca que el factor determinante de la precocidad del cultivo del tomate, corresponde a la temperatura, la cual afecta a lo largo del ciclo de desarrollo del órgano, a la tasa de crecimiento potencial, por ejemplo, a mayor temperatura se alcanza antes la tasa de crecimiento máxima de un fruto y la maduración de éste.

Por lo anterior, se deduce que todos los tratamientos a excepción de T3, estarían sufriendo este proceso, debido a la presencia de fibra de coco en cada mezcla, y más aún, a la del biofertilizante, dado por la inmadurez de éste, indicado por el índice de fitotóxicidad, pero éste último sustrato compuesto de 100% biofertilizante, debido a su alta CRA y a la falta de aireación, provocarían un retraso en el crecimiento y desarrollo (Escudero, 1993). Por el contrario, el resto de los tratamientos que contiene biofertilizante estarían sometidos a un estrés hídrico dado por su alta CE generando un desarrollo prematuro de las flores, adelantando a la vez el momento al estado de cosecha (Cuartero *et al.*, 1995; Vinten *et al.*, 1986).

Cuadro 8. Precocidad de los tratamientos de acuerdo al número de Días Después del Trasplante (DDT) al estado fenológico cosecha de cada racimo.

Tratamiento	Racimo						Fin cosecha <sup>ns</sup>
	1 <sup>ns</sup>	2	3	4	5	6	
	----- N° DDT a cosecha -----						
<b>T1</b> (100 - 0 - 0 ) <sup>1</sup>	91,3	110,3 bcd <sup>2</sup>	119,0 bc	126,8 bcd	136,8 bc	145,0 b	146,0
<b>T2</b> ( 0 -100 - 0 )	91,3	104,8 abc	116,8 abc	125,0 abc	134,0 ab	139,0 a	151,3
<b>T3</b> ( 0 - 0 -100 )	94,5	112,0 cd	122,0 c	132,0 d	139,0 c	144,3 ab	148,6
<b>T4</b> ( 50 - 50 - 0 )	93,0	102,0 a	112,3 a	124,5 abc	134,0 ab	140,0 ab	148,6
<b>T5</b> ( 50 - 0 - 50 )	89,3	104,5 ab	117,5 abc	124,5 abc	132,0 a	141,0 ab	147,8
<b>T6</b> ( 0 - 50 - 50 )	90,3	113,0 d	119,0 bc	127,0 cd	134,0 ab	139,0 a	147,8
<b>T7</b> ( 70 - 15 - 15 )	90,3	104,0 ab	113,0 ab	123,5 abc	132,0 a	139,3 a	146,9
<b>T8</b> ( 15 - 70 - 15 )	92,0	105,5 abc	114,8 ab	121,3 ab	133,0 a	139,0 a	146,0
<b>T9</b> ( 15 - 15 - 70 )	93,0	104,5 ab	113,0 ab	123,0 abc	132,0 a	139,0 a	145,1
<b>T10</b> ( 33,3- 33,3- 33,3)	94,5	101,5 a	113,0 ab	120,5 a	132,0 a	139,3 a	148,6

<sup>1</sup> Porcentaje de biofertilizante, fibra de coco y perlita respectivamente

<sup>2</sup> Letras diferentes en cada columna indican que existen diferencias significativas, según Tukey (p≤0,05).

<sup>ns</sup> No se encontraron diferencias significativas.

Sin embargo, un fenómeno destacable de estos resultados, sería que el desarrollo de las estructuras que definen cada estadio es independiente de la aparición del estadio inmediatamente anterior. Por ejemplo, en el racimo 5, T8 fue el primero en llegar al estado de cuaja, mas no fue de los primeros en ser cosechados.

De acuerdo a lo registrado en literatura, Roselló *et al.* (1998), en un estudio en plantines de tomate cultivados en 20 diversos sustratos, encontraron que los sustratos compuestos de 50% compost con 50% perlita, logran un mayor desarrollo, seguido por los sustratos donde se encuentra presente el compost. Confirmando una precocidad dada fundamentalmente por este material.

### Componentes de Rendimiento

Tal como se habría esperado, en relación al número de frutos (Cuadro 9), estos no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Lo anterior se dio ya que las plantas se ralearon a un óptimo de 5 frutos por racimo y en el caso que no se alcanzó tal número, en el próximo racimo se compensó raleando a un máximo de 6 frutos, correspondientes al óptimo indicado por Escaff *et al.* (2005). Es así, como los distintos tratamientos tuvieron valores cercanos a los 30 frutos por planta, entre los seis racimos.

El racimo 1 fue el que menos aportó al número de frutos en todos los tratamientos. Esto se puede haber debido a que se presentó una floración escalonada, lo cual no permitió una estimulación satisfactoria del bioestimulante Rukam-cuaja sobre la totalidad de las flores. Consistentemente se ha propuesto, que una segunda aplicación al primer racimo, generaría mejores resultados (Escaff *et al.*, 2005).

Cuadro 9. Resultados de variables determinantes del rendimiento de cada tratamiento.

Tratamiento	Nº Frutos <sup>ns</sup>	Peso fruto	Rendimiento
	--- u ---	--- g ---	--- ton ha <sup>-1</sup> ---
<b>T1</b> (100 - 0 - 0 ) <sup>1</sup>	27,13	143,42 abc <sup>2</sup>	107,16 ab
<b>T2</b> ( 0 -100 - 0 )	29,50	160,09 bcd	130,36 cd
<b>T3</b> ( 0 - 0 -100 )	27,50	161,05 bcd	122,17 bcd
<b>T4</b> ( 50 - 50 - 0 )	28,00	135,42 a	104,01 a
<b>T5</b> ( 50 - 0 - 50 )	28,75	152,11 abcd	120,65 abcd
<b>T6</b> ( 0 - 50 - 50 )	28,88	173,03 d	137,94 d
<b>T7</b> ( 70 - 15 - 15 )	28,63	149,02 abc	117,63 abc
<b>T8</b> ( 15 - 70 - 15 )	28,00	165,95 cd	128,23 cd
<b>T9</b> ( 15 - 15 - 70 )	27,13	140,07 ab	104,83 ab
<b>T10</b> ( 33,3- 33,3- 33,3)	28,88	146,36 abc	115,90 abc

<sup>1</sup> Porcentaje de biofertilizante orgánico, fibra de coco y perlita expandida respectivamente.

<sup>ns</sup> No se encontraron diferencias significativas.

<sup>2</sup> Letras diferentes en cada columna indican que existen diferencias significativas, según Tukey (p<0,05).

Para determinar el rendimiento de cada tratamiento, es importante señalar además del número de frutos, el peso de estos (Ho y Hewitt, 1986). En cuanto a esta variable (Cuadro 9) se observa que T6 y T8, registraron los mejores pesos medio por fruto, siendo el material fibra de coco y perlita expandida los que estarían aportando en mayor medida. Por el contrario, T4 registró el menor peso medio por frutos, el cual sería resultado tanto del exceso de sales presente (Goykovic y Saavedra, 2007), como también del alto contenido de partículas menores a 1 mm, lo que disminuye la disponibilidad de agua para la planta (Aguilar y Baixauli, 2002; Ansorena, 1994; Burés, 1997).

