

**EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE SUSTRATOS CON
Trichoderma spp. SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCCION DE
PLANTAS DE CHILE DULCE (*Capsicum annuum*) Linn, BAJO
AMBIENTE PROTEGIDO**

MELISSA CAMPOS OCAMPO

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2009

**EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE SUSTRATOS CON
Trichoderma spp. SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCCION DE
PLANTAS DE CHILE DULCE (*Capsicum annuum*) Linn, BAJO
AMBIENTE PROTEGIDO**

MELISSA CAMPOS OCAMPO

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2009

**EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE SUSTRATOS CON
Trichoderma spp. SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCCION DE
PLANTAS DE CHILE DULCE (*Capsicum annuum*) Linn BAJO
AMBIENTE PROTEGIDO**

Melissa Campos Ocampo

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Carlos Ramírez Vargas, Lic.

Asesor

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.

Jurado

Ing. Agr. Xiomara Mata Granados, Lic.

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

Coordinador

Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.

Director

Escuela de Agronomía

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por darme la fuerza y valor necesario para culminar con éxito este camino.

A mis padres por apoyarme en mis decisiones, por darme sus sabios consejos y siempre darme lo mejor, sin ellos no hubiera logrado estar acá, y sin duda por darme la oportunidad de vivir. Gracias!!!

A mi hermano Jonathan por darme siempre su apoyo incondicional, y por ser más que un hermano para mí. Gracias!!!

AGRADECIMIENTO

A Dios que es el principal apoyo y motor de mi vida, quien me dio la fortaleza necesaria. A mi papá y mi mamá por darme su apoyo incondicional y por tantos años de sacrificio para ayudarme a alcanzar mis sueños y finalizar con éxito mi carrera. A mi hermano, a mis tías, tíos y primos, por su apoyo incondicional y sus palabras de aliento en cada ciclo de mi vida.

A la Ing. Xiomara Mata Granados por ayudarme en la realización y finalización de este trabajo, gracias por sus consejos, y sobretodo gracias por confiar en mí.

A mi asesor de tesis Ing. Carlos Ramírez Vargas por su ayuda y tiempo dedicado en la realización de este trabajo, a los miembros del jurado Ing. Xiomara Mata, Ing. Arnoldo Gadea, por formar parte de la revisión del documento.

A los profesores Ing. Carlos Arce Calderón y Rommel Alvarado, por su ayuda en el análisis de los datos estadísticos, y a todos los funcionarios docentes y administrativos del ITCR que fueron parte importante en mi formación como profesional.

A Yendry por su ayuda desinteresada y su apoyo incondicional, por brindarme su amistad y apoyo cuando mas lo necesite, y por tantas cosas en las que siempre has estado ahí, gracias por todo!!!

A Fernanda y Gina por su colaboración en la realización del trabajo de campo, al señor Sergio Alpízar por su ayuda desinteresada en el trabajo de campo de dicho trabajo, y a mi compañero Carlos Mora Agüero por su apoyo incondicional. A mis compañeros Carlos Acuña y Eliana Correa por sus oportunos consejos y ayuda brindada durante la ejecución del documento. Muchas Gracias por el apoyo!!!

A mis compañeros que de alguna forma u otra me ayudaron a finalizar exitosamente este trabajo y mi carrera en el ITCR Mario Arias, Claudio Vargas, Carlos Luis Acuña, Eliana Correa, Marco Alonso Soto, Heiner Rodríguez, José David Ruiz, Fabián Vargas, Melissa Alvarado, Julissa Alcazar; gracias por darme tantos hermosos momentos durante todos los años de mi carrera.

A la generación 2002 por darme tantos momentos inolvidables, y a todas aquellas personas que no mencione y que de algunas manera hicieron posible la terminación de este trabajo y de mi carrera, gracias a todos!!

TABLA DE CONTENIDOS

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 | Objetivo General: | 2 |
| 1.2 | Objetivos Específicos: | 2 |
| 2 | REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 | El cultivo de chile dulce. | 3 |
| 2.1.1 | Generalidades: | 3 |
| 2.1.2 | Condiciones agroecológicas requeridas. | 4 |
| 2.1.2.1 | Temperatura:..... | 4 |
| 2.1.2.2 | Necesidades de agua y humedad relativa: | 4 |
| 2.1.2.3 | Luminosidad:..... | 5 |
| 2.1.2.4 | Altitud: | 5 |
| 2.1.3 | Crecimiento, desarrollo y fenología: | 5 |
| 2.2 | Producción en invernadero. | 7 |
| 2.3 | <i>Trichoderma spp.</i> | 8 |
| 2.3.1 | Clasificación taxonómica. | 8 |
| 2.3.2 | Características generales. | 8 |
| 2.3.3 | Mecanismos de acción de <i>Trichoderma</i> | 9 |
| 2.3.3.1 | Micoparasitismo: | 9 |
| 2.3.3.2 | Antibiosis:..... | 9 |
| 2.3.3.3 | Competencia por espacio y nutrientes: | 9 |
| 2.3.3.4 | Inducción de resistencia en las plantas: | 10 |
| 2.3.3.5 | Otros mecanismos: | 10 |
| 2.4 | Sustratos. | 11 |
| 2.4.1 | Propiedades físicas de los sustratos..... | 12 |
| 2.4.1.1 | Retención de humedad: | 12 |
| 2.4.1.2 | Porosidad: | 13 |
| 2.4.2 | Peat moss (musgo esfangíneo):..... | 13 |
| 2.4.3 | Arena:..... | 14 |
| 2.4.4 | Fibra de coco:..... | 14 |
| 2.4.5 | Piedra roja volcánica: | 15 |
| 2.4.6 | Lombricompost: | 15 |
| 3 | MATERIALES Y METODOS | 17 |
| 3.1 | Ubicación: | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2 Descripción del experimento: | 18 |
| 3.3 Descripción de los tratamientos: | 18 |
| 3.4 Procedimiento: | 19 |
| 3.4.1 Etapa de campo: | 19 |
| 3.4.1.1 Desinfección de los sustratos: | 19 |
| 3.4.1.2 Llenado y ubicación de las bolsas (contenedores): | 19 |
| 3.4.1.3 Trasplante:..... | 20 |
| 3.4.1.4 Inoculación con Trichoderma:..... | 21 |
| 3.4.1.5 Riego y fertilización: | 21 |
| 3.4.1.6 Manejo de la arquitectura de la planta: | 22 |
| 3.4.1.7 Practicas fitosanitarias: | 22 |
| 3.4.1.8 Variables evaluadas: | 23 |
| 3.4.2 Etapa de laboratorio: | 25 |
| 3.4.2.1 Análisis microbiológico de los sustratos: | 25 |
| 3.4.2.2 Análisis físico de los sustratos: | 25 |
| 3.5 Diseño experimental: | 26 |
| 3.6 Análisis estadístico: | 27 |
| 3.7 Modelo estadístico: | 27 |
| 4 RESULTADOS Y DISCUSION | 28 |
| 4.1 Caracterización de los sustratos utilizados: | 28 |
| 4.1.1 Evaluación de las propiedades físicas de los sustratos: | 28 |
| 4.1.2 Evaluación de las propiedades microbiológicas de los sustratos. | 31 |
| 4.2 Evaluación agronómica: | 36 |
| 4.2.1 Variables asociadas a crecimiento: | 36 |
| 4.2.1.1 Altura..... | 36 |
| 4.2.1.2 Grosor de tallo. | 39 |
| 4.2.1.3 Relación altura de planta - grosor de tallo..... | 42 |
| 4.2.1.4 Número de flores. | 43 |
| 4.2.1.5 Número de frutos cuajados. | 46 |
| 4.2.1.6 Peso de raíz..... | 49 |
| 4.2.1.7 Peso de la parte aérea..... | 50 |
| 4.2.2 Variables asociadas a la producción:..... | 51 |
| 4.2.2.1 Peso fresco de fruto cosechado. | 51 |
| 4.2.2.2 Cantidad de frutos cosechados: | 53 |
| 4.2.2.3 Calidad de frutos cosechados..... | 56 |
| 4.2.2.4 Rendimiento Total..... | 58 |
| 4.2.3 Variables ambientales:..... | 60 |
| 4.2.3.1 Temperatura..... | 60 |
| 4.2.3.2 Humedad Relativa. | 63 |

| | | |
|----------|-----------------------------|-----------|
| 5 | CONCLUSIONES | 65 |
| 6 | RECOMENDACIONES..... | 67 |
| 7 | BIBLIOGRAFIA..... | 69 |
| 8 | ANEXOS..... | 75 |

LISTA DE CUADROS

| Cuadro | Título | Página |
|--------|--|--------|
| 1. | Nomenclatura utilizada para los tratamientos. | 18 |
| 2. | Propiedades físicas de cada sustrato utilizado en el experimento. | 29 |
| 3. | Rangos óptimos de las propiedades físicas evaluadas a los sustratos. | 30 |
| 4. | Análisis microbiológico realizado a los sustratos inoculados, 8 días después de la inoculación con <i>Trichoderma</i> , expresado en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/gr)..... | 32 |
| 5. | Concentración microbiana óptima para un sustrato (Obregón 2006). 33 | |
| 6. | Análisis microbiológico para cada tratamiento, realizado al final del ensayo, expresado en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/gr). | 34 |
| 7. | Altura promedio de planta (cm) para cada tratamiento y para cada mes del cultivo de chile dulce. | 37 |
| 8. | Grosor de tallo de las plantas de chile dulce (cm) para cada sustrato utilizado durante cada mes del cultivo. | 40 |
| 9. | Número de flores por planta (cm) para cada tratamiento para cada mes del cultivo. | 44 |
| 10. | Número de frutos cuajados por planta para cada tratamiento para cada mes del cultivo | 47 |
| 11. | Peso seco y fresco de la raíz (gr) de las plantas de chile dulce al final del experimento. | 49 |
| 12. | Peso seco y fresco de la parte aérea (gr) de las plantas de chile dulce al final del experimento. | 50 |
| 13. | Peso fresco de fruto (gr) de las plantas de chile dulce para cada cosecha realizada por cada tratamiento. | 52 |
| 14. | Cantidad de frutos por planta de chile dulce para cada cosecha realizada y para cada tratamiento. | 54 |

| | | |
|-----|---|----|
| 15. | Cantidad de chiles cosechados por planta de chile de acuerdo a cada calidad para cada tratamiento utilizado en el ensayo..... | 56 |
| 16. | Rendimiento total de chile dulce para cada tratamiento, expresado en kg/planta..... | 58 |
| 17. | Resumen de las variables de producción del cultivo de chile dulce. ... | 59 |
| 18. | Requerimientos térmicos para la planta de chile dulce..... | 62 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | Título | Página |
|--------|--|--------|
| 1. | Invernadero. Finca la Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. | 17 |
| 2. | Solarización de la Fibra de coco..... | 19 |
| 3. | Ubicación de las bolsas dentro del invernadero..... | 20 |
| 4. | Plántula de chile dulce recién trasplantada..... | 20 |
| 5. | Aplicación inundativa de <i>Trichoderma</i> a las plántulas de chile dulce al momento del trasplante. | 21 |
| 6. | Plantas de chile dulce tutoradas con mecate piola. | 22 |
| 7. | Presencia de <i>Trichoderma</i> en las cajas Petri del análisis microbiológico para hongos realizado a la piedra roja del piso del invernadero al final del ensayo. | 35 |
| 8. | Altura de planta para los diferentes tratamientos en semanas durante todo el ciclo del cultivo de chile dulce. | 38 |
| 9. | Grosor tallo para los diferentes tratamientos en semanas durante todo el ciclo del cultivo de chile dulce. | 41 |
| 10. | Relación Grosor de tallo – Altura de planta de chile dulce durante el ciclo del cultivo. | 43 |
| 11. | Número de flores por planta para los diferentes tratamientos en semanas durante todo el ciclo del cultivo de chile dulce. | 45 |
| 12. | Número de frutos para los diferentes tratamientos en semanas durante todo el ciclo del cultivo de chile dulce. | 48 |
| 13. | Peso fresco de fruto cosechado por planta para los diferentes tratamientos para cada cosecha realizada (DDT) en el cultivo de chile dulce..... | 53 |
| 14. | Cantidad de frutos para los diferentes tratamientos por cada cosecha realizada en el cultivo de chile dulce para cada tratamiento. | 55 |

| | | |
|-----|--|----|
| 15. | Cantidad de chiles cosechados por planta de chile dulce clasificados por calidad para cada tratamiento utilizado..... | 57 |
| 16. | Temperatura promedio semanal (°C) registrada por la estación meteorológica del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos, durante el ciclo del cultivo de chile dulce. | 60 |
| 17. | Temperatura promedio diaria (°C) registrada dentro del invernadero durante los primeros 2 meses del cultivo de chile dulce. | 61 |
| 18. | Humedad Relativa (%) semanal promedio registrada por la estación meteorológica del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos, durante el ciclo del cultivo de chile dulce. | 63 |
| 19. | Humedad Relativa diaria (%) registrada dentro del invernadero durante los primeros 2 meses del cultivo de chile dulce. | 64 |

RESUMEN

El experimento se realizó en el Instituto Tecnológico de Costa Rica en Santa Clara de San Carlos, durante los meses de enero a junio del 2008. El objetivo principal del trabajo fue evaluar el efecto del uso de sustratos y de la inoculación de estos con el hongo *Trichoderma* spp en el crecimiento y producción de plantas de chile dulce (*capsicum annum*), con nutrición hidropónica y bajo condiciones de invernadero.

Como sustratos se utilizaron: Arena del río Peñas Blancas, Piedra roja volcánica, Lombricompost, y una mezcla de Fibra de coco y Peatmoss, estos fueron inoculados con el hongo según correspondía cada tratamiento.