Sumándose a lo anterior, T9 también registró un bajo peso medio por fruto, el cual podría ser resultado de la pérdida de estabilidad granulométrica de la perlita (Abad *et al.*, 2004), lo que favorecería el anegamiento en la parte inferior del saco. Los cuatro primeros racimos no presentaron diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Apéndice IV), mientras que en los racimos 5 y 6, es destacable la disminución del peso, incluso en el último racimo alcanzó 119,3 g estando muy por debajo del promedio de la planta. Esto confirmaría que en la etapa final del ensayo se estarían generando problemas como el mencionado anteriormente. Por lo tanto, para observar cambios en las propiedades físicas, es recomendable realizar una evaluación a los sustratos luego de finalizado el cultivo<sup>3</sup>.

Se pudo observar un bajo peso medio de frutos en el racimo 1 (Apéndice IV), el cual se debería a la obtención de frutos gracias a la aplicación del bioestimulante, lo que desencadena la síntesis de fitohormonas de crecimiento, favoreciendo tanto la división como la elongación celular de los frutos, no produciéndose ni gel ni semillas en los lóbulos (Escaff *et al.*, 2005), responsables de gran parte del peso del fruto (Chamarro, 1995).

Al analizar el rendimiento (Cuadro 9), se destaca al igual que en el peso de los frutos, el mayor valor lo registró T6, siendo significativamente superior a los tratamientos 1, 4, 7, 9 y 10. Esto dado fundamentalmente por el bajo peso por fruto registrado en cada tratamiento.

Los resultados encontrados en esta investigación no concuerdan con lo señalado por Berrios (1996), el cual concluye que el material compostado tendría mejores resultados frente a un sustrato 100% perlita. Además, Mazuela y Urrestarazu (2005), evaluando sustratos de compost y fibra de coco en la producción de melón, concluyen que estos dos sustratos alcanzaron un mismo rendimiento y calidad de los frutos, agregando que el compost puede utilizarse directamente como sustrato sin necesidad de ser mezclado. Por el contrario, García *et al.* (2001), al comparar diversos sustratos, entre ellos un tipo de compost y polvo de coco para la producción de plantas ornamentales, concluyeron que la mejor calidad y productividad estuvo dada por el polvo de coco. Esto se relacionaría a lo obtenido en esta investigación, considerando que la fibra de coco contiene polvo de coco en su formulación.

---

<sup>3</sup> Seguel, O. Ingeniero Agrónomo. Dr., especialista en física de suelos. Universidad de Chile. Departamento de Ingeniería y suelos. 2010 (Comunicación Personal).

En un estudio similar (Muro *et al.*, 2003), se evaluó tomate cv. Jack durante dos temporadas en diversos sustratos, encontrándose que tanto en el sustrato de perlita como el de fibra de coco, no registraron diferencias significativas en cuanto al número de frutos, además presentaron valores inferiores a lo encontrado en este ensayo, a excepción del segundo ciclo con una perlita nueva, donde se alcanzó el mismo número de frutos que el registrado en este ensayo (76 frutos m<sup>-2</sup>), favoreciéndose así la comparación con respecto a la producción total, la cual indica que este ensayo estuvo muy por debajo (12,2 kg m<sup>-2</sup>) con respecto a lo logrado por estos autores (17,8 kg m<sup>-2</sup>). También se puede indicar que en ambos ensayos la perlita resultó estadísticamente igual al sustrato fibra de coco.

En otro estudio, investigando el tomate cv. Jack en fibra de coco y perlita, señalan que en estos dos sustratos, tanto el rendimiento como el número de frutos, no presentaron diferencias significativas (Muro *et al.*, 2004, citado por Urrestarazu *et al.*, 2005). Además, Petit (2004), evaluó el comportamiento del tomate sobre diversos sustratos, señalando a la fibra de coco como un sustrato muy productivo, alcanzando 165,3 g fruto<sup>-1</sup>, valor cercano a lo encontrado en este ensayo. A la vez, López-Marín *et al.* (2008), al cultivar clavel en distintos niveles de fibra de coco (50-70-100%) complementada con turba y vermiculita, indican un buen desarrollo y calidad de plantas en cualquier nivel de fibra de coco.

### Diámetro ecuatorial y polar

Como se puede apreciar en el Cuadro 10, los sustratos evaluados afectaron notoriamente los diámetros ecuatoriales y polares promedios de frutos, encontrándose que T4 presentó los menores diámetros, los que fueron significativamente diferentes de T6 en ambos casos. Además en el diámetro polar, cabe destacar que los tratamientos con mayor contenido de fibra de coco (T2, T6 y T8), presentaron diferencias significativas con el menor anteriormente indicado (T4).

Cuadro 10. Resultados de los diámetros ecuatorial y polar de frutos de cada tratamiento.

Tratamiento	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar
	----- cm -----	
<b>T1</b> (100 - 0 - 0 ) <sup>1</sup>	6,54 abc <sup>2</sup>	5,70 ab
<b>T2</b> ( 0 -100 - 0 )	6,83 abcd	5,79 b
<b>T3</b> ( 0 - 0 -100 )	6,92 bcd	5,73 ab
<b>T4</b> ( 50 - 50 - 0 )	6,42 a	5,53 a
<b>T5</b> ( 50 - 0 - 50 )	6,72 abcd	5,72 ab
<b>T6</b> ( 0 - 50 - 50 )	7,08 d	5,79 b
<b>T7</b> ( 70 - 15 - 15 )	6,67 abcd	5,71 ab
<b>T8</b> ( 15 - 70 - 15 )	6,94 cd	5,80 b
<b>T9</b> ( 15 - 15 - 70 )	6,52 ab	5,58 ab
<b>T10</b> ( 33,3- 33,3- 33,3)	6,62 abc	5,70 ab

<sup>1</sup> Porcentaje de biofertilizante, fibra de coco y perlita respectivamente.

<sup>2</sup> Letras diferentes en cada columna indican que existen diferencias significativas, según Tukey (p≤0,05).

## Clasificación de frutos

Los frutos se clasificaron entre 8 calibres, siendo 1 el más grande y 8 el más pequeño. No se registraron frutos dentro de los calibres 1, 7 y 8. Se destaca que el tratamiento 4 fue el único en obtener frutos dentro del calibre 6 por lo que se sumó al calibre 5, agregando que en este racimo sólo existieron diferencias significativas entre los tratamientos 4 y 8 (Figura 7).

Dentro del calibre 2, los rendimientos más altos lo presentaron los tratamientos 2 y 6, mientras que los tratamientos 4 y 5 obtuvieron 0% de frutos en este calibre, sin embargo, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

En el calibre 3, los tratamientos 2, 3, 5, 6, 8 y 10 concentran la mayor cantidad de frutos, llegando el tratamiento 6 a valores superiores al 80%, seguido por el tratamiento 8, ambos estadísticamente diferentes de los tratamientos 4 y 9 que son los que concentran su fruta en calibres más pequeños.