El experimento se realizó en 2 etapas, la primera fue la etapa de laboratorio donde se midieron las propiedades físicas de cada sustrato (macroporosidad, capacidad de aireación, agua fácilmente disponible, agua de reserva y agua total disponible) y las propiedades microbiológicas (hongos, bacterias y actinomicetos), la segunda etapa, de invernadero, consistió en la evaluación agronómica de las plantas de chile dulce. Se midieron las variables de crecimiento semanalmente (altura de planta, grosor de tallo, número de flores y número de frutos cuajados), las variables de producción se midieron en cada cosecha (peso de fruto, cantidad de frutos cosechados y calidad de frutos) y las variables ambientales se midieron diariamente (humedad relativa y temperatura), además al final del ciclo se midieron el peso fresco y seco de la raíz y de la parte aérea de la planta, y se determinó el rendimiento del cultivo (kg/planta). Para el análisis de los datos se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar, con un arreglo factorial 4x2 correspondiente a 8 tratamientos, con 4 repeticiones por tratamiento, para un total de 32 parcelas (cada parcela correspondía a una hilera de 5 plantas).

En el análisis físico de los sustratos, todos presentaron propiedades muy similares pero no se encuentran dentro de los rangos óptimos. En los análisis microbiológicos se observó el mismo comportamiento microbiológico en los 2 análisis realizados con respecto a hongos, bacterias anaerobias y bacterias aerobias, la presencia de actinomicetos se observó solo en el análisis final, además en este análisis final se observó la presencia de *Trichoderma* en todos los tratamientos, lo que evidencio una contaminación de los tratamientos testigos, por lo que no fue posible determinar el efecto del hongo.

Con respecto a las variables de crecimiento y producción, el sustrato que presentó el mejor comportamiento fue el Lombricompost, seguido de la mezcla de fibra de coco y Peatmoss. En cuanto a rendimiento no se observaron diferencias en los tratamientos, todos presentaron un rendimiento alto. Las variables ambientales registradas durante el experimento no afectaron de manera negativa el cultivo, estas se mantuvieron dentro del rango óptimo.

Palabras clave: Sustrato, Chile dulce, *Trichoderma*.

ABSTRACT

The experiment was developed at Instituto Tecnológico de Costa Rica in Santa Clara, San Carlos, from January to June in 2008. The main objective of this experiment was to evaluate the effect of using substrates, and the infestation of these, with the *Trichoderma* spp fungus in its growth and production of green pepper plants (*capsicum annuum*), with hydroponics nutrition and under greenhouse conditions.

The following were used as substrates: Peñas Blancas River sand, red volcanic rock, Lombricompost, and a mixture of coconut fiber and Peatmoss. These substrates were infested with the fungus according to each treatment.

The experiment was executed in two stages. The first was the laboratory stage in which physical characteristics were measured for each substrate (macro porosity, aeration capacity, easily available water, water in reserve, and totally available water) and the microbiologic characteristics (fungus, bacteria, and actinomycetes). The second was the greenhouse stage, which consisted in the agronomic evaluation of green pepper plants. Growth variables were measured weekly (plant height, stem thickness, number of flowers, and number of fruit setting), the production variables were measured in each harvest (fruit weight, amount of cultivated fruit, and fruit quality), and the environmental variables were measured daily (relative humidity and temperature). Moreover, at the end of the cycle the fresh and dry weight from the root and the aerial part of the plant were measured, and the yield of the crop was determined (kg/plant). A random, unrestricted, experimental design was used for data analysis with a 4x2 factorial arrangement corresponding to 8 treatments, with 4 repetitions per treatment, for a total of 32 plots (each plot corresponded to a line of 5 plants).

In the physical analysis of the substrates, they all presented very similar characteristics, but they are not in the optimum range. In the microbiological analysis, the same microbiological behavior was observed as in the two analyses performed regarding fungus, anaerobic and aerobic bacteria; the presence of actinomycetes was observed in the final analysis only. Furthermore, in the final analysis, *Trichoderma* was detected in every treatment, which was evidence of witness treatment pollution, and for that matter it was not possible to determine the effect of the fungus.

Regarding growth and production variables, the substrate with the best behavior was the Lombricompost, followed by the coconut fiber and Peatmoss mixture. On the subject of performance, differences in treatments were not perceived as they all presented a high performance. The environmental variables registered during the experiment did not affect in a negative way the cultivation as these were maintained within the optimum range.

Key words: Substrate, green pepper, *Trichoderma*.

1 INTRODUCCIÓN

El chile dulce pertenece a la familia de las solanáceas (Solanaceae) y es la principal variedad cultivada del género *Capsicum*, este tuvo su origen en el continente americano, en el sur de Brasil, pero fue en México que la especie *Capsicum annuum* fue domesticada ya que fue cultivada extensamente desde la época precolombina. *Capsicum annuum* Linn se cultiva en la mayoría de los países tropicales y subtropicales del mundo (CATIE 1993).

En el mundo, anualmente se producen aproximadamente más de veinticuatro millones de toneladas de chile dulce, y en Costa Rica 1.760 toneladas anuales (FAO 2004). Hoy en día la producción de chile dulce se está enfocando hacia el manejo agroecológico, el cual tiene como objetivo recobrar el equilibrio ecológico logrando así preservar la diversidad natural. En este manejo agroecológico se utilizan técnicas como rotación de cultivos, aplicación de abonos orgánicos, uso de coberturas, producción en invernaderos, aplicación de microorganismos antagonistas a los patógenos y aplicación de microorganismos que promueven el crecimiento de la planta y desarrollo de la raíz (Altieri 1999; citado por Samaniego 2006).

En ese sentido el uso de biopreparados para el control de plagas y enfermedades en vez de productos químicos, es un paso adelante en el establecimiento de una agricultura más ecológica. Sin embargo, se le ha restado importancia al estudio del efecto de estos biopreparados, sobre el crecimiento vegetativo y producción de algunas plantas de importancia económica, como lo es el chile dulce (González *et al* 1999).

Dentro de los agentes biológicos de control se utilizan los hongos del género *Trichoderma*, varias especies de este género son ampliamente empleados en la agricultura debido a sus múltiples usos, es un estimulador de crecimiento en

plantas, también es utilizado como agente de degradación de algunos grupos de pesticidas de alta persistencia en el ambiente (Esposito & Da Silva 1998; citado por Mejivar 2005). Además de acuerdo a lo indicado por Kleifeld *et al* (1992) este posee potencial para incrementar el desarrollo de las plantas, independientemente de que se presenten o no enfermedades en la planta. Sin embargo el efecto de *Trichoderma* en el crecimiento de la planta depende de muchos factores como lo son la cepa que se utiliza, la concentración y la forma de aplicación del inóculo, el tipo de planta y el sustrato utilizado (Ousley *et al* 1994).

Es por todas estas razones que en el proyecto de investigación se planteó evaluar el efecto de la inoculación y la no inoculación del hongo *Trichoderma* spp., en diferentes sustratos con nutrición hidropónica y bajo condiciones de invernadero, sobre el crecimiento y la producción en plantas de chile dulce.

1.1 Objetivo General:

- Evaluar el efecto del uso de sustratos y de la inoculación con el hongo *Trichoderma* spp. en el crecimiento y producción de plantas de chile dulce (*Capsicum annuum*) Linn, con nutrición hidropónica y bajo condiciones de invernadero.

1.2 Objetivos Específicos:

- Evaluar el crecimiento y la productividad del cultivo de chile dulce utilizando diferentes sustratos sin inocular e inoculados con *Trichoderma* spp., a lo largo del ciclo.
- Medir las propiedades físicas y microbiológicas de los diferentes sustratos a utilizar.
- Medir la temperatura y la humedad relativa y analizar su comportamiento durante el ciclo del cultivo.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El cultivo de chile dulce.

2.1.1 Generalidades:

La planta de chile dulce es una herbácea perenne, de porte variable entre los 0.60 m y más de 2 m de altura, dependiendo principalmente de la variedad, de las condiciones climáticas y del manejo. Su sistema radicular es pivotante y profundo, con gran número de raíces adventicias. El tallo posee un crecimiento erecto y dependiendo de la variedad y al llegar a cierta altura emite dos o tres ramificaciones, y continúa ramificándose en forma dicotómica (Guzmán 2000).

Las hojas son de forma lanceolada con un ápice muy pronunciado y un pecíolo largo y bien definido, son de color verde brillante y la inserción de las hojas en el tallo es de forma alterna. Posee flores hermafroditas, pequeñas y con corola blanca, se forman en las axilas de las ramas y su fecundación es autógama, aunque en ocasiones puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10% (Saborío 1994). El polen presenta la mayor disponibilidad para la fecundación en las horas de la mañana ya que es el momento en el que abren las flores (Guzmán 2002).

El fruto es una baya de forma y tamaño variable. Los frutos maduros se tornan de color rojo o amarillo, debido a los pigmentos licoperisina, xantofila y caroteno; sus semillas presentan una forma redondeada y ligeramente reniforme (Valadez 1993).

2.1.2 Condiciones agroecológicas requeridas.

2.1.2.1 Temperatura:

Este es un cultivo exigente en temperatura, para su desarrollo adecuado requiere de 13 a 24° C. A temperaturas bajas el desarrollo de la planta es lento y a temperaturas altas la planta aumenta la tasa de crecimiento lo que puede ocasionar una disminución en la producción (CATIE 1993, Serrano 1996).

Esta solanácea necesita mayores temperaturas durante la germinación que durante el desarrollo vegetativo y la floración. La temperatura óptima para la germinación es de 20 a 25 °C, siendo la mínima de 12 °C y la máxima de 40 °C. En la fase de crecimiento vegetativo la temperatura óptima es de 22 a 25 °C durante el día y de 16 a 18 °C durante la noche, temperaturas inferiores ocasionan que el ápice de los frutos cuadrados sea agudo (Jiménez 2006). La fructificación mayor se logra dentro de los ámbitos de 18 a 27 °C durante el día y 12 a 16 °C durante la noche (EDIFARM INTERNACIONAL 2006).

2.1.2.2 Necesidades de agua y humedad relativa:

La planta de chile dulce al igual que la mayoría de los vegetales absorbe el agua que necesita por las raíces junto con los nutrientes minerales disueltos (EDIFARM INTERNACIONAL 2006). En general, el consumo hídrico de esta planta por día oscila entre 1 Litro/m² cuando la planta es pequeña, hasta 4.5 Litro/m² (Palomar 1993, citado por Jiménez 2006).

En condiciones normales de temperatura la planta se desarrolla bien a una humedad relativa del aire entre el 50% y 70%. La humedad relativa más elevada, si bien es beneficiosa para el desarrollo de la planta, tiene el inconveniente de favorecer el desarrollo de enfermedades fungosas que obligan a la realización de los tratamientos fitosanitarios correspondientes, además de dificultar la

fecundación de las flores. La humedad relativa baja no promueve un buen establecimiento, provocando frutos deformes y pequeños (EDIFARM INTERNACIONAL 2006, Jiménez 2006).

2.1.2.3 Luminosidad:

Este cultivo necesita de una buena iluminación durante todo su ciclo, ya que el ciclo vegetativo tiende a alargarse si se presenta una luminosidad baja, y si por el contrario se presenta una luminosidad alta el ciclo tiende a acortarse (CENTA 2001).

En condiciones de baja luminosidad, los entrenudos de los tallos de la planta de chile dulce se alargan demasiado quedando muy débiles como para soportar una producción óptima; disminuye el número de flores y éstas son más débiles, afectando a la cantidad y calidad de la cosecha (Serrano 1996, citado por Jiménez 2006).

2.1.2.4 Altitud:

El chile dulce se adapta a altitudes que van desde los 0 a 3.000 msnm, dependiendo de la variedad que se vaya a utilizar, por ejemplo el híbrido Nathalie utilizado en este trabajo se adapta bien a altitudes que van desde los 90 hasta los 2300 msnm (CENTA 2001).

2.1.3 Crecimiento, desarrollo y fenología:

Según CENTA (2001) la fenología de la planta de chile dulce esta compuesta por las siguientes fases: germinación y emergencia, crecimiento de la plántula, crecimiento vegetativo rápido, floración y fructificación.

El período de preemergencia ocurre entre los 8 y 12 días después de la siembra, y por lo general este periodo se presenta más rápido cuando la temperatura es alta. Una vez que termina el desarrollo de las hojas cotiledonales se inicia el crecimiento de las hojas verdaderas, que son alternas y más pequeñas que las hojas de una planta adulta. Posterior a esto se presenta un crecimiento lento de la parte aérea de la planta, además la raíz pivotante sigue alargando y profundizando y se empiezan a producir algunas raíces secundarias laterales. Se dice que la tolerancia de la planta a los daños empieza a aumentarse aunque todavía se considera que es muy susceptible (CENTA 2001).

La tasa de crecimiento del sistema radicular se reduce de la sexta a la octava semana y el crecimiento del follaje y de los tallos se aumenta (CATIE 1993). Según Jiménez (2006) la ramificación de los brotes es continua y de forma dicotómica, disminuyendo su intensidad al final del ciclo.

La etapa de floración inicia cuando la planta ha desarrollado de 8 a 12 hojas, y si se mantienen condiciones adecuadas la mayoría de las primeras flores produce frutos, posteriormente se presenta un periodo en que la mayoría de las flores aborta (CATIE 1993). Las flores en condiciones óptimas permanecen abiertas entre 24 y 30 horas (Jiménez 2006).

El cultivo de chile dulce posee ciclos de producción de frutos que se traslapan con los siguientes ciclos de floración y crecimiento vegetativo, lo cual permite que en la planta se presenten frutos con diferentes grados de maduración y que por consiguiente se puedan realizar cosechas semanales durante un periodo de 6 a 15 semanas. Durante el primer ciclo de fructificación se produce la mayor cantidad de frutos y los frutos de mayor tamaño. Los ciclos posteriores tienden a producir progresivamente menos frutos o frutos de menor tamaño, esto como resultado del deterioro de la planta (CATIE 1993).