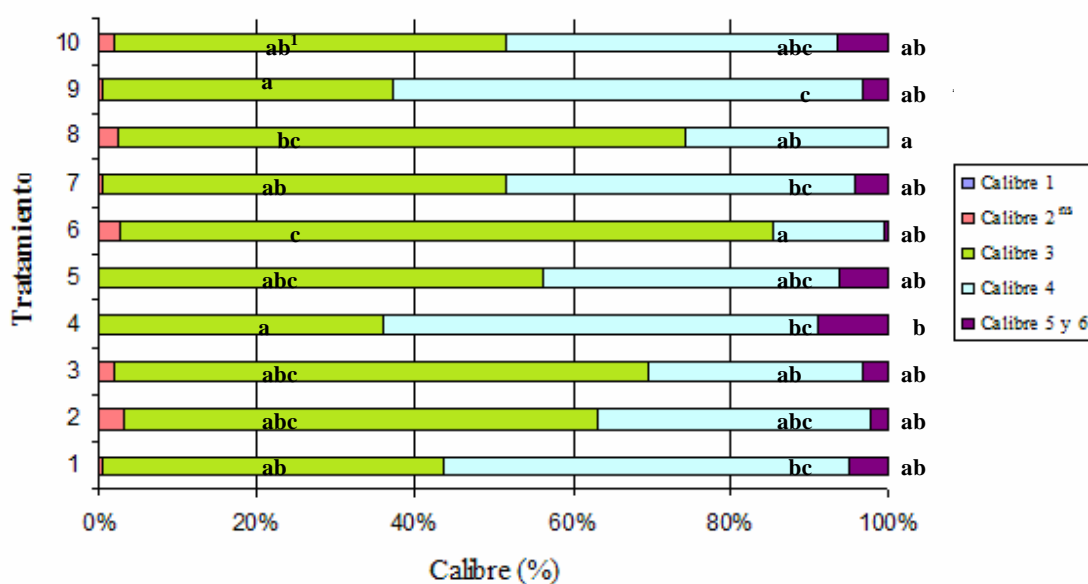


Figura 7. Clasificación de frutos por calibre. Tratamientos indican el porcentaje de biofertilizante, fibra de coco y perlita. T1:100-0-0, T2:0-100-0, T3:0-0-100, T4:50-50-0, T5:50-0-50, T6:0-50-50, T7:70-15-15, T8:15-70-15, T9:15-15-70 y T10:33,3-33,3-33,3. <sup>1</sup> Letras diferentes en calibres, indican que existen diferencias significativas, según Tukey ( $p \leq 0,05$ ). <sup>ns</sup> Indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para el calibre 2.

Dado lo anterior, queda de manifiesto que los tratamientos compuestos principalmente por el biofertilizante 1, 4, 7, más T9, alcanzarían menores precios dado por la mayor cantidad de frutos de menor calibre, los cuales son cotizados con un menor valor en el mercado. Incluso estos tratamientos superarían el 50% de frutos entre los calibres 4, 5 y 6, seguido muy de cerca por los tratamientos 5 y 10.

Al contrario de esta investigación Berrios (1996), encontró un mayor contenido de frutos de mayor calibre en los sustratos conformados con el material compostado, llegando incluso al 60%, mientras que en perlita se registraron los menores valores con 43% y 52% cultivado en sacos de 14 L y 10 L por planta respectivamente.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el ensayo y de acuerdo a los resultados obtenidos, es posible concluir:

El uso de sustrato elaborados a base de biofertilizante orgánico, fibra de coco y perlita expandida en distintas proporciones, no evidencian una mayor precocidad a la cosecha del tomate.

Plantas de tomate cultivadas en sacos rellenos con sustratos elaborados principalmente con fibra de coco y perlita expandida en proporciones iguales, obtienen mejores rendimientos y mayor calibre, que aquellas que se transplantan en biofertilizante. Sustratos con altas concentraciones de uno o el otro (fibra de coco o perlita expandida) podrían dar resultados similares. El mejor comportamiento de este sustrato, sería resultado de la alta capacidad de retención de agua, alto contenido de macroporos y a los menores pH y conductividades eléctricas.

Evaluaciones diarias a las propiedades químicas, además de evaluaciones post ensayo a las propiedades físicas, podrían ayudar a determinar mejores conclusiones respecto a los distintos sustratos (biofertilizante orgánico, fibra de coco y perlita expandida).

Debido a que la parte económica es un factor muy determinante a la hora de elección de un sustrato, resulta necesario realizar un estudio de acuerdo a la factibilidad técnico-económico, que permita establecer la conveniencia del uso de cada sustrato.



## BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M. 1991. Los sustratos hortícolas. Fundación para la investigación Agraria en la Provincia de Almería. II Congreso Nacional de Fertirrigación. Almería, España. 15 p.
- Abad, M. 1993. Características y propiedades. pp 47-62. *In:* Curso superior de especialización sobre Cultivos Sin Suelo. Cánovas, F y J. Díaz (Eds.). Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA. Almería, España. 372p.
- Abad, M., P. F. Martínez, M. D. Martínez, y J. Martínez. 1993. Evaluación Agronómica de los sustratos de cultivos. *Acta de Horticultura* 11: 141-154.
- Abad, M. 1995. Sustratos para el cultivo sin suelo. pp 131-166. *In:* El cultivo del tomate. Nuez, F. (Ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España. 793p.
- Abad, M., P. Noguera y C. Carrión. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelos. pp. 113-158. *In:* Urrestarazu, M. Tratado de cultivo sin suelo. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 911p.
- Adams, P. 2004. Aspectos de la nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo. pp. 81-111. *In:* Urrestarazu, M. Tratado de cultivo sin suelo. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 911p.
- Aguilar, J. y C. Baixauli. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias. *Sèrie de Divulgació Tècnica* N°53. Generalitat Valenciana. Valencia, España. Disponible en: <http://www.ivia.es/sdta/pdf/libros/n53.pdf>. Leído el 15 de junio de 2009.
- Amma, A. 2003. Cultivo si suelo en la producción de hortalizas bajo cubierta. *Revista IDIA XXI: Horticultura y Floricultura*. N°4 Agosto de 2003. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/horticola/hortalizas04.pdf>. Leído el 17 de junio 2009.
- Ansorena, J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 172p.
- Berrios, M. 1996. Evaluación técnica-económica de 7 mezclas de sustratos y 3 volúmenes de perlita en cultivo sin suelo de tomates bajo invernadero frío en la localidad de Ocoa, V región. Taller de licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile. 109p.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas P. L. Madrid, España. 342p.

- Cánovas, F. 1993. Principios básicos de la hidroponía. Aspectos comunes y diferenciales de los cultivos con y sin suelo. pp 29-42. *In: Curso superior de especialización sobre Cultivos Sin Suelo.* Cánovas, F y J. Díaz (Eds.). Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA. Almería, España. 372p.
- Cánovas, F. 1995. Manejo del cultivo sin suelo. pp. 227-254. *In: El cultivo del tomate.* Nuez, F. (Ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España. 793p.
- Carrasco, J. y S. González. 2006. Pasos para eliminar el bromuro de metilo en Chile. Protocolo de Montreal. *Revista Tierra Adentro.* INIA. N°68: 46-49.
- Chamarro, J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. Capítulo 2. pp. 44-91. *In: El cultivo del tomate.* Nuez, F. (Ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España. 793p.
- Cuartero, J., R. Fernández-Muñoz y J. González-Fernández. 1995. Estrés salino. pp 354-363. *In: El cultivo del tomate.* Nuez, F. (Ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España. 793p.
- Dane, J. H. and J. Hopmans. 2002. Water retention and storage. Pp. 671-720. *In: Methods of soil analysis.* SSSA Book Series 5. Part 4. Physical methods. Dane, J. and G. C. Topp (Co-eds.). Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- De Boodt, M., O. Verdonck and I. Cappaert. 1974. Methods for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Horticulturae* 37: 2054 – 2062.
- Díaz, E. 1991. Agricultura y suelos salinos. Fundación Chile. *Revista Agroeconómico*, Junio: 27-32. Disponible en: <http://trantor.sisib.uchile.cl/bdigital/>. Leído el 13 de mayo de 2010.
- Dickey, R., E. Mc Elwee, C. Conover and J. Joiner. 1978. Container growing of woody ornamental nursery plant in Florida. University of Florida. Agricultural experimental Station, Gainesville. *Bulletin* 793: 24-35.
- Diez, M. J. 1995. Tipos varietales. Capítulo 3. pp 93-129. *In: El cultivo del tomate.* Nuez, F. (Ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España. 793p.
- Dogliotti, S. s.a. Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Material de apoyo al módulo hortícola. Curso fisiología de los cultivos. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Disponible en: [http://www.fagro.edu.uy/~fisveg/docencia/curso%20fisiologi%20cultivos/materiales%20teoricos/Modulo\\_hortalizas\\_Tomate.pdf](http://www.fagro.edu.uy/~fisveg/docencia/curso%20fisiologi%20cultivos/materiales%20teoricos/Modulo_hortalizas_Tomate.pdf). Leído el 04 de diciembre de 2010.
- Domeño, I., I. Irigoyen, S. Sádaba, J. Del Castillo y J. Muro. 2009. La fibra de madera un nuevo sustrato para cultivos hidropónicos. *Fertirrigación e hidroponía.* *Horticultura Global* 286: 50-57.

- Eguillor, P. 2010. Situación del tomate para consumo fresco. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. Disponible en <http://www.odepa.gov.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2260.pdf>. Leído el 11 de mayo de 2010.
- Escaff, M., P. Gil, R. Ferreira, P. Estay, A. Bruna, P. Maldonado y C. Barrera. 2005. Cultivo del tomate bajo invernadero. Boletín INIA – N°128. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. La Cruz, Chile. 84p.
- Escudero, J. 1993. Cultivo hidropónico del tomate. Capítulo VII. pp 263-297. *In*: Curso superior de especialización sobre Cultivos Sin Suelo. Cánovas, F. y J. Díaz (Eds.). Instituto de Estudios Almeriense. FIAPA. Almería, España. 372p.
- Fernández, M. 1990. Efecto de las sales sobre las plantas. *Agrícola Vergel* 9(101): 430-435.
- García, C., G. Alcantara, R. Cabrera, R. Gavi, y H. Volke. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisi* cultivadas en maceta. *Terra* 19(3): 249-258
- Goykovic, V. y G. Saavedra. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA (Chile)* 25(3): 47-58.
- Herrera, R. 2005. Control biológico de *Rhizoctonia Solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y *Fusarium solani* en tomates bajo invernaderos. *In*: Control biológico e integrado de enfermedades y nemátodos en frutales y hortalizas. Montealegre, J (Ed.). Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. Disponible en: [http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias\\_agronomicas/montealegre\\_j/14.html](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/montealegre_j/14.html). Leído el 13 de mayo del 2010.
- Ho, L. C. and J. D. Hewitt. 1986. Fruit development. pp 201-239. *In*: The tomato crop. Atherton, J. and J. Rudich (Eds.). Chapman y Hall. London, England. 661p.
- Hoagland, D. and R. Arnor. 1950. The water culture method for growing plants without soil. *Cir. Calif. Agric. Exp. Stn.* 347.
- Instituto Nacional de Normalización (INN). 2001. Tomates frescos, Requisitos. Norma Chilena Oficial 1792.
- Instituto Nacional de Normalización (INN). 2004. Compost, Clasificación y Requisitos. Norma Chilena de Compost 2880. 21p.
- Iskander, R. 2002. Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta. *In*: Segundo simposio nacional de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 9p. Disponible en: <http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort02/Ponencia06.pdf>. Leído el 13 de mayo del 2010.

Jensen, M. and A. Malter. 1995. Protected Agriculture. A global review. The World Bank. Washington D.C., United States. World Bank Technical Paper N°253, 157p.

Liedl, B. E., M. Cummins, A. Young, M. L. Williams and J. M. Chatfield. 2004. Hydroponic lettuce production using liquid effluent from poultry waste bioremediation as a nutrient source. *Acta Hort. (ISHS)* 659:721-728.

López, J. 1993. Problemática general de los cultivos de invernadero en la zona de Almería. pp 17-25. *In: Curso superior de especialización sobre Cultivos Sin Suelo*. Cánovas, F y J. Díaz (Eds.). Instituto de estudios Almerienses. FIAPA. Almería, España. 372p.

López-Marín, J., A. Gálvez, C. M. Rodríguez, E. Conesa, J. Ochoa y A. González. 2008. Utilización de la fibra de coco como sustrato alternativo a las turbas en cultivo de clavel para maceta. VIII Congreso científico de SEAE. "Agricultura y Alimentación Ecológica". Disponible en: [http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae\\_bullas/verd/posters/9%20P.%20FER/13.pdf](http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/posters/9%20P.%20FER/13.pdf). Leído el 8 de septiembre del 2010.

Maloupa, E. 2002. Hydroponic systems. pp 143-178. *In: Hydroponic production of vegetables and ornamentals*. Savvas D. and H. Pasma (Eds.) Embryo Publications, Greece. 463p.

Martínez, X. 2005. Identificación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sustratos y su relación con el crecimiento y desarrollo de las plantas. *In: Seminario internacional sobre sustratos para uso en agricultura*. Burés, S. y Martínez, X. (Eds.). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. Noviembre, 2005. 20p

Masaguer, A. y M. C. López-Cuadrado. 2006. Sustratos para viveros. *Viveros. Horticultura Internacional*. N° Extra 1: 44-51.

Mazuela, P. y M. Urrestarazu. 2004. Ventajas del compost frente a otros sustratos en cultivos sin suelo. Dossier Expo Agro-Almería. *Vida Rural*. pp 28-31. Disponible en: [http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_vrural/Vrural\\_2004\\_199\\_28\\_31.pdf](http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_2004_199_28_31.pdf). Leído el 18 de noviembre del 2010.

Mazuela, P. y M. Urrestarazu. 2005. Evaluación agronómica de un cultivo de melón utilizando compost como sustrato en cultivo sin suelo. *IDESIA (Chile)* 23(2): 39-45.

Mazuela, P. 2008. Hortalizas, sustratos, invernaderos y una agricultura sin suelo. Redagrícola. N° 20. Disponible en: <http://www.redagricola.com/content/view/148/1/>. Leído el 13 de mayo del 2010.

Mollitor, H., A. Faber, R. Marutzky and S. Springer. 2004. Peat substitute on the basis of recycled wood chipboard. Acta Horticulturae. 644: 123-130.

Muro, J., E. Irigoyen, M. C. Salas y M. Urrestarazu. 2003. Evaluación de un nuevo sustrato de cultivo procedente de residuos madereros en el cultivo hidropónico de tomate en la Cornisa Cantábrica. *In*: Sustratos - Fertilización. X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas, Pontevedra. Actas de Horticultura N° 39: 603-604.

Noguera, V. 1993. Sistemas de solución perdida y recirculante. Descripción, análisis y valoración. pp 85-126. *In*: Eds. Cánovas, F y J. Díaz. Curso superior de especialización sobre Cultivos Sin Suelo. Instituto de estudios Almerienses. FIAPA. Almería, España. 372p.

Petit, F. 2004. Cultivo en fibra de coco. Capítulo 18, parte I. pp. 637-649. *In*: M. Urrestarazu (Eds.), Tratado de cultivo sin suelo. Tercera Edición. Mundi-Prensa, Madrid, España. 914p.

Puustjärvi, V. 1983. Nature of changes in peat properties during decomposition. Peat and Plant Yearbook 1981-2:5-20.

Roselló, J., A. Domínguez, R. Girona y M. J. Ruiz. 1998. Comparación de diversos sustratos para su utilización en viveros ecológicos. Disponible en: <http://www.gobcan.es/agricultura/doc/calidadagr/jornadasycursos/cursoAE/1720.pdf>. Leído el 06 de noviembre de 2010.