2.2 Producción en invernadero.

De manera cada vez más importante se observa como se está sustituyendo el cultivo tradicional en suelo por el cultivo en invernadero, hidropónico y en sustratos; este fenómeno se ha observado de manera más evidente en sectores más intensivos de la agricultura, como lo es la producción hortícola y ornamental (Pastor 1999).

La producción de cultivos bajo invernadero es una de las técnicas que se utilizan actualmente en la producción agrícola y la ventaja que posee este sistema sobre el método tradicional a cielo abierto es que bajo invernadero se establece una barrera entre el medio ambiente externo y el cultivo. Esta barrera crea un microclima que permite proteger el cultivo del viento, lluvia, plagas, enfermedades, malezas y animales; y esta protección permite al productor controlar la temperatura, la cantidad de luz y aplicar efectivamente control necesario para proteger el cultivo ante cualquier plaga o enfermedad (Montero *et al* 2005).

Además, este sistema en invernadero considera que la gran mayoría de los organismos plagas de los cultivos pueden estar regulados a través del control biológico natural, es decir que su impacto sería menor, porque su cantidad es regulada por sus propios enemigos naturales (Mora 1994).

Según García *et al* (1995), en los últimos años en Costa Rica, la agricultura protegida ha tomado relevancia debido primordialmente al deseo de los agricultores y consumidores de reducir las cantidades de agroquímicos aplicados a productos para el consumo humano, a los altos costos de los agroquímicos y a la necesidad de incrementar la rentabilidad por área cultivada.

Otra ventaja importante de la producción en invernadero, es la utilización de agentes biológicos, como lo es el hongo *Trichoderma*, antagonista de hongos patógenos en la planta, la acción de este hongo es tan eficaz que coloniza rápidamente los suelos y desplaza los patógenos que enferman los cultivos. Al

bajar la población de los patógenos, hay menos oportunidad para que las plantas se enfermen y mueran afectando la producción final (Delgado 2004a).

2.3 *Trichoderma* spp.:

2.3.1 Clasificación taxonómica.

Trichoderma es un hongo que pertenece a la subdivisión Deuteromycotina y al orden Hyphales, se presenta naturalmente en diferentes rangos de zonas de vida y hábitat, especialmente en los que contienen materia orgánica o desechos vegetales en descomposición, su desarrollo se ve favorecido por la presencia de altas densidades de raíces, las cuales son colonizadas rápidamente por estos microorganismos (Hannan 2001, citado por Mejivar 2005). Algunas de las especies de *Trichoderma* mas conocidas y utilizadas en la agricultura son: *harzianum* Rifai, *viride* Pers, *polysporum* Link fr, *reesei* EG Simmons, *virens*, *longibrachatum* Rifai, *pseudokoningii*, *hamatum*, *lignorum* y *citroviride* (Villegas 2005).

2.3.2 Características generales.

Este hongo es un habitante natural del suelo que se caracteriza por tener un comportamiento saprófito o parásito, posee un crecimiento micelial rápido y una abundante producción de esporas que ayuda a la colonización de diversos sustratos y del suelo. Ha sido utilizado exitosamente en el control de enfermedades, además se ha encontrado que algunas especies tienen el potencial de aumentar el crecimiento y la producción de las plantas (Tovar 2008).

Trichoderma por ser un hongo antagonista, posee diferentes mecanismos de acción, entre los que se encuentran: el micoparasitismo, la competencia por

espacio y nutrientes, la antibiosis y la inducción de resistencia en las plantas (Morera s.f.).

2.3.3 Mecanismos de acción de *Trichoderma*.

2.3.3.1 Micoparasitismo:

Ese es uno de los principales mecanismos involucrados en el antagonismo de *Trichoderma* como agente biocontrolador, el antagonista crece hacia el patógeno desarrollándose alrededor de él, forma estructuras similares a ganchos o apresorios en la superficie del hospedero que le permiten penetrar al interior del patógeno y por acción de enzimas líticas degradar su pared celular (CET 2004).

2.3.3.2 Antibiosis:

Según Carballo (2002) citado por Menjivar (2005) la antibiosis es el antagonismo que resulta cuando un microorganismo produce metabolitos secundarios que son tóxicos para otro microorganismo o que inhiben las actividades celulares vitales.

Trichoderma es capaz de producir multitud de metabolitos volátiles y no volátiles, tales como viridín, trichodermin, glioviridin, gliotoxin y harzaniolide, de todas estas micotoxinas la más representativa es Trichodermin, que actúa inhibiendo la actividad ribosomal de los patógenos y por lo tanto su reproducción (CET 2004).

2.3.3.3 Competencia por espacio y nutrientes:

Según Tovar (2008) este hongo posee la capacidad de aprovechar muy eficientemente los nutrientes que se encuentran en el medio en cantidades limitadas, impidiendo que otros hongos tengan acceso a estos y por ende

ocasionando la muerte en el hongo por inanición. Además el rápido desarrollo y colonización del medio por *Trichoderma* impide el establecimiento de otros patógenos.

2.3.3.4 Inducción de resistencia en las plantas:

La inducción de resistencia en las plantas hospederas tratadas con *Trichoderma* ha sido fundamentada por Yedidia *et al* (2000), quienes demostraron que las raíces de cucurbitáceas inoculadas con *T. harzianum*, presentan una respuesta defensiva tanto en las raíces como en las hojas de las plantas tratadas, demostraron que las hifas del hongo biocontrolador penetran la epidermis y corteza superior de la raíz de la cucurbitácea. Se han identificado tres tipos de compuestos producidos por *Trichoderma* que son responsables de inducir resistencia en las plantas: proteínas con función enzimática, homólogos de proteínas, oligosacaridos y otros compuestos de bajo peso molecular, que son liberados desde el hongo o pared celular de la planta por la actividad de enzimas de *Trichoderma*. (Harman 2004, citado por CET 2004).

2.3.3.5 Otros mecanismos:

Según Howell (2003) *Trichoderma* posee otros mecanismos de acción que no han sido tan estudiados como los anteriores, y que se han manifestado por incrementos en el peso y área de la raíz de la planta y cambios en la nutrición de la planta.

El aumento en el crecimiento de plantas producido por cepas de *Trichoderma* ha sido reportado por muchos años en cultivos como tomate, maíz, lechuga, pepino, rábano, clavel, papa (Tovar 2008).

Yedidia *et al* (2001) sugieren que el efecto de *Trichoderma* sobre el crecimiento de las plantas es debido al incremento del área de la raíz, lo que permite que la raíz explore un mayor volumen de suelo y que por lo tanto más nutrientes estén disponibles para las plantas, especialmente en ambientes de suelo donde los nutrientes son limitados.

Vinale *et al* (2004) investigaron acerca de la habilidad de *Trichoderma harzianum* cepa T22 y *Trichoderma atroviride* cepa P1 de aumentar el crecimiento en lechuga, tomate y chile bajo condiciones de invernadero, y encontraron que la productividad del cultivo aumento un 300% frente a los tratamientos testigos.

Según Bal (2008) algunas especies de *Trichoderma* pueden interactuar mejor con ciertas especies de plantas, estas especies poseen más afinidad hacia esas plantas debido a exudados que secretan las raíces y que hacen que se induzca o se inhiba el crecimiento micelial de *Trichoderma*.

2.4 Sustratos.

Según Fonteno (1996) un sustrato se puede definir como aquel material o combinación de materiales utilizados para proveer soporte, retención de agua, aireación o retención de nutrimentos para el adecuado crecimiento de las plantas.

Idealmente un buen sustrato debe de presentar buenas características físicas y químicas, de manera que complementadas con un buen manejo técnico brinden un adecuado crecimiento de la planta. Las propiedades físicas de un sustrato son las más importantes, ya que una vez colocado el sustrato en los recipientes o contenedores no se pueden variar estas propiedades. Lo contrario sucede con las propiedades químicas, donde es más fácil hacer modificaciones (Cabrera 1995; citado por Quesada 2001).

2.4.1 Propiedades físicas de los sustratos.

Las propiedades físicas constituyen el conjunto de características que describen el comportamiento del sustrato en relación con su porosidad, que ha de determinar la proporción de las fracciones sólida, líquida y gaseosa del mismo, y por lo tanto las cantidades de agua y aire de los que va a disponer la planta (Castilla 2005).

2.4.1.1 Retención de humedad:

Se define como la cantidad de agua que es capaz de retener un kilogramo de sustrato. Esta propiedad determina la posibilidad de la planta de utilizar el agua, y está dada en función de la granulometría del sustrato y de la porosidad de las partículas que lo componen (Castilla 2005).

Para caracterizar técnicamente la retención de humedad y tensión, se hacen las siguientes mediciones, agua fácilmente disponible, agua extra fácilmente disponible, agua de reserva, agua total disponible, agua difícilmente disponible y capacidad de aire (Calderón y Ceballos 2001).

- Agua extra fácilmente disponible: es el agua que retiene un sustrato a una tensión comprendida entre 0 y 10 cm de columna de agua, algunos sustratos no pueden trabajar a una tensión tan baja porque pueden estar saturados de humedad (Calderón y Ceballos 2001).
- Agua fácilmente disponible: se refiere a la cantidad de agua (% en vol.) que se libera al aplicar una tensión al sustrato de entre 10 y 50 cm de columna de agua (Pastor 2000).
- Agua de reserva: es la cantidad de agua (% en volumen) que libera un sustrato al pasar de 50 a 100 cm de columna de agua. El nivel óptimo se sitúa entre 4 y 10% en volumen (Calderón y Ceballos 2001).

- Agua total disponible: es la suma del agua fácilmente disponible más el agua de reserva. Su valor óptimo varía entre el 24 y el 40% del volumen del sustrato (Calderón y Ceballos 2001).
- Capacidad de aireación: es la proporción del volumen del sustrato de cultivo que contiene aire después de que dicho sustrato ha sido saturado con agua y dejado drenar usualmente a 10 cm de tensión (Pastor 2000).

2.4.1.2 Porosidad:

Es el volumen del sustrato de cultivo no ocupado por partículas orgánicas o minerales. El valor óptimo de porosidad es superior al 85%. El total de poros se mide en microporos, que son los encargados de retener el agua, y los macroporos que permiten la correcta aireación y drenaje del sustrato. La porosidad puede ser: intraparticular o interparticular. La primera se refiere a los poros en el interior de las partículas y la segunda se refiere a los poros existentes entre las diferentes partículas (Baixauli y Aguilar 2002).

2.4.2 Peat moss (musgo esfangíneo):

Este nombre se refiere a algunos materiales orgánicos (vegetales) que tienen un origen similar, pero que son ligeramente diferentes en sus propiedades químicas y físicas. El peat se produce a partir de hierbas, juncos y musgos que, por estar bajo ambientes fríos y en condiciones de poco oxígeno y nutrimentos, se descomponen de manera incompleta (Schnelle y Henderson 1991; citado por Quesada 2004).

Según Sawan (1999) citado por Quesada (2004) el peatmoss es un material muy utilizado, ya sea solo o bien como base primaria de mezclas. Ajustado el pH y la

fertilización, resulta en un medio del que se obtiene altos rendimientos y calidad del producto en una amplia gama de cultivos.

Quesada (2004) cita que la sociedad americana para el análisis de materiales distingue cuatro tipos hortícolas para los peat moss: sphagnum, hypnum, juncos y peat humus. Esta clasificación está basada en el origen genérico y en el contenido de fibra.

2.4.3 Arena:

Este es un material de naturaleza silíceo y de composición variable y que depende de los componentes de la roca silicatada original. Puede proceder de las canteras o de ríos. Las arenas incluyen típicamente las fracciones granulométricas comprendidas entre 0,02 mm y 2 mm. Desde el punto de vista hortícola, se prefieren aquellas con tamaño de partícula de medio a grueso, de 0,6 mm a 2,0 mm. Las arenas finas presentan una buena capacidad de retención de agua, pero están pobremente aireadas, y las arenas gruesas retienen menos agua fácilmente disponible y están mejor aireadas. La arena puede decirse que es un sustrato prácticamente permanente, debido a su extraordinaria resistencia mecánica, es fácil de desinfectar (Cadaña 2000).

2.4.4 Fibra de coco:

Una característica importante de este sustrato es que proporciona un ahorro del 30% en el consumo de agua y nutrientes, además este sustrato posee una buena capacidad de retención de agua y una porosidad adecuada. Este material puede ser reutilizado hasta por tres ciclos de producción, incluso, al desechar el material, se puede utilizar para regeneración de suelos (De Santiago 2008).

La fibra de coco puede secarse rápidamente, sin cuartearse, lo cual significa una rápida recuperación de la humedad, después del lavado de las sales. Algunos productores de chile dulce han observado que este sustrato permite un mejor desarrollo de las raíces pequeñas que a su vez favorecen el desarrollo del cultivo con un mayor rendimiento, esto por la porosidad (50 al 63% de aire) que presenta el sustrato de fibra de coco (De Santiago 2008).

2.4.5 Piedra roja volcánica:

La piedra roja volcánica como medio de cultivo ya ha sido estudiada en la producción hortalizas, este es un material que se considera inerte desde el punto de vista químico, posee un pH próximo a la neutralidad, su capacidad de intercambio es muy baja, posee una buena aireación y su retención de humedad varía con el diámetro de las partículas, generalmente esta libre de sustancias tóxicas y tiene una buena estabilidad física (Bastida 1999).

Ojodeagua *et al* (2008) concluyeron que utilizando tezontle (piedra roja volcánica) como sustrato se gasta el 70 % mas de agua y el 50% mas de fertilizantes que si se utilizara suelo como sustrato.