Steel, R., J. Torrie and D. Dickey. 1997. Principles and Procedures of Statistics: A biometrical approach. McGraw and Hill, EUA. 666p.

Tapia, B. 2008. Tomates para consume fresco. Agricultura y mercado/Hortalizas y flores. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias ODEPA. Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=7114E0E62073C61703B81167246F9F13?idcla=2&idcat=6&idn=2045>. Leído el 03 de junio de 2009.

Urrestarazu, M. 2004. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. Capítulo 1. pp. 3-37. *In*: M. Urrestarazu (Eds.), Tratado de cultivo sin suelo. Tercera Edición. Mundi-Prensa, Madrid, España. 914p.

Urrestarazu, M. y M. C. Salas. 2004. Cultivos en sustratos alternativos. Capítulo 19. pp. 3-37. *In*: M. Urrestarazu (Eds.), Tratado de cultivo sin suelo. Tercera Edición. Mundi-Prensa, Madrid, España. 914p.

Urrestarazu, M., J. Soler, M. C. Salas, J. Muro, I. Irigoyen y R. Salazar. 2005. La fibra de pino como sustrato en cultivo sin suelo de plantas hortícolas. *Vida Rural*. N°205: 44-48.

Varnero, M. T., C. Rojas, y R. Orellana. 2007. Índices de fitotóxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *R. C. Suelo Nutr. Veg.* N° 7(1): 28-37.

Verdonck, O., R. Penninck, and M. De Boodt, 1983. The physical properties of different horticultural substrates. *Acta Horticulturae*. 150:161-167.

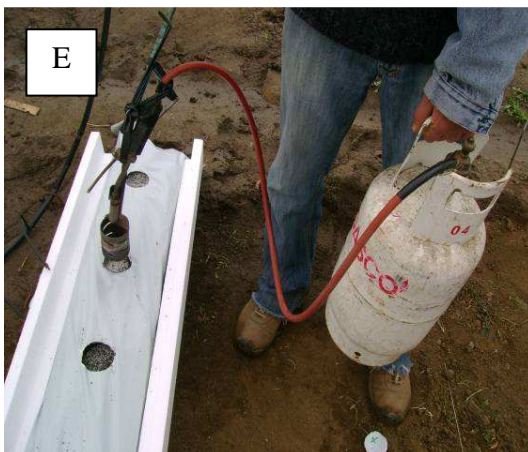
Vinten, A. J. Shalvehel, A. Meiri and J. Peretz. 1986. Water and leaching requirements of industrial tomatoes irrigated with brackish water. *Irrig. Sci.* 7:13-25.

Zucconi, F., A. Pera, M. Forte and M. De Bertoli. 1981. Evaluating toxicity in immature compost. pp. 54-57. *In*: *Biocycle* 22.

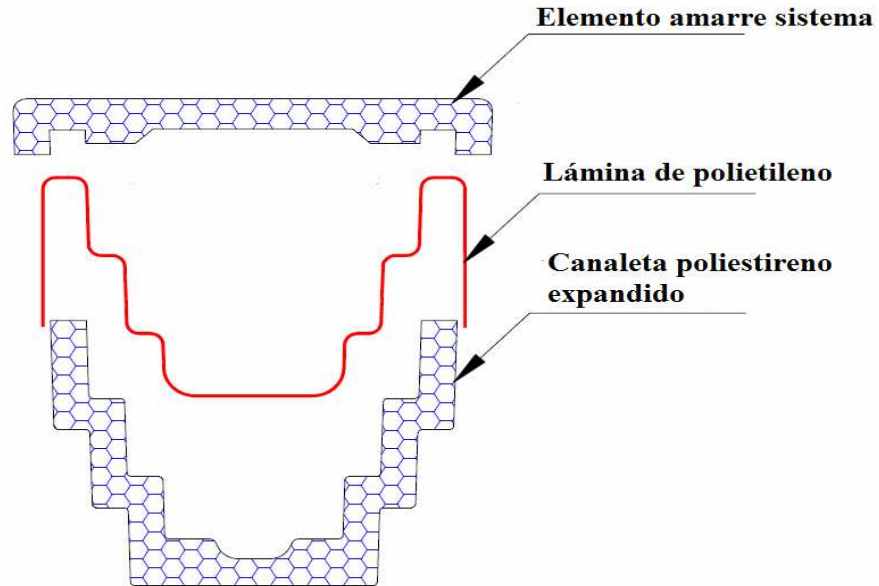
Zucconi, F., A. Monaco, M. Forte and M. De Bertoli. 1985. Phytotoxins during the stabilization of organic matter. pp. 73-80. *In*: Gasser, J. K. R. (Ed.). *Composting of Agricultural and Other Wastes*. Elsevier, London, U.K.

## ANEXOS

**Anexo I.** Establecimiento de ensayo. A) Instalación de canaletas; B) cubrimiento de canaleta con lámina de polietileno bicolor; C) orificios de drenaje; D) instalación del sistema de riego; E) orificios para el trasplante; y F) trasplante del tomate.



**Anexo II.** Diseño troncopiramidal de canaleta de poliestireno expandido (vista de frente), aportada por empresa BASF Chile S.A.



**Anexo III.** Composición de la solución nutritiva de Hoagland y Arnon (1950).

Macronutrientes		Micronutrientes	
Elementos	Concentración (mg L <sup>-1</sup> )	Elementos	Concentración (mg L <sup>-1</sup> )
N	499,01	Zn	0,05
P	62,00	Fe	0,60
K	787,72	Cu	0,02
Ca	220,40	Mn	0,51
Mg	43,37	B	0,50
S	63,66		

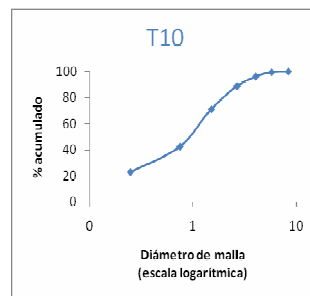
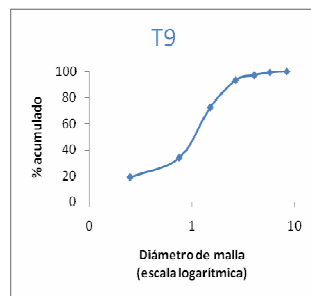
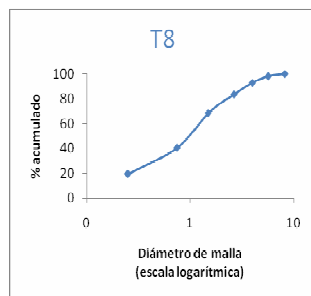
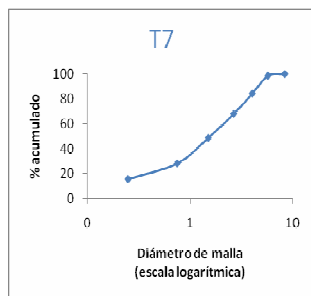
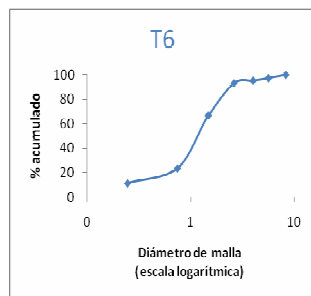
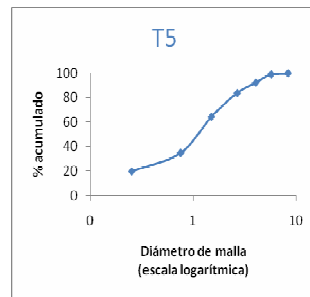
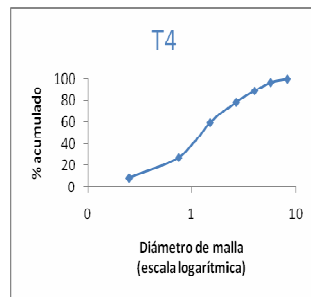
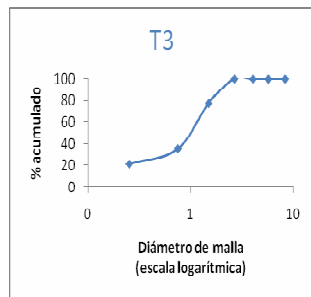
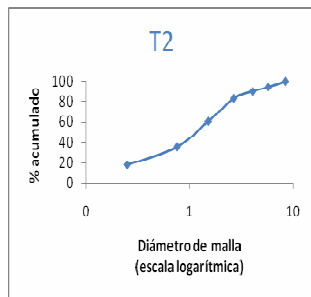
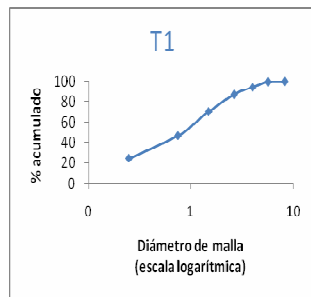


**Anexo IV.** Productos químicos utilizados para el manejo sanitario durante el ensayo.

<b>Fecha de aplicación</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>Producto comercial</b>	<b>Dosis por hectárea<sup>1</sup></b>	<b>Especie a controlar</b>
28/agosto	Imidacloprid	Confidor Forte® 200SL	90 mL	Mosquita blanca
09/septiembre	Chlorfenapyr	Sunfire®	30 mL	Polilla del tomate
05/octubre	Flubendiamida	Fenos®	25 gr	Polilla del tomate
31/octubre	Thiocyclam hidrogenoxalato	Evisect®	6 gr	Polilla del tomate y mosquita blanca
31/octubre	Sulfato de streptomina	Strepto plus®	60 gr	Cancro bacteriano y Mancha bacteriana
14/noviembre	Abamectina	Vertimec®	80 mL	Polilla del tomate y mosquita blanca
28/noviembre	Spinosad	Success®	20 mL	Polilla del tomate
28/noviembre	Buprofezin	Applaud®	120 gr	Mosquita blanca
12/diciembre	Lufenuron	Sorba® 050 EC	50 mL	Polilla del tomate
01/enero	Chlorfenapyr	Sunfire®	30 mL	Polilla del tomate

<sup>1</sup>Dosis utilizadas en 100 L de agua, más adherente Break 25 mL y ácido cítrico 30 g.

**Anexo V.** Representación de la granulometría de los distintos sustratos, mediante curvas granulométricas acumuladas en escala logarítmica. Los tratamientos o sustratos indican el porcentaje de biofertilizante, fibra de coco y perlita. T1: 100-0-0, T2: 0-100-0, T3: 0-0-100, T4: 50-50-0, T5: 50-0-50, T6: 0-50-50, T7: 70-15-15, T8: 15-70-15, T9: 15-15-70 y T10: 33,3-33,3-33,3.



**Anexo VI.** Comportamiento de raíces de T5 y T10, observándose una exploración más superficial, versus T3 y T6 con una mejor desarrollo de raíces en todo el sustrato.



## APÉNDICES

Apéndice I. Registro de temperaturas mínimas y máximas dentro del invernadero.

Fecha	T°		Fecha	T°		Fecha	T°	
	Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
21-08-09	10,0	12,5	21-09-09	12,5	21,5	22-10-09	12,0	20,5
22-08-09	N . r	N . r	22-09-09	9,0	22,0	23-10-09	10,0	14,5
23-08-09	N . r	N . r	23-09-09	8,5	21,5	24-10-09	9,5	16,0
24-08-09	N . r	N . r	24-09-09	11,0	20,5	25-10-09	9,5	19,5
25-08-09	N . r	N . r	25-09-09	10,0	23,0	26-10-09	10,0	22,5
26-08-09	N . r	N . r	26-09-09	8,0	21,0	27-10-09	11,0	19,5
27-08-09	N . r	N . r	27-09-09	6,5	16,0	28-10-09	12,0	27,0
28-08-09	N . r	N . r	28-09-09	3,0	24,5	29-10-09	14,0	27,0
29-08-09	N . r	N . r	29-09-09	3,0	28,0	30-10-09	13,0	25,0
30-08-09	N . r	N . r	30-09-09	4,5	28,0	31-10-09	12,0	21,5
31-08-09	N . r	N . r	01-10-09	5,5	32,5	01-11-09	11,0	25,0
01-09-09	N . r	N . r	02-10-09	11,0	32,5	02-11-09	10,0	19,0
02-09-09	N . r	N . r	03-10-09	8,5	33,0	03-11-09	8,0	32,0
03-09-09	N . r	N . r	04-10-09	9,5	27,0	04-11-09	6,0	31,0
04-09-09	N . r	N . r	05-10-09	7,0	30,0	05-11-09	7,5	32,0
05-09-09	N . r	N . r	06-10-09	10,5	37,0	06-11-09	5,5	29,0
06-09-09	N . r	N . r	07-10-09	9,0	37,5	07-11-09	6,5	30,0
07-09-09	N . r	N . r	08-10-09	8,5	33,0	08-11-09	6,0	30,0
08-09-09	N . r	N . r	09-10-09	N . r	N . r	09-11-09	10,0	32,0
09-09-09	N . r	N . r	10-10-09	N . r	N . r	10-11-09	7,0	35,0
10-09-09	10,0	20,5	11-10-09	N . r	N . r	11-11-09	8,0	35,0
11-09-09	7,0	24,0	12-10-09	N . r	N . r	12-11-09	10,0	34,5
12-09-09	10,0	21,5	13-10-09	N . r	N . r	13-11-09	7,5	34,0
13-09-09	12,0	18,0	14-10-09	N . r	N . r	14-11-09	8,0	34,0
14-09-09	13,0	22,0	15-10-09	11,0	17,0	15-11-09	9,0	36,0
15-09-09	11,5	21,5	16-10-09	7,0	16,5	16-11-09	11,0	34,0
16-09-09	11,0	27,0	17-10-09	6,0	16,0	17-11-09	11,0	21,0
17-09-09	13,0	21,0	18-10-09	9,5	17,0	18-11-09	12,5	27,0
18-09-09	11,0	16,5	19-10-09	6,5	19,5	19-11-09	7,5	29,0
19-09-09	10,0	17,0	20-10-09	9,5	18,0	20-11-09	12,0	27,0
20-09-09	11,0	20,5	21-10-09	6,0	16,0	21-11-09	8,0	33,0