2.4.6 Lombricompost:

El lombricompost es un material de color oscuro que se caracteriza por estar conformado por materiales finamente divididos, posee una gran porosidad, buena capacidad de retención de humedad y una buena aireación y drenaje (Atiyeh *et al* 2000). El lombricompost comparado con la materia prima que lo genera posee reducidas cantidades de sales solubles, mayor capacidad de intercambio catiónico y elevado contenido de ácidos húmicos totales (Moreno *et al* 2006).

Según Atiyeh *et al* (2000) cuando el lombricompost ha sido utilizado como mejorador de suelo o como medio de cultivo hortícola, se ha mejorado consistentemente la germinación de las semillas, se ha incrementado el crecimiento y desarrollo de las plantas, además se ha notado un aumento considerable en la producción de las plantas.

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación:

El ensayo experimental se realizó en 2 etapas, una fase de campo y otra fase de laboratorio.

La fase de campo se realizó en un invernadero ubicado dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos, localizado en Santa Clara, distrito de Florencia, cantón de San Carlos, provincia de Alajuela. Esta zona cuenta con un clima clasificado como tropical húmedo, con precipitaciones promedio de 3500 mm al año, una temperatura promedio de 25,7°C y una altura de 165 msnm.

El invernadero donde se realizó el ensayo posee una área de 120 m², con un largo de 12 m y un ancho de 10 m, las paredes de este invernadero están recubiertas de una malla antiinsectos (figura 1), el techo posee una cubierta plástica transparente y una ventilación cenital, el piso del invernadero está cubierto por una capa de piedra roja.



Figura 1. Invernadero. Finca la Esmeralda. Santa Clara, San Carlos.

La fase de laboratorio se realizó en el laboratorio de biocontroladores y en el laboratorio de suelos ubicados en el Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos.

3.2 Descripción del experimento:

El ensayo se realizó con plantas de chile dulce del híbrido Nathalie de la casa Roger seeds, estas plantas fueron trasplantadas a los 30 días después de la siembra, a bolsas de 12 litros de capacidad, usadas como contenedores de los sustratos. Se evaluaron 4 tipos de sustratos, cada uno de estos sustratos fueron inoculados previamente con *Trichoderma* spp. a una concentración de 10^9 conidios por mililitro, teniendo cada uno sus testigos absolutos.

3.3 Descripción de los tratamientos:

Los tratamientos evaluados correspondieron a 4 diferentes tipos de sustratos (arena de río peñas blancas, piedra roja volcánica, lombricompost y una mezcla de tres partes de fibra de coco + una parte de Peatmoss), inoculados y sin inocular con *Trichoderma* spp.

Cuadro 1. Nomenclatura utilizada para los tratamientos.

| Sustrato | <i>Trichoderma</i> | Código para tratamientos |
|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| Arena de río | Con inoculación | T1 |
| Piedra Roja Volcánica | Con inoculación | T2 |
| Lombricompost | Con inoculación | T3 |
| Fibra de coco + Peatmoss | Con inoculación | T4 |
| Arena de río | Sin inoculación | T5 |
| Piedra Roja Volcánica | Sin inoculación | T6 |
| Lombricompost | Sin inoculación | T7 |
| Fibra de coco + Peatmoss | Sin inoculación | T8 |

3.4 Procedimiento:

3.4.1 Etapa de campo:

3.4.1.1 Desinfección de los sustratos:

Se realizó una solarización a los sustratos fibra de coco (figura 2) y lombricompost; estos sustratos fueron humedecidos y colocados en bolsas plásticas transparentes dentro del invernadero, por un periodo de 5 días. A la arena de río y a la piedra roja volcánica no se le realizó solarización, esto por tratarse de materiales inorgánicos además de razones de manejo.



Figura 2. Solarización de la Fibra de coco.

3.4.1.2 Llenado y ubicación de las bolsas (contenedores):

Las bolsas utilizadas fueron de 2 tipos una de color negro y una de color blanco, la bolsa de color negro se colocó por dentro de la bolsa blanca, posteriormente estas fueron llenadas con el sustrato respectivo a un volumen de 12 litros, luego fueron colocadas dentro del invernadero (figura 3), según la distribución de los

tratamientos (ver anexo 1), a una distancia de 40 cm entre ellas, 1,5 m entre hileras.



Figura 3. Ubicación de las bolsas dentro del invernadero.

3.4.1.3 Trasplante:

Establecidos los tratamientos se trasplantaron las plántulas de chile dulce, con un mes de germinación, a las respectivas bolsas. Por cada bolsa se colocó una plántula (figura 4).



Figura 4. Plántula de chile dulce recién trasplantada.

3.4.1.4 Inoculación con *Trichoderma*:

El *Trichoderma* que se utilizó en el ensayo fue elaborado en el laboratorio de biocontroladores del ITCR. Este consistió en un biopreparado del hongo *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*. Al momento del trasplante se realizó una inoculación inundativa (figura 5), se sumergieron las plántulas correspondientes a los tratamientos inoculados en una suspensión de conidios, la cual poseía una concentración de 10^9 conidios por mililitro. Posteriormente se realizaron aplicaciones cada mes en forma de drench (ver anexo 2), disminuyendo la concentración cada mes.



Figura 5. Aplicación inundativa de *Trichoderma* a las plántulas de chile dulce al momento del trasplante.

3.4.1.5 Riego y fertilización:

Se utilizó el sistema de riego por goteo, con 4 goteros por maceta. El fertirriego se realizó mediante una bomba eléctrica de $\frac{1}{2}$ HP y un temporizador, conectados a un tanque que contenía la solución nutritiva completa (ver anexo 3). Se realizaron

9 riegos por día, seis de estos por un periodo de 5 minutos y los tres restantes por un periodo de 8 minutos.

3.4.1.6 Manejo de la arquitectura de la planta:

Las plantas fueron tutoradas a partir de la sexta semana (figura 6) con la ayuda de un alambre sujetado a la estructura del invernadero y de mecate piola. Se realizaron 2 podas a las ramas de las plantas con el objetivo de manejar mejor el follaje y así lograr una mayor uniformidad en los frutos. La primera poda se realizó a la semana 9 y la segunda a la semana 15.



Figura 6. Plantas de chile dulce tutoradas con mecate piola.

3.4.1.7 Practicas fitosanitarias:

Se utilizó un pediluvio con una solución de carbolina como medida preventiva de entrada de patógenos al invernadero. No se realizó ninguna aplicación de

plaguicidas al sustrato. Se realizaron 2 aplicaciones del acaricida Acaramik 1.8 EC (Abamectina) a una dosis de 0,6 cc l⁻¹, y una aplicación de insecticida (Imidacloprid) combinado con *Metharrizium anisopliae*, para el control de áfidos, se utilizó una décima parte de la dosis recomendada del insecticida (0,3 g l⁻¹)

3.4.1.8 Variables evaluadas:

Variables de crecimiento del cultivo: estas variables se evaluaron en intervalos de una semana desde el momento de trasplante de las plántulas, a excepción de peso seco de la raíz y parte aérea que se midió al final del ciclo.

- Altura de la planta en centímetros: para realizar esta medición se utilizó una cinta métrica.
- Número de flores por planta: se contabilizaron las flores abiertas producidas por planta.
- Número de frutos cuajados por planta: esta variable se midió contabilizando los frutos cuajados, cuando los frutos pequeños adquirieron un tamaño de al menos 2 cm de diámetro y no presentaron problemas patológicos.
- Grosor del tallo en la base de la planta: la medición se realizó siempre en la base de la planta, y para esta medición se utilizó un calibrador de mano.
- Peso seco de la raíz y de la parte aérea de la planta: esta variable se evaluó al final del ciclo mediante el secado y pesado de cada parte.
- Peso fresco de la raíz y de la parte aérea de la planta: esta variable se evaluó al final del ciclo mediante el pesado de cada parte

VARIABLES ASOCIADAS A LA PRODUCTIVIDAD: estas variables se evaluaron cada vez que se realizó una cosecha

- Peso de frutos por cosecha: correspondió al peso en kilogramos de los frutos de cada una de las cosechas que se llevaron a cabo.
- Número de frutos cosechados por planta: correspondió al número de frutos que alcanzaron el nivel óptimo para ser comercializables.
- Número de frutos según clasificación de calidad: para esto se utilizó una escala de calidad de la fruta, se clasificaron los frutos de acuerdo a 3 calidades (anexo 4).
- Rendimiento total: esta variable se obtuvo al sumar todas las cosechas de frutos que se realizaron para cada tratamiento, y se expresa en kg/planta.

VARIABLES ASOCIADAS AL CLIMA: se trató de condiciones internas al invernadero y externas a este. Las mediciones se realizaron 2 veces al día, una en la mañana y otra en la tarde. Las mediciones externas al invernadero se tomaron en la estación meteorológica del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos. Las mediciones internas se tomaron solo durante los primeros 2 meses del cultivo, esto porque no fue posible durante los meses siguientes registrar las variables diariamente.

- Temperatura (C°): se determinaron las temperaturas con la ayuda de higrotermómetros.
- Humedad relativa: esta variable se determinó con la ayuda de higrotermómetros.

3.4.2 Etapa de laboratorio:

3.4.2.1 Análisis microbiológico de los sustratos:

Los análisis microbiológicos se realizaron aplicando la técnica clásica (diluciones seriadas) de acuerdo a las modificaciones descritas por Mata 2008.

Se realizó un recuento total de bacterias anaerobias, bacterias aerobias, actinomicetos y hongos. De cada tratamiento se tomaron 2 muestras de 10 gramos cada una para su respectivo análisis, estableciéndose para cada recuento 4 repeticiones por muestra. Se realizaron 2 análisis microbiológicos a los sustratos, el primero se realizó 8 días después de la inoculación de *Trichoderma* únicamente a los tratamientos que se inocularon con el hongo, y el segundo análisis se realizó al final del experimento a todos los tratamientos utilizados. Además al final del experimento se realizó un análisis microbiológico a la piedra roja que servía de piso al invernadero.

3.4.2.2 Análisis físico de los sustratos:

Estos análisis fueron realizados en el laboratorio de suelos del ITCR, basándose en la metodología propuesta por Calderón y Ceballos (2001), se utilizó un equipo que consistió en un recipiente cilíndrico con una placa filtrante en el fondo, a la cual se le acoplo un manómetro en forma de U provisto de una entrada lateral de agua y de un drenaje en la parte inferior (anexo 5), con este se obtuvieron los valores de V_a-0 (sustrato a capacidad de campo), V_0-10 (sustrato a tensión de 10 cm de H_2O), V_{10-50} (sustrato a tensión de 50 cm de H_2O), V_{50-100} (sustrato a tensión de 100 cm de H_2O) y VR (volumen del recipiente). En el recipiente cilíndrico se colocaron 2 l^{-1} de cada sustrato y se les añadió agua hasta saturar el medio (dejándolo estabilizar por un periodo de 10 minutos), posteriormente se procedió a drenar el agua poco a poco para ir obteniendo los valores antes mencionados (anexo 5) y así determinar las siguientes variables:

- Macroporosidad: esta variable se determinó con la ayuda de la siguiente fórmula $(V_{a-0})/VR \times 100$.
- Capacidad de aireación: esta variable se determinó con la siguiente fórmula (CA): $(V_{a-0} + V_{0-10})/VR \times 100$.
- Agua fácilmente disponible (AFD): se determinó con la siguiente fórmula $(V_{10-50})/VR \times 100$.
- Agua de reserva (AR): se determinó con la siguiente fórmula $(V_{50-100})/VR \times 100$.
- Agua total disponible: se determinó con la siguiente fórmula (AFD+AR).

3.5 Diseño experimental:

Por tratarse de un ensayo dentro de un invernadero cuyas condiciones de cultivo son bastante uniformes, el diseño que se utilizó fue un irrestricto al azar.

Se evaluaron 4 tipos de sustratos, cada uno de estos sustratos fueron inoculados previamente con *Trichoderma* spp. a una concentración de 10^9 conidios por mililitro, teniendo cada uno sus testigos absolutos respectivamente (sustratos sin inocular), por lo tanto correspondió a un arreglo factorial 4x2, para un total de 8 tratamientos. Se utilizaron 4 repeticiones por tratamiento.

El número de parcelas totales correspondió al número de tratamientos por el número de repeticiones, en este caso 8×4 , que son 32 parcelas. La parcela correspondió a una hilera de plantas de 2 metros de longitud, con una separación entre hileras de 1.5 m y una separación entre plantas de 40 cm, para un total de 5 plantas por parcela y 160 plantas en total.

3.6 Análisis estadístico:

Para las variables de respuesta del cultivo, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de los resultados obtenidos al finalizar el ciclo del cultivo de chile dulce, este análisis se realizó a cada mes del cultivo, para estimar el efecto de los factores y sus interacciones. Además se realizó una prueba de separación de medias, la prueba de medias de Tukey.

Para las variables número de flores y número de frutos cuajados por planta se procedió a la transformación de datos a raíz cuadrada, esto por tratarse de recuentos, sin embargo no se encontró diferencia en los análisis de varianza con los datos transformados y con los datos sin transformar, es por esto que en los resultados y discusión se utilizan los datos no transformados. Además se realizó un análisis de regresión lineal para la variable grosor de tallo según la altura de la planta.

3.7 Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \zeta_i + \tau_j + (\zeta * \tau)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = Media.

ζ_i = Efecto del sustrato.

τ_j = Efecto de la inoculación.

$(\zeta * \tau)_{ij}$ = Efecto de la interacción del sustrato y la inoculación.

ε_{ijk} = Error experimental.