N. r: No se registro temperaturas.

Fecha	T°	
	Mín.	Máx.
22-11-2009	11,0	35,0
23-11-2009	10,5	34,0
24-11-2009	11,0	28,0
25-11-2009	14,0	34,0
26-11-2009	11,0	34,5
27-11-2009	9,0	35,0
28-11-2009	9,0	33,5
29-11-2009	9,0	33,0
30-11-2009	10,0	34,0
01-12-2009	7,0	35,0
02-12-2009	8,0	36,0
03-12-2009	10,0	39,0
04-12-2009	10,0	33,0
05-12-2009	13,0	32,5
06-12-2009	10,0	32,5
07-12-2009	9,5	32,5
08-12-2009	9,0	36,0
09-12-2009	9,0	35,0
10-12-2009	9,0	32,0
11-12-2009	10,0	32,5
12-12-2009	10,0	36,0
13-12-2009	11,0	37,0
14-12-2009	11,0	36,0
15-12-2009	11,0	37,0
16-12-2009	10,5	39,0
17-12-2009	10,0	36,0
18-12-2009	10,0	34,0
19-12-2009	9,0	34,0
20-12-2009	9,0	34,0
21-12-2009	9,0	34,5
22-12-2009	11,0	36,0

N. r: No se registro temperaturas.

Fecha	T°	
	Mín.	Máx.
23-12-2009	11,0	35,0
24-12-2009	11,0	35,5
25-12-2009	10,0	34,0
26-12-2009	10,0	36,0
27-12-2009	9,0	34,0
28-12-2009	10,0	34,0
29-12-2009	10,0	36,0
30-12-2009	11,0	34,0
31-12-2009	11,0	34,0
01-01-2010	12,0	36,0
02-01-2010	11,0	39,0
03-01-2010	13,0	30,0
04-01-2010	13,0	31,0
05-01-2010	11,0	34,0
06-01-2010	12,5	35,0
07-01-2010	10,0	34,0
08-01-2010	9,0	37,0
09-01-2010	12,0	39,5
10-01-2010	13,0	37,0
11-01-2010	9,0	33,5
12-01-2010	10,0	37,5
13-01-2010	12,0	40,0
14-01-2010	13,0	36,5
15-01-2010	11,0	33,5
16-01-2010	N. r	N. r
17-01-2010	N. r	N. r
18-01-2010	15,0	33,0
19-01-2010	11,0	38,0
20-01-2010	12,5	42,5
21-01-2010	16,5	39,0

**Apéndice II.** Resultados del número de Días Después del Trasplante (DDT) hasta alcanzar los estados fenológicos de botón, antesis, cuaja y cosecha de cada racimo.

Sustrato <sup>1</sup>	Racimo																								
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	Fin
	Botón						Antesis						Cuaja						Cosecha						
	----- N° DDT -----																								
<b>1</b>	10,0	41,5	47,0	55,5	65,5	77,0	27,0	47,8	54,0	66,3	77,0	87,8	42,0	54,0	63,0	73,8	87,0	95,3	91,3	110,3	119,0	126,8	136,8	145,0	146,0
<b>2</b>	10,0	35,0	42,0	52,0	63,0	71,8	27,0	43,0	52,8	63,0	71,8	84,0	38,0	50,0	59,5	70,0	84,0	92,8	91,3	104,8	116,8	125,0	134,0	139,0	151,3
<b>3</b>	14,0	40,5	50,5	54,3	64,5	78,0	32,0	48,8	60,5	66,3	78,0	89,5	41,5	57,3	64,8	71,0	85,0	98,0	94,5	112,0	122,0	132,0	139,0	144,3	148,6
<b>4</b>	10,0	35,0	42,8	52,0	63,0	74,5	27,0	45,0	52,3	63,0	73,5	87,5	38,5	51,3	61,3	70,0	84,0	94,5	93,0	102,0	112,3	124,5	134,0	140,0	148,6
<b>5</b>	10,0	35,0	42,0	53,0	63,0	73,5	27,0	45,0	50,8	61,3	71,0	84,0	39,0	52,0	57,0	68,3	83,3	94,5	89,3	104,5	117,5	124,5	132,0	141,0	147,8
<b>6</b>	14,0	36,8	45,3	52,3	64,8	73,5	30,0	46,8	55,0	64,8	75,3	82,3	41,0	53,0	61,3	71,8	82,3	96,5	90,3	113,0	119,0	127,0	134,0	139,0	147,8
<b>7</b>	10,0	35,0	42,0	52,0	63,0	71,8	28,0	45,5	53,0	63,0	71,8	84,0	39,0	52,5	63,0	70,0	83,3	92,3	90,3	104,0	113,0	123,5	132,0	139,3	146,9
<b>8</b>	10,0	35,0	42,0	52,0	63,0	69,8	27,0	45,0	52,0	62,0	70,0	82,3	38,0	52,0	63,0	70,0	81,5	90,3	92,0	105,5	114,8	121,3	133,0	139,0	146,0
<b>9</b>	10,0	35,0	42,8	52,0	63,0	68,0	31,0	45,0	53,0	63,0	69,0	82,5	39,5	52,0	63,0	70,0	81,8	92,8	93,0	104,5	113,0	123,0	132,0	139,0	145,1
<b>10</b>	10,0	35,0	42,8	52,0	63,0	70,0	26,3	46,0	53,0	63,0	70,0	82,5	39,0	53,0	63,0	70,0	82,5	91,3	94,5	101,5	113,0	120,5	132,0	139,3	148,6

<sup>1</sup> Los tratamientos o sustratos indican el porcentaje de biofertilizante, fibra de coco y perlita. T1: 100-0-0, T2: 0-100-0, T3: 0-0-100, T4: 50-50-0, T5: 50-0-50, T6: 0-50-50, T7: 70-15-15, T8: 15-70-15, T9: 15-15-70 y T10: 33,3-33,3-33,3.

**Apéndice III.** Efecto de los tratamientos sobre el número de frutos promedio de cada racimo.

Tratamiento	Racimo					
	1 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>	3 <sup>ns</sup>	4 <sup>ns</sup>	5 <sup>ns</sup>	6
	N° Frutos					
	----- u -----					
<b>T1</b> (100 - 0 - 0 ) <sup>1</sup>	3,9	4,9	4,6	4,5	4,6	4,5 ab <sup>2</sup>
<b>T2</b> ( 0 -100 - 0 )	4,4	5,3	4,8	5,3	5,0	4,9 ab
<b>T3</b> ( 0 - 0 -100 )	3,4	5,5	4,1	5,0	4,6	5,0 ab
<b>T4</b> ( 50 - 50 - 0 )	3,3	4,9	4,9	5,1	4,9	5,0 ab
<b>T5</b> ( 50 - 0 - 50 )	4,4	5,4	4,3	4,9	4,9	5,0 ab
<b>T6</b> ( 0 - 50 - 50 )	3,8	5,5	4,9	4,6	5,0	5,1 ab
<b>T7</b> ( 70 - 15 - 15 )	4,1	5,6	4,6	4,9	4,8	4,6 ab
<b>T8</b> ( 15 - 70 - 15 )	3,8	5,0	4,5	4,3	5,1	5,4 b
<b>T9</b> ( 15 - 15 - 70 )	4,1	5,3	4,5	4,9	4,4	4,0 a
<b>T10</b> ( 33,3- 33,3- 33,3)	4,4	5,1	4,9	4,9	4,9	4,8 ab

<sup>1</sup> Porcentaje de biofertilizante, fibra de coco y perlita respectivamente.

<sup>ns</sup> No se encontraron diferencias significativas.

<sup>2</sup> Letras diferentes en cada columna indican que existen diferencias significativas, según Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

**Apéndice IV.** Efecto de los tratamientos en el peso medio de fruto de cada racimo.

Tratamiento <sup>1</sup>	Racimo					
	1 <sup>ns</sup>	2	3	4	5	6
	Peso promedio de fruto					
	----- g -----					
<b>T1</b>	125,94	141,24 ab <sup>2</sup>	139,79 a	146,64 ab	147,71 ab	156,40 bcd
<b>T2</b>	140,99	165,70 ab	176,03 bc	161,84 ab	152,85 ab	161,75 bcd
<b>T3</b>	124,05	166,38 ab	172,63 abc	160,61 ab	160,24 ab	168,54 cd
<b>T4</b>	123,58	137,48 a	149,92 ab	130,45 a	135,36 a	134,35 abc
<b>T5</b>	140,91	163,23 ab	159,10 abc	146,17 ab	155,71 ab	149,32 abcd
<b>T6</b>	153,31	165,47 ab	188,33 c	174,40 b	178,44 b	173,71 d
<b>T7</b>	131,96	153,81 ab	155,80 abc	145,26 ab	150,29 ab	154,95 bcd
<b>T8</b>	137,87	174,91 b	183,90 bc	170,99 b	160,37 ab	162,33 bcd
<b>T9</b>	130,47	146,86 ab	157,99 abc	144,89 ab	137,74 a	119,31 A
<b>T10</b>	137,84	140,83 ab	161,93 abc	154,35 ab	153,10 ab	129,03 Ab

<sup>1</sup> Los tratamientos indican el porcentaje de biofertilizante, fibra de coco y perlita. T1: 100-0-0, T2: 0-100-0, T3: 0-0-100, T4: 50-50-0, T5: 50-0-50, T6: 0-50-50, T7: 70-15-15, T8: 15-70-15, T9: 15-15-70 y T10: 33,3-33,3-33,3.

<sup>ns</sup> No se encontraron diferencias significativas.

<sup>2</sup> Letras diferentes en cada columna indican que existen diferencias significativas, según Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

**Apéndice V.** Efecto de los tratamientos sobre el peso total de frutos de cada racimo.

Tratamiento	Racimo					
	1 <sup>ns</sup>	2	3 <sup>ns</sup>	4 <sup>ns</sup>	5	6
<b>Peso promedio de cada racimo</b>						
----- g -----						
<b>T1</b> (100 - 0 - 0 ) <sup>1</sup>	486,9	688,0 ab <sup>2</sup>	646,7	662,5	681,1 ab	705,8 abc
<b>T2</b> ( 0 -100 - 0 )	615,3	867,4 bc	834,0	856,0	764,3 ab	791,0 bc
<b>T3</b> ( 0 - 0 -100 )	416,8	913,4 c	709,5	808,2	739,1 ab	842,7 bc
<b>T4</b> ( 50 - 50 - 0 )	400,8	670,9 a	721,4	667,9	655,1 a	670,3 abc
<b>T5</b> ( 50 - 0 - 50 )	612,7	872,4 bc	684,8	712,6	750,7 ab	746,1 bc
<b>T6</b> ( 0 - 50 - 50 )	573,7	906,9 c	913,0	807,7	900,1 b	890,2 c
<b>T7</b> ( 70 - 15 - 15 )	542,9	864,6 bc	717,2	704,8	710,2 ab	715,2 abc
<b>T8</b> ( 15 - 70 - 15 )	513,3	869,3 bc	830,0	725,9	821,8 ab	872,6 c
<b>T9</b> ( 15 - 15 - 70 )	535,8	771,0 abc	713,7	701,5	607,5 a	480,3 a
<b>T10</b> ( 33,3- 33,3- 33,3)	601,0	718,4 ab	792,1	740,9	744,1 ab	597,0 ab

<sup>1</sup> Porcentaje de biofertilizante, fibra de coco y perlita respectivamente.

<sup>ns</sup> No se encontraron diferencias significativas.

<sup>2</sup> Letras diferentes en cada columna indican que existen diferencias significativas, según Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

**Apéndice VI.** Efecto de los tratamientos sobre el diámetro ecuatorial promedio de fruto de cada racimo.

Tratamiento	Racimo					
	1 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>	3	4	5	6
<b>Diámetro ecuatorial promedio</b>						
----- cm -----						
<b>T1</b> (100 - 0 - 0 ) <sup>1</sup>	6,40	6,56	6,44 a <sup>2</sup>	6,50 ab	6,56 ab	6,71 abc
<b>T2</b> ( 0 -100 - 0 )	6,78	6,93	7,07 bc	6,74 ab	6,69 ab	6,82 bc
<b>T3</b> ( 0 - 0 -100 )	6,51	7,08	7,17 bc	6,87 b	6,84 ab	6,90 bc
<b>T4</b> ( 50 - 50 - 0 )	6,44	6,54	6,68 ab	6,26 a	6,31 a	6,35 ab
<b>T5</b> ( 50 - 0 - 50 )	6,73	7,00	6,81 abc	6,49 ab	6,70 ab	6,62 abc
<b>T6</b> ( 0 - 50 - 50 )	7,04	6,99	7,31 c	7,03 b	7,05 b	7,05 c
<b>T7</b> ( 70 - 15 - 15 )	6,56	6,82	6,76 abc	6,49 ab	6,66 ab	6,70 abc
<b>T8</b> ( 15 - 70 - 15 )	6,74	7,11	7,21 bc	6,94 b	6,77 ab	6,84 bc
<b>T9</b> ( 15 - 15 - 70 )	6,46	6,68	6,79 abc	6,53 ab	6,43 a	6,15 a
<b>T10</b> ( 33,3- 33,3- 33,3)	6,63	6,58	6,82 abc	6,75 ab	6,67 ab	6,31 ab

<sup>1</sup> Porcentaje de biofertilizante, fibra de coco y perlita respectivamente.

<sup>ns</sup> No se encontraron diferencias significativas.

<sup>2</sup> Letras diferentes en cada columna indican que existen diferencias significativas, según Tukey ( $p \geq 0,05$ ).



**Apéndice VII.** Efecto de los tratamientos sobre el diámetro polar promedio de fruto de cada racimo.

Tratamiento	Racimo						Diámetro polar promedio	cm
	1 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>	3 <sup>ns</sup>	4	5 <sup>ns</sup>	6		
<b>T1</b> (100 - 0 - 0 ) <sup>1</sup>	5,35	5,62	5,64	5,84	ab <sup>2</sup>	5,86	5,9	bc
<b>T2</b> ( 0 -100 - 0 )	5,54	5,67	5,83	5,87	ab	5,87	5,9	c
<b>T3</b> ( 0 - 0 -100 )	5,12	5,72	5,77	5,88	ab	5,82	5,9	bc
<b>T4</b> ( 50 - 50 - 0 )	5,30	5,38	5,65	5,56	a	5,59	5,6	abc
<b>T5</b> ( 50 - 0 - 50 )	5,51	5,66	5,81	5,80	ab	5,81	5,8	bc
<b>T6</b> ( 0 - 50 - 50 )	5,51	5,63	5,85	5,88	ab	5,83	6,0	c
<b>T7</b> ( 70 - 15 - 15 )	5,54	5,59	5,80	5,76	ab	5,83	5,8	bc
<b>T8</b> ( 15 - 70 - 15 )	5,44	5,72	5,89	5,90	b	5,94	5,8	bc
<b>T9</b> ( 15 - 15 - 70 )	5,51	5,54	5,74	5,68	ab	5,71	5,2	a
<b>T10</b> ( 33,3- 33,3- 33,3)	5,49	5,39	5,76	5,73	ab	5,77	5,5	ab

<sup>1</sup> Porcentaje de biofertilizante, fibra de coco y perlita respectivamente.

<sup>ns</sup> No se encontraron diferencias significativas.

<sup>2</sup> Letras diferentes en cada columna indican que existen diferencias significativas, según Tukey ( $p \geq 0,05$ ).