4 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Caracterización de los sustratos utilizados:

Según Calderón (2001) para que un sustrato hidropónico sea considerado como bueno, este debe reunir una serie de características físicas, químicas y microbiológicas de manera que lo hagan apto para el cultivo, permitiendo un desarrollo normal de la planta, una buena disponibilidad de oxígeno, una buena movilidad del agua y una fácil penetración de la raíz al sustrato.

4.1.1 Evaluación de las propiedades físicas de los sustratos:

Las propiedades físicas son el conjunto de características que describen el comportamiento del sustrato en relación con su porosidad, la cual va a determinar las fracciones sólida, líquida y gaseosa del sustrato, y por lo tanto las cantidades de agua y de aire de las cuales va a disponer la planta (Florian 1997).

Un aspecto que se debe tener en consideración al referirse a las características físicas de un sustrato, es la imposibilidad de modificar alguna de estas características posteriormente a la colocación de la planta dentro del contenedor (Calderón 2001). Según Bunt (1988) citado por Cadahía (2000) la macroporosidad se refiere a los poros no capilares o de tamaño mayor a 30 μm , que son los que se vacían después de que el sustrato ha drenado, permitiendo la aireación.

De Boodt *et al.* (1974) señalan como valores recomendables para la macroporosidad de un sustrato los comprendidos entre el 20 y el 30%, con base en esto y de acuerdo a los resultados presentados en el cuadro 2, se puede decir que ninguno de los sustratos evaluados se encuentra dentro del rango óptimo de

macroporosidad, el sustrato que se acerca más a este rango es el lombricompost con un 19,5%, el sustrato que presenta una menor macroporosidad es la arena de río con un 12%.

Cuadro 2. Propiedades físicas de cada sustrato utilizado en el experimento.

| SUSTRATO | Macroporosidad (%) | Capacidad de aireación (%) | Agua fácilmente disponible (%) | Agua de reserva (%) | Agua total disponible (%) |
|--------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| Fibra de Coco + Peatmoss | 17 | 58 | 6,6 | 6,25 | 12,85 |
| Piedra Roja | 17,5 | 57,75 | 7 | 6,75 | 13,75 |
| Arena de Río | 12 | 47,4 | 6,9 | 6,3 | 13,2 |
| Lombricompost | 19,5 | 57,5 | 6,45 | 6,4 | 12,85 |

Ansorena (1994) considera que aquellos sustratos que se encuentren en un rango de 10 a 30% de capacidad de aireación (cuadro 3) son adecuados para su utilización en hortalizas. Sin embargo ninguno de los sustratos evaluados (cuadro 2) se encuentra dentro de ese rango óptimo. El sustrato que más se acerca a ese rango es la arena de río con 47% de capacidad de aireación. Los demás sustratos presentan un porcentaje más alto. Según Soto (2007) esta propiedad es muy importante en los cultivos sin suelo, ya que el sistema radical de la planta esta confinado a un volumen pequeño (en este ensayo en 12 litros) y al ser un sistema intensivo de producción va a presentar una alta actividad metabólica y de crecimiento y por lo tanto va a requerir mas oxígeno, además una alta capacidad de aireación, es lo que le va a permitir a las raíces acomodarse en un volumen reducido de sustrato.

Con respecto al agua fácilmente disponible Ansorena (1994) cita como rango óptimo de 20 a 30% (cuadro 3), sin embargo en el cuadro 2 se observa que ningún sustrato se aproxima a este rango, esto puede deberse a que la porosidad total del sustrato es baja o a que los poros son grandes y gran parte del agua se pierde

por gravedad. El sustrato que presentó un mayor porcentaje de agua fácilmente disponible es la piedra roja con un 7%.

El nivel óptimo de agua de reserva citado por Ansorena (1994) se encuentra entre el 4 y 10% (cuadro 3), en el cuadro 2 se puede observar que todos los sustratos están dentro del rango adecuado, por lo tanto todos los sustratos utilizados presentan un porcentaje ideal de agua de reserva, esta es el agua que funciona como de abastecimiento o de emergencia en caso de que se presenten periodos de sequía por algún incidente.

Cuadro 3. Rangos óptimos de las propiedades físicas evaluadas a los sustratos.

| PROPIEDAD | NIVEL ÓPTIMO (%) |
|----------------------------|-------------------------|
| Macroporosidad | 20-30 |
| Capacidad de aireación | 10-30 |
| Agua fácilmente disponible | 20-30 |
| Agua de reserva | 4-10 |
| Agua total disponible | 24-40 |

Fuente: sustratos. Propiedades y caracterización. Javier Ansorena. Mundi-Prensa 1994.

Con respecto al porcentaje de agua total disponible el rango óptimo citado por Ansorena (1994) es de 24 a 40% (cuadro 3), sin embargo en el cuadro 2 se observa que ninguno de los sustratos evaluados esta dentro de este rango, esto porque esta propiedad es la suma del agua fácilmente disponible y el agua de reserva, y anteriormente se observa que el agua fácilmente disponible presenta un porcentaje muy bajo lo que ocasiona que el porcentaje de agua total disponible también sea bajo. Estos resultados observados en los sustratos (cuadro 2), implicarían que los riegos que se vayan a realizar en el cultivo sean programados con mayor frecuencia y por periodos cortos, ya que el porcentaje de agua que la planta tiene disponible es bajo. El sustrato que más se acerca a este rango es la piedra roja con un 13,75%.

4.1.2 Evaluación de las propiedades microbiológicas de los sustratos.

A lo largo del experimento se realizaron 2 análisis microbiológicos a los sustratos, el primero se realizó solo a los sustratos inoculados con *Trichoderma*, a los 8 días después de la inoculación, el segundo análisis se realizó al final del experimento a todos los tratamientos utilizados.

Según Delgado (2004b) la microflora de un suelo o de un sustrato está compuesta por bacterias, actinomicetos, hongos, algas, virus y protozoarios, estos organismos pueden llegar a cumplir funciones muy importantes como lo son: el control de fitopatógenos; la transformación de compuestos orgánicos que la planta no puede tomar a formas inorgánicas que si pueden ser asimiladas por la planta; mejoramiento de las propiedades físicas del sustrato; aumento del desarrollo radicular en la planta que mejora la asimilación de nutrientes, la capacidad de campo y el desarrollo de la planta.

De acuerdo a los resultados obtenidos (cuadro 4) en el primer análisis microbiológico se comprobó que en los sustratos que se realizó la inoculación si estaba presente el hongo *Trichoderma*. Además se observó que la presencia de este es mayor a 10^3 UFC en todos los sustratos (cantidad de colonias incontables), lo cual esta dentro de la concentración óptima mencionada por Obregón (2006) la cual debe ser mayor a 10^3 UFC (cuadro 5), esto porque los hongos constituyen la fracción mas grande de la biomasa microbiana (Coyne 2000).

Es importante mencionar que a los sustratos que no se inocularon con el hongo no se les realizó un análisis microbiológico al inicio por lo que no es posible saber si en ellos existía presencia de *Trichoderma*.

Cuadro 4. Análisis microbiológico realizado a los sustratos inoculados, 8 días después de la inoculación con *Trichoderma*, expresado en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/gr).

| SUSTRATO | HONGOS | BACTERIAS ANAEROBIAS | ACTINOMICETES | BACTERIAS AEROBIAS |
|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|
| Piedra roja | >10 ³ UFC/gr * | >10 ⁴ UFC/gr | No se presento | 2,1 x 10 ⁸ UFC/gr |
| Arena de rio | >10 ³ UFC/gr * | 2,0 x 10 ⁶ UFC/gr | No se presento | >10 ⁶ UFC/gr |
| Fibra de coco + Peatmoss | >10 ³ UFC/gr * | 6,2 x 10 ⁵ UFC/gr | No se presento | 1,1 x 10 ⁸ UFC/gr |
| Lombricompost | >10 ³ UFC/gr * | >10 ⁴ UFC/gr | No se presento | >10 ⁶ UFC/gr |

* Presencia de *Trichoderma*

De acuerdo a los criterios establecidos por Obregón (2006) y de acuerdo a los resultados presentados en el cuadro 4, se observa que los sustratos evaluados presentan niveles altos de bacterias anaeróbicas, sin embargo los niveles de bacterias aeróbicas coinciden con los rangos establecidos por Obregón (cuadro 5).

En este análisis no se observó la presencia de actinomicetos en ninguno de los sustratos evaluados.

Con respecto al cuadro 5 es importante destacar que estos rangos óptimos propuestos por Obregón (2006) van a depender mucho del tipo de sustrato utilizado, del origen de este, de la hora en la que sea tomada la muestra y de muchos factores más, por lo tanto no significa que estos rangos sean estrictamente los ideales pero si se pueden utilizar como un parámetro de comparación.

Cuadro 5. Concentración microbiana óptima para un sustrato (Obregón 2006).

| Medio | Microorganismos en el cultivo | Concentración |
|----------------|-------------------------------|---------------|
| Agar nutritivo | Bacterias aeróbicas | $>10^6$ UFC |
| Agar nutritivo | Bacterias anaeróbicas | $<10^3$ UFC |
| Actino | Actinomicetos | $<10^4$ UFC |
| PDA | Hongos | $>10^3$ UFC |

Esta riqueza microbiana se aplica a los microorganismos benéficos.

El mismo comportamiento presentado en el primer análisis microbiológico se observa en los análisis realizados al final de ensayo (cuadro 6), donde a diferencia de los resultados anteriores se observó la presencia de actinomicetos en los tratamientos que poseen como sustrato Lombricompost y la mezcla de Peatmoss + Fibra de coco, estos tratamientos se encuentran en una concentración mayor a la citada por Obregón (2006), donde la concentración adecuada debe ser menor a 10^4 UFC/gr.

Según Delgado (2004b) y Coyne (2000) una de las principales características de los actinomicetos, es que estos se alimentan de materiales orgánicos, es posiblemente por esta razón que se presentaron en los materiales de origen orgánico (Lombricompost y mezcla Fibra de coco + Peatmoss), los actinomicetos son organismos saprófitos y por ende se desarrollan en la materia orgánica disponible.

La mayor parte de los actinomicetos suelen ser inofensivos para el suelo y los cultivos, algunos son particularmente beneficiosos, como los actinomicetos de género *Frankia* que forman asociaciones con arbustos y árboles leñosos, fijando el nitrógeno (Coyne 2000).

Cuadro 6. Análisis microbiológico para cada tratamiento, realizado al final del ensayo, expresado en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/gr).

| TRATAMIENTO | HONGOS | BACTERIAS ANAEROBIAS | ACTINOMICETES | BACTERIAS AEROBIAS |
|---|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| T1: Arena de río con <i>Trichoderma</i> | >10 ³ UFC/gr * | 6 x 10 ⁴ UFC/gr | No se determino | 1,2 x 10 ⁷ UFC/gr |
| T2: Piedra roja con <i>Trichoderma</i> | >10 ³ UFC/gr * | 3,3 x 10 ⁵ UFC/gr | No se determino | 5,0 x 10 ⁷ UFC/gr |
| T3: Lombricompost con <i>Trichoderma</i> | >10 ³ UFC/gr * | 1,8 x 10 ⁶ UFC/gr | 0,5 x 10 ⁵ UFC/gr | 3,4 x 10 ⁷ UFC/gr |
| T4: Fibra de coco + Peatmoss con <i>Trichoderma</i> | >10 ³ UFC/gr * | 2 x 10 ⁶ UFC/gr | 2 x 10 ⁵ UFC/gr | 4,1 x 10 ⁷ UFC/gr |
| T5: Arena de río sin <i>Trichoderma</i> | >10 ³ UFC/gr * | 4,4 x 10 ⁵ UFC/gr | No se determino | 8,7 x 10 ⁷ UFC/gr |
| T6: Piedra roja sin <i>Trichoderma</i> | >10 ³ UFC/gr * | 9,8 x 10 ⁵ UFC/gr | 0,5 x 10 ⁵ UFC/gr | 1,1 x 10 ⁸ UFC/gr |
| T7: Lombricompost sin <i>Trichoderma</i> | >10 ³ UFC/gr * | 5,8 x 10 ⁵ UFC/gr | No se determino | 1,4 x 10 ⁷ UFC/gr |
| T8: Fibra de coco + Peatmoss sin <i>Trichoderma</i> | >10 ³ UFC/gr * | 1,3x 10 ⁶ UFC/gr | No se determino | 6,5 x 10 ⁶ UFC/gr |

* Presencia de *Trichoderma*

Es importante mencionar que en este análisis (cuadro 6) se logró determinar la presencia del hongo *Trichoderma* en todos los tratamientos testigos, lo que evidencia una contaminación. El momento de la contaminación de los tratamientos testigos no fue posible determinarlo ya que solo se realizaron análisis microbiológicos a los tratamientos testigos al final del ensayo y no desde el principio del ensayo como hubiese sido lo adecuado.

Esta contaminación de los tratamientos testigos pudo darse por medio del piso del invernadero (piedra roja gruesa), ya que al final del ensayo se realizó un análisis microbiológico a esta piedra y se determinó la presencia de *Trichoderma* como se puede observar en la figura 7, donde se observan en todas las placas de Petri la presencia de colonias de *Trichoderma*, en una concentración mayor a 10^3 unidades formadoras de colonias por gramo (cantidad incontable de colonias). Esta piedra pudo contaminarse a la hora de realizar las inoculaciones ya que la cantidad de suspensión que se aplicó fue de 500 ml por contenedor (maceta), lo que muchas veces ocasionó que la suspensión de *Trichoderma* drenara y llegaría hasta la piedra roja, estableciéndose tal vez el hongo primero en la piedra y posteriormente estableciéndose en los tratamientos testigos.

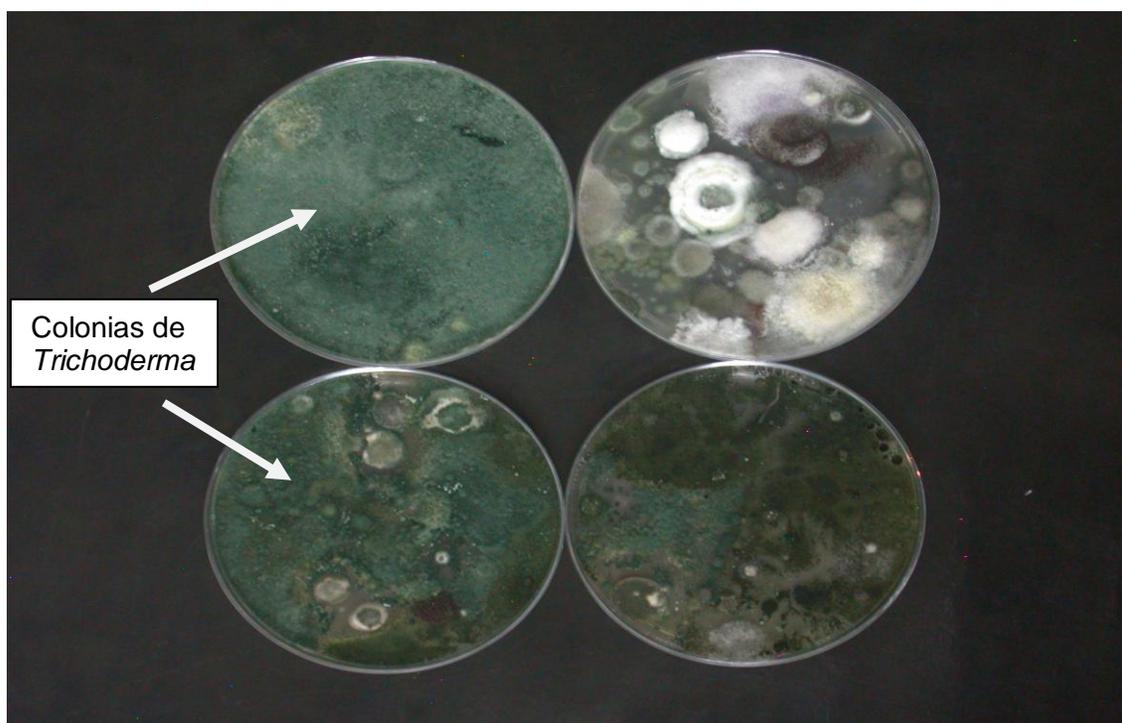


Figura 7. Presencia de *Trichoderma* en las cajas Petri del análisis microbiológico para hongos realizado a la piedra roja del piso del invernadero al final del ensayo.

Otra posibilidad que existe del porqué los tratamientos testigos poseían *Trichoderma*, es que los tratamientos no se contaminaran durante el ensayo, sino que en los sustratos desde un principio ya estuviera establecido el hongo, esto no se puede comprobar o descartar porque no se realizó un análisis microbiológico a

los sustratos al comienzo del ensayo para comprobar que no existiera la presencia del hongo como hubiese sido lo ideal.

El establecimiento de *Trichoderma* en todos los tratamientos y en la piedra roja que servía de piso al invernadero se puede explicar por una de las principales características que posee este hongo, y es la capacidad que posee *Trichoderma* para colonizar y establecerse en diferentes sustratos, posee una gran capacidad de adaptación a diversas condiciones medioambientales y hábitat, especialmente en aquellos que contienen materia orgánica (Stefanova 1997, citado por Ramírez 2006) además puede sobrevivir en medios con contenidos significativos de agroquímicos.

4.2 Evaluación agronómica:

4.2.1 Variables asociadas a crecimiento:

Para estas variables de crecimiento se realizaron mediciones cada semana durante todo el ciclo del cultivo. Los análisis de varianza se realizaron para cada mes del cultivo para determinar en que mes se presentaron diferencias.

4.2.1.1 Altura.

Los resultados de altura de planta se muestran mensualmente en el cuadro 7, en este se observa que los tratamientos que presentan la mayor altura de planta en el mes 1 son los tratamientos T6 (piedra roja sin *Trichoderma*) y T7 (Lombricompost sin *Trichoderma*). En el mes 2 se observa que los tratamientos que presentaron la mayor altura de planta fueron los tratamientos T3 (lombricompost con *Trichoderma*), T4 (fibra de coco + Peatmoss con *Trichoderma*), T6 (piedra roja sin *Trichoderma*) y T8 (Fibra de coco + Peatmoss sin *Trichoderma*), este mismo comportamiento se da en los meses 3 y 4. Para el mes 5 se observa que la mayor altura de planta se presenta en el tratamiento T3 (lombricompost con

Trichoderma), para el mes de 6 no se presentan diferencias entre los tratamientos.

Cuadro 7. Altura promedio de planta (cm) para cada tratamiento y para cada mes del cultivo de chile dulce.

| Tratamiento | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| T1: Arena de río con <i>Trichoderma</i> | 39,34 ab | 92,07 ab | 110,45 ab | 136,08 ab | 152,98 ab | 175,72 a |
| T2: Piedra roja con <i>Trichoderma</i> | 37,45 a | 84,79 a | 98,88 a | 120,99 a | 138,79 a | 156,66 a |
| T3: Lombricompost con <i>Trichoderma</i> | 41,8 ab | 94,71 b | 110,91 b | 142,73 b | 163,26 b | 184,03 a |
| T4: Fibra de coco + Peatmoss con <i>Trichoderma</i> | 40,31 ab | 95,76 b | 112,62 b | 138,74 b | 154,63 ab | 171,95 a |
| T5: Arena de río sin <i>Trichoderma</i> | 39,7 ab | 93,43 ab | 109,29 ab | 130,08 ab | 143,19 ab | 161,58 a |
| T6: Piedra roja sin <i>Trichoderma</i> | 42,91 b | 94,55 b | 111,11 b | 139,97 b | 155,13 ab | 176,76 a |
| T7: Lombricompost sin <i>Trichoderma</i> | 42,77 b | 94,08 ab | 110,41 ab | 138,73 b | 157,88 ab | 179,45 a |
| T8: Fibra de coco + Peatmoss sin <i>Trichoderma</i> | 41,87 ab | 95,15 b | 112,98 b | 139,37 b | 150,73 ab | 170,23 a |

Prueba tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Es importante destacar que durante los 6 meses evaluados el sustrato inoculado y el sustrato sin inocular presentan el mismo comportamiento, por ejemplo el tratamiento 1 y el tratamiento 5 presentan el mismo comportamiento durante los 6 meses, es decir no presentan diferencias entre si, ambos tratamientos utilizan arena de río como sustrato (con y sin inoculación respectivamente). Solo para el

caso del sustrato piedra roja volcánica si se observan diferencias durante los 6 meses, el tratamiento 2 presenta diferencias significativas con respecto al tratamiento 6 durante los primeros 4 meses del cultivo, lo que evidencia que la piedra roja sin *Trichoderma* presenta mayor altura de planta que la piedra roja con *Trichoderma*. Sin embargo no se puede determinar si existe o no un efecto positivo o negativo de la inoculación de *Trichoderma*, ya que en el ensayo no se pudo determinar en el momento en que los tratamientos testigos se contaminaron con *Trichoderma*.

En la figura 8 se presentan las alturas de planta en semanas para cada tratamiento durante el ciclo del cultivo de chile dulce, se puede observar como durante todo el ciclo el tratamiento que presentó la menor altura de planta fue el T2 compuesto por piedra roja inoculada con *Trichoderma*, además se observa que el tratamiento que presentó en la mayoría de las semanas del cultivo la mayor altura de planta fue el T3 compuesto por lombricompost inoculado con *Trichoderma*.

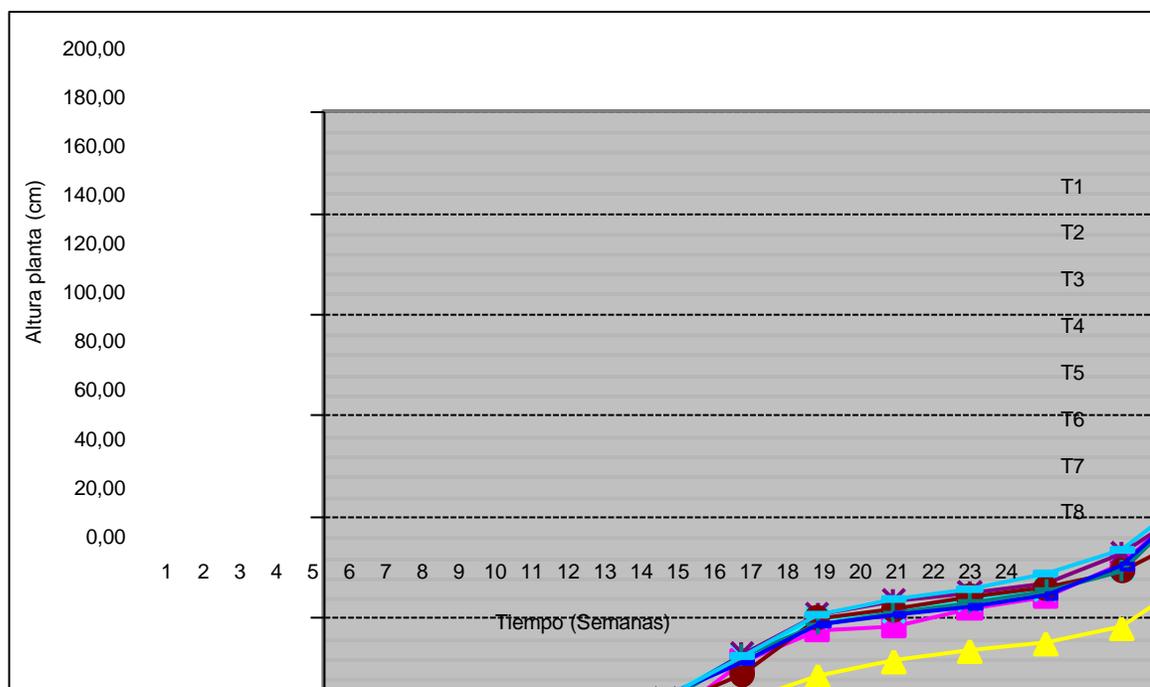


Figura 8. Altura de planta para los diferentes tratamientos en semanas durante todo el ciclo del cultivo de chile dulce.

En general de acuerdo a los resultados presentados en el cuadro 7 y la figura 8, se puede decir que el sustrato que presentó las mayores alturas de planta durante el ciclo del cultivo fue el lombricompost, resultado que concuerda con lo reportado por Atiyeh *et al* (2000), quienes concluyeron que el lombricompost posee un gran potencial que favorece el crecimiento de diversos cultivos hortícolas debido a sus propiedades físicas y a su contenido de ácidos húmicos. Sin embargo Kate *et al* (1992) reportaron que el efecto del lombricompost sobre la planta no es inmediato, sino que la respuesta de la planta puede tomar cierto tiempo, lo que concuerda con los resultados obtenidos en el ensayo para esta variable, donde al principio del ciclo el sustrato que presenta la mayor altura de planta es la Fibra de coco + Peatmoss, pero posteriormente el sustrato que presenta la mayor altura de planta es el lombricompost.

4.2.1.2 Grosor de tallo.

Los resultados de grosor de tallo de planta de chile dulce se muestran mensualmente en el cuadro 8, en este se observa que durante el mes 1 el tratamiento que presentó el mayor grosor de tallo fue el T8 (Fibra de coco + Peatmoss sin *Trichoderma*); durante el mes 2 los tratamientos que presentaron un mayor grosor de tallo fueron el T4 (Fibra de coco + Peatmoss con *Trichoderma*) y el T8 (Fibra de coco + Peatmoss sin *Trichoderma*); para los meses 3, 4 y 5 los tratamientos que presentaron un mayor grosor de tallo fueron los tratamientos T3 (Lombricompost con *Trichoderma*), T4 (Fibra de coco + Peatmoss con *Trichoderma*) y T8 (Fibra de coco + Peatmoss sin *Trichoderma*); y para el mes 6 los tratamientos que presentaron un mayor grosor de tallo fueron el T1 (arena de río con *Trichoderma*), T3 (Lombricompost con *Trichoderma*), T4 (Fibra de coco + Peatmoss con *Trichoderma*) T7 (Lombricompost sin *Trichoderma*) y T8 (Fibra de coco + Peatmoss sin *Trichoderma*).

Cuadro 8. Grosor de tallo de las plantas de chile dulce (cm) para cada sustrato utilizado durante cada mes del cultivo.

| Tratamiento | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---|---------|----------|----------|----------|----------|---------|
| T1: Arena de río con <i>Trichoderma</i> | 0,76 ab | 1,64 bc | 1,89 bc | 2,06 bc | 2,13 bc | 2,24 c |
| T2: Piedra roja con <i>Trichoderma</i> | 0,71 a | 1,42 a | 1,72 ab | 1,87 ab | 1,96 ab | 2,04 ab |
| T3: Lombricompost con <i>Trichoderma</i> | 0,77 ab | 1,61 abc | 1,93 c | 2,09 c | 2,17 c | 2,29 c |
| T4: Fibra de coco + Peatmoss con <i>Trichoderma</i> | 0,77 ab | 1,70 c | 1,95 c | 2,10 c | 2,23 c | 2,32 c |
| T5: Arena de río sin <i>Trichoderma</i> | 0,76 ab | 1,54 abc | 1,83 abc | 1,98 abc | 2,08 abc | 2,20 bc |
| T6: Piedra roja sin <i>Trichoderma</i> | 0,74 ab | 1,46 ab | 1,69 a | 1,85 a | 1,92 a | 2,01 a |
| T7: Lombricompost sin <i>Trichoderma</i> | 0,79 ab | 1,60 abc | 1,86 abc | 2,03 abc | 2,13 bc | 2,25 c |
| T8: Fibra de coco + Peatmoss sin <i>Trichoderma</i> | 0,82 b | 1,69 c | 1,95 c | 2,11 c | 2,18 c | 2,30 c |

Prueba tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En el cuadro 8 también se aprecia que durante el mes 1 y el mes 2 el tratamiento que presentó el menor grosor de tallo fue el T2 (piedra roja con *Trichoderma*), para los meses 3, 4, 5 y 6 el tratamiento que presentó el menor grosor de tallo fue el T6 (piedra roja sin *Trichoderma*).

Cabe destacar que si se observan diferencias significativas para cada tratamiento, pero no se observan diferencias significativas dentro de un mismo sustrato durante el ciclo del cultivo, es decir, no se presentan diferencias significativas entre el T1 y el T5 (arena de río con *Trichoderma* y arena de río sin *Trichoderma* respectivamente), T2 y T6 (piedra roja con *Trichoderma* y piedra roja sin *Trichoderma* respectivamente), T3 y T6 (lombricompost con *Trichoderma* y

lombricompost sin *Trichoderma* respectivamente), T4 y T8 (Fibra de coco + Peatmoss con *Trichoderma* y Fibra de coco + Peatmoss sin *Trichoderma* respectivamente).

En la figura 9 se muestra el comportamiento de la variable grosor de tallo de la planta de chile dulce para cada tratamiento utilizado en el ensayo durante todo el ciclo del cultivo en semanas, se observa como los tratamientos que presentaron el menor grosor de tallo durante todo el ciclo fueron el T2 (piedra roja con *Trichoderma*) y el T6 (piedra roja sin *Trichoderma*).

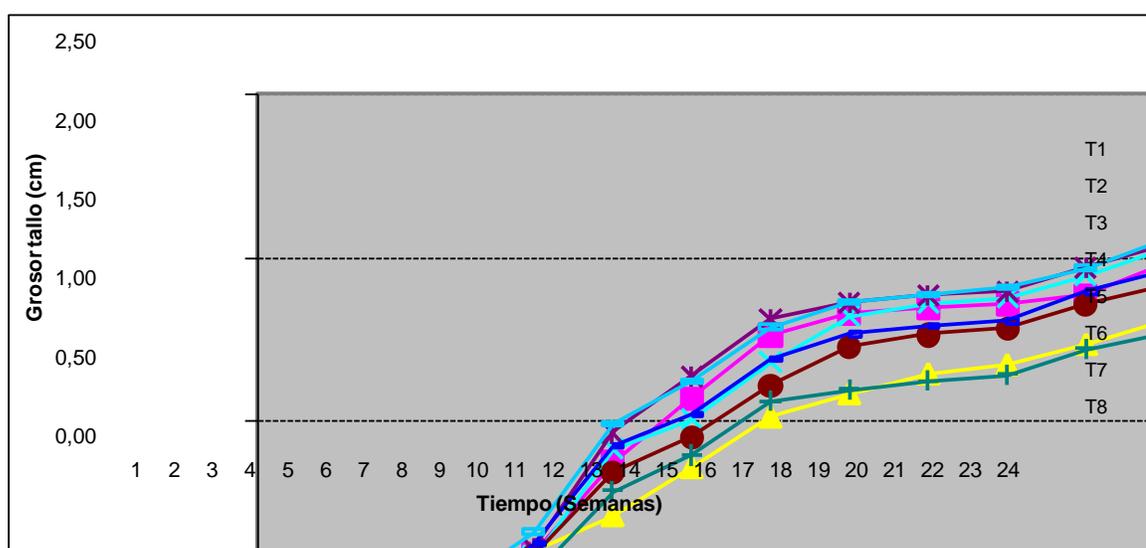


Figura 9. Grosor tallo para los diferentes tratamientos en semanas durante todo el ciclo del cultivo de chile dulce.

Además en la grafica 9 se puede observar como de la semana 1 a la semana 7 la planta de chile dulce presenta un engrosamiento acelerado del tallo, a partir de la semana 8 se presenta una disminución en la tasa de aumento de grosor de tallo. Se observa como en la semana 24 se da una aumento de grosor de tallo con respecto a la semana 23, lo que supone que el tallo de la planta puede seguir engrosando.

En general, de acuerdo al cuadro 8 y la figura 9, se puede decir que la fibra de coco + Peatmoss es el sustrato que presentó el mayor grosor de tallo durante todo el ciclo del cultivo seguido del lombricompost, que también presenta un buen grosor de tallo. Estos sustratos también presentan un alto porcentaje de capacidad de aireación, que es la propiedad que permite que las raíces puedan acomodarse bien en el volumen de sustrato, y que por ende la planta pueda absorber mejor los nutrientes y por lo tanto presentar un mayor grosor de tallo. El sustrato que presentó el menor grosor de tallo durante todo el ciclo del cultivo fue la piedra roja, esto coincide con los resultados presentados por Monge (2007), donde el sustrato que presentó el menor engrosamiento de tallo en plántulas de chile dulce fue la piedra roja.

4.2.1.3 Relación altura de planta - grosor de tallo.

Si se comparan los resultados obtenidos para la variable altura de planta (cuadro 7) y para la variable grosor de tallo (cuadro 8), se puede observar que en la mayoría de casos los tratamientos que presentan una mayor altura son los tratamientos que también poseen un mayor grosor de tallo, y los tratamientos que presentan la menores alturas también son los que presentan el menor grosor de tallo. Con respecto a esto resulta importante definir cual es la arquitectura que se desea de la planta, ya que no precisamente plantas con mucha altura son las que producen más, sino que estas pueden presentar más problemas a la hora del manejo del cultivo, como por ejemplo a la hora de tutorear las ramas, ya que estas pueden presentar quebraduras, que pueden conllevar a pérdidas en la producción.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente se realizó un análisis de regresión lineal (anexo 67), en este se observa que el modelo si fue significativo ($p=0,0001$), lo cual es de esperar dada la distribución de los puntos en la grafica (figura 10) los cuales se acercan mucho a la línea de tendencia lineal.

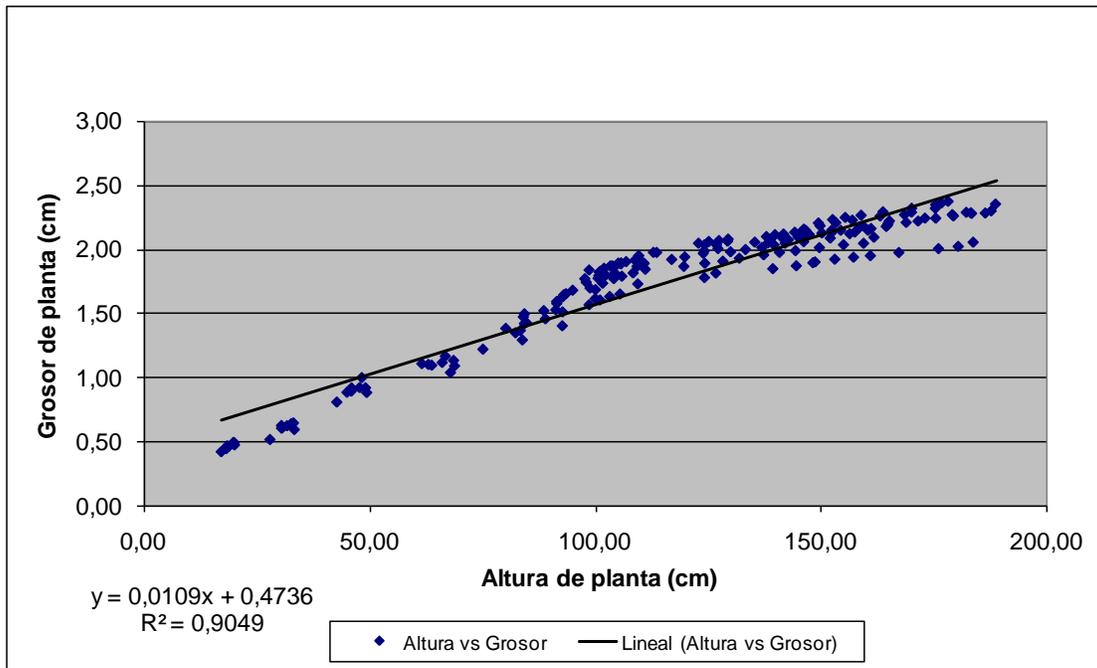


Figura 10. Relación Grosor de tallo – Altura de planta de chile dulce durante el ciclo del cultivo.

En la figura 10 es posible observar la relación grosor de tallo – altura de planta, se observa una correlación bastante significativa ($R^2 = 0,90$), lo cual evidencia que conforme aumenta el grosor del tallo de la planta de chile dulce también aumenta la altura de la misma, existe una relación directamente proporcional entre ambas variables.

4.2.1.4 Número de flores.

Los resultados de número de flores por planta de chile dulce se muestran mensualmente en el cuadro 9, en este se observa que durante los meses 1, 4, 5 y 6 no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Para el mes 2 se observa que el tratamiento que presentó el mayor número de flores por planta fue el T3 (lombricompost con *Trichoderma*), durante el mes 3 el tratamiento que presentó el mayor número de flores por planta fue el T7 (lombricompost sin

Trichoderma). Para los meses 2 y 3 el tratamiento que presentó el menor número de flores por planta fue el T2 (piedra roja con *Trichoderma*).

Es importante mencionar que durante el mes 3 del cultivo de chile dulce se presentó un ataque de áfidos, estos atacaron principalmente los frutos y las flores, ocasionando abortos florales, este aborto se pudo comprobar porque en el piso del invernadero se observaban las flores abortadas. Es posiblemente por esta razón que en el mes 3 se observa una disminución considerable en el número de flores por planta.

Cuadro 9. Número de flores por planta (cm) para cada tratamiento para cada mes del cultivo.

| Tratamiento | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| T1: Arena de rio con <i>Trichoderma</i> | 19,96 a | 22,29 ab | 8,13 abc | 19,66 a | 18,10 a | 26,66 a |
| T2: Piedra roja con <i>Trichoderma</i> | 18,03 a | 21,09 a | 5,03 a | 17,01 a | 19,03 a | 27,76 a |
| T3: Lombricompost con <i>Trichoderma</i> | 19,81 a | 23,86 b | 7,69 abc | 23,43 a | 19,54 a | 27,93 a |
| T4: Fibra de coco + Peatmoss con <i>Trichoderma</i> | 20,04 a | 23,24 ab | 7,86 abc | 16,66 a | 17,02 a | 26,63 a |
| T5: Arena de rio sin <i>Trichoderma</i> | 19,57 a | 22,91 ab | 5,93 ab | 14,60 a | 18,24 a | 27,00 a |
| T6: Piedra roja sin <i>Trichoderma</i> | 20,35 a | 22,44 ab | 8,54 bc | 19,88 a | 18,75 a | 27,63 a |
| T7: Lombricompost sin <i>Trichoderma</i> | 20,31 a | 22,63 ab | 9,72 c | 21,33 a | 18,70 a | 27,46 a |
| T8: Fibra de coco + Peatmoss sin <i>Trichoderma</i> | 20,01 a | 22,72 ab | 9,09 bc | 16,71 a | 17,90 a | 27,36 a |

Prueba tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la figura 11 se puede observar el comportamiento de la variable número de flores por planta por tratamiento para cada semana durante todo el ciclo del cultivo. Se aprecia como de la semana 1 a la 5 se va dando un aumento en el número de flores por planta, a partir de la semana 6, el número de flores disminuye drásticamente hasta llegar a la semana 9 donde el número de flores es muy bajo, este comportamiento posiblemente se dio por el ataque de áfidos antes mencionado, que se presentó en el tercer mes y que conllevó al aborto de algunas flores.

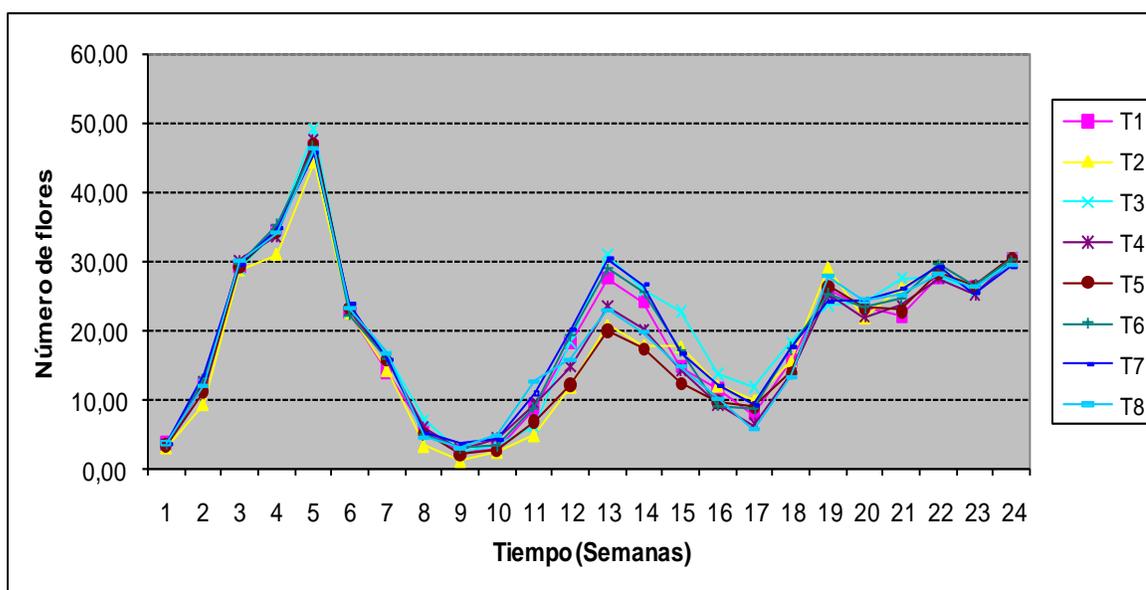


Figura 11. Número de flores por planta para los diferentes tratamientos en semanas durante todo el ciclo del cultivo de chile dulce.

Posteriormente se observa como va aumentando el número de flores hasta la semana 13, lo que evidencia que la aplicación de *Metharrizium anisopliae* con una decima parte de la dosis de Imidacloprid, si controló la plaga de áfidos de manera eficiente. En la semana 13 se vuelve a presentar una disminución en el número de flores, esta disminución puede deberse a que las flores contabilizadas la semana anterior cuajaron en frutos. En la semana 17 vuelve a aumentar la producción de flores y se mantiene aumentando hasta el final del ciclo.

Con respecto a los resultados presentados en el cuadro 9 y el figura 11 se puede decir que durante el ciclo del cultivo de chile dulce, el sustrato que presentó un mayor número de flores por planta fue el lombricompost, además se evidencia que el sustrato que presentó el menor número de flores por planta fue la piedra roja.

4.2.1.5 Número de frutos cuajados.

Los resultados de número de frutos cuajados por planta de chile dulce se muestran mensualmente en el cuadro 10, en este se observa que durante los meses 1, 4, 5 y 6 no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Para el mes 2 se observa que los tratamientos que presentaron el mayor número de frutos cuajados por planta fueron el T3 (lombricompost con *Trichoderma*), el T4 (Fibra de coco + Peatmoss con *Trichoderma*), T6 (piedra roja sin trichoderma) y T8 (Fibra de coco + Peatmoss sin *Trichoderma*); para el mes 3 del cultivo los tratamientos que presentaron el mayor número de frutos cuajados fueron el T4 (Fibra de coco + Peatmoss sin *Trichoderma*) y el T8 (Fibra de coco + Peatmoss sin *Trichoderma*). En ambos meses el tratamiento que presenta un menor número de frutos cuajados por planta es el T2 (piedra roja con *Trichoderma*).

Cabe mencionar con respecto al cuadro 10, que en los meses 2 y 3 no se presentaron diferencias significativas con respecto a los tratamientos que utilizan el mismo sustrato, es decir, el tratamiento T1 no muestra diferencias con respecto al tratamiento T5 (arena de río con *Trichoderma* y arena de río sin *Trichoderma*, respectivamente). Lo cual evidencia que no existe efecto de la inoculación de *Trichoderma*, pero que si existen diferencias entre el tipo de sustrato utilizado en el ensayo.

Cuadro 10. Número de frutos cuajados por planta para cada tratamiento para cada mes del cultivo

| Tratamiento | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
|---|--------|----------|----------|---------|---------|---------|
| T1: Arena de rio con <i>Trichoderma</i> | 2,02 a | 13,26 ab | 12,66 ab | 10,70 a | 14,01 a | 14,62 a |
| T2: Piedra roja con <i>Trichoderma</i> | 1,70 a | 11,46 a | 10,83 a | 9,11 a | 13,50 a | 13,03 a |
| T3: Lombricompost con <i>Trichoderma</i> | 2,41 a | 13,86 b | 12,59 ab | 11,68 a | 15,46 a | 15,29 a |
| T4: Fibra de coco + Peatmoss con <i>Trichoderma</i> | 1,91 a | 13,71 b | 14,25 b | 12,09 a | 13,67 a | 13,28 a |
| T5: Arena de rio sin <i>Trichoderma</i> | 1,68 a | 13,11 ab | 12,82 ab | 9,65 a | 13,10 a | 13,81 a |
| T6: Piedra roja sin <i>Trichoderma</i> | 2,43 a | 13,88 b | 13,62 ab | 12,27 a | 14,87 a | 14,20 a |
| T7: Lombricompost sin <i>Trichoderma</i> | 2,28 a | 13,16 ab | 13,16 ab | 12,39 a | 14,88 a | 14,04 a |
| T8: Fibra de coco + Peatmoss sin <i>Trichoderma</i> | 1,88 a | 13,90 b | 13,98 b | 13,04 a | 13,37 a | 13,98 a |

Prueba tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la figura 12 se observa el comportamiento de la variable número de frutos cuajados por planta para cada tratamiento por semanas del cultivo de chile dulce. Se aprecia como semana 2 a la 6 del cultivo se presentó un crecimiento acelerado en el número de frutos cuajados, para luego mantenerse hasta la semana 11, donde se presenta una disminución en el número de frutos hasta la semana 13, esta disminución se da entre el mes 3 y el 4, lo que evidencia que esta disminución puede deberse al problema de áfidos que se presentó en el tercer mes y que ocasionó aborto de flores, y como consecuencia de esto una disminución en el número de frutos cuajados.

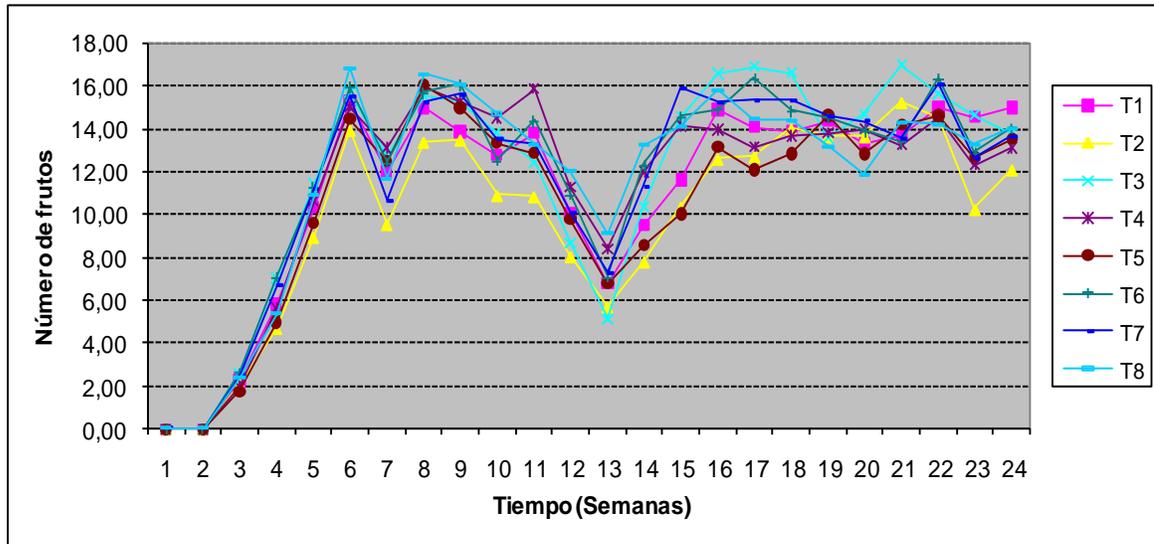


Figura 12. Número de frutos para los diferentes tratamientos en semanas durante todo el ciclo del cultivo de chile dulce.

Además en la figura 12 se puede apreciar como hacia el final del ciclo del cultivo de chile dulce el número de frutos cuajados por planta se mantiene alto, lo que hace suponer que todavía se pueden obtener mas cosechas de este cultivo, pero sería importante considerar que los frutos que se cosecharían serían frutos de menor peso y de mas baja calidad, producto del desgaste de la planta.

En resumen de acuerdo a los resultados presentados en el cuadro 10 se logra observar que los sustratos que presentaron el mayor número de frutos cuajados por planta durante todo el ciclo del cultivo de chile dulce fueron la mezcla de Fibra de coco + Peatmoss y el lombricompost.

Si se comparan los resultados obtenidos para la variable número de flores (cuadro 9) con los obtenidos en la variable número de frutos cuajados (cuadro 10) durante los meses que se presentaron diferencias significativas, se puede observar que el tratamiento que presentó el menor número de flores por planta es también el tratamiento que presentó el menor número de frutos por planta.

4.2.1.6 Peso de raíz.

Los resultados de peso fresco y seco de raíz al final del cultivo de chile dulce se muestran en el cuadro 11, se aprecia que para el peso fresco de raíz no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, los tratamientos que presentan el mayor peso fresco de raíz son el T3 (lombricompost con *Trichoderma*) y el T8 (fibra de coco + Peatmoss sin *Trichoderma*)

Cuadro 11. Peso seco y fresco de la raíz (gr) de las plantas de chile dulce al final del experimento.

| Tratamiento | Peso fresco de raíz (gr) | Peso seco de raíz (gr) |
|---|--------------------------|------------------------|
| T1: Arena de río con <i>Trichoderma</i> | 139,75 a | 33,50 b |
| T2: Piedra roja con <i>Trichoderma</i> | 133,25 a | 19,00 a |
| T3: Lombricompost con <i>Trichoderma</i> | 164,50 a | 24,75 ab |
| T4: Fibra de coco + Peatmoss con <i>Trichoderma</i> | 121,50 a | 15,75 a |
| T5: Arena de río sin <i>Trichoderma</i> | 142,25 a | 26,75 ab |
| T6: Piedra roja sin <i>Trichoderma</i> | 118,00 a | 18,00 a |
| T7: Lombricompost sin <i>Trichoderma</i> | 141,75 a | 20,75 ab |
| T8: Fibra de coco + Peatmoss sin <i>Trichoderma</i> | 146,00 a | 19,00 a |

Prueba tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Para el peso seco de la raíz si se presentan diferencias significativas entre tratamientos, el T1 (arena de río con *Trichoderma*) es el tratamiento que presentó mayor peso seco de raíz siendo este de 33,50 gr, seguido por los tratamientos T5 (arena de río sin *Trichoderma*) con un peso de 26,75 gr, el T3 (lombricompost con *Trichoderma*) y el T7 (lombricompost sin *Trichoderma*) con un peso de 20,75 gr.

Basándose en el cuadro 11 se puede decir que el sustrato que presentó un mayor peso seco de raíz fue la arena de río, y los sustratos que presentaron menor peso seco de raíz fueron la mezcla de fibra de coco + Peatmoss y la piedra roja.

4.2.1.7 Peso de la parte aérea.

Los resultados de peso fresco y seco de la parte aérea de la planta al final del cultivo de chile dulce se muestran en el cuadro 12, con respecto al peso fresco de la parte aérea de la planta se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, los tratamientos que presentaron un mayor peso fresco son el T3 (lombricompost con *Trichoderma*) con un peso de 769 gr, y el T8 (fibra de coco + Peatmoss sin *Trichoderma*) con un peso de 746 gr.

Cuadro 12. Peso seco y fresco de la parte aérea (gr) de las plantas de chile dulce al final del experimento.

| Tratamiento | Peso fresco (gr) | Peso seco (gr) |
|--|------------------|----------------|
| T1: Arena de río con <i>Trichoderma</i> | 658,25 ab | 126,50 b |
| T2: Piedra roja con <i>Trichoderma</i> | 466,50 a | 85,50 a |
| T3: Lombricompost con <i>Trichoderma</i> | 769,00 b | 131,75 b |
| T4: Fibra de coco + Peatmoss con <i>Trichoderma</i> | 604,75 ab | 113,75 ab |
| T5: Arena de río sin <i>Trichoderma</i> | 662,25 ab | 126,25 b |
| T6: Piedra roja sin <i>Trichoderma</i> | 488,50 a | 101,25 ab |
| T7: Lombricompost sin <i>Trichoderma</i> | 652,50 ab | 112,50 ab |
| T8: Fibra de coco + Peatmoss sin <i>Trichoderma</i> | 746,00 b | 133,75 b |

Prueba tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Con respecto al peso seco de la parte aérea de la planta también se presentaron diferencias entre tratamientos, se observa que los tratamientos que presentaron un mayor peso fueron el T1 (arena de río con *Trichoderma*) con un peso de 126,50 gr, el T3 (lombricompost con *Trichoderma*) con un peso de 131,75 gr; el T5 (arena de río sin *Trichoderma*) con un peso de 126,25 gr y el T8 (fibra de coco + Peatmoss sin *Trichoderma*) con un peso de 133,75 gr.

Acevedo *et al* (2004) reportaron que el uso de lombricompost tiene un efecto altamente significativo sobre la masa seca total de la planta, lo que concuerda con los resultados antes presentados, donde el lombricompost es uno de los sustratos que presentó valores altos de peso seco de parte aérea de la planta.

4.2.2 Variables asociadas a la producción:

4.2.2.1 Peso fresco de fruto cosechado.

Los resultados de peso fresco de fruto cosechado por planta de chile dulce se muestran para cada cosecha realizada y cada tratamiento en el cuadro 13, en este se observa que se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos solamente en la cosecha 12, el tratamiento que presentó mayor peso de fruto cosechado por planta fue el T4 (fibra de coco + Peatmoss con *Trichoderma*) con un peso promedio de fruto de 93 gr, seguido de los tratamientos T1 (arena de río sin *Trichoderma*) con un peso de 86,50 gr, el T5 (arena de río sin *Trichoderma*) con un peso de 81 gr, y el T8 (fibra de coco + Peatmoss sin *Trichoderma*) con un peso promedio de 88,25 gr.

Además con respecto al cuadro 13, es posible observar que aunque en las demás cosechas realizadas no se presentaron diferencias significativas, el sustrato que en la mayoría de las cosechas realizadas presentó el mayor peso de frutos fue la Fibra de coco + Peatmoss (tratamientos T4 y T8).

Cuadro 13. Peso fresco de fruto (gr) de las plantas de chile dulce para cada cosecha realizada por cada tratamiento.

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 |
|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Cosecha 1 (58 DDT) | 0,00 a | 47,75 a | 58,25 a | 0,00 a | 27,75 a | 18,25 a | 47,00 a | 45,75 a |
| Cosecha 2 (68 DDT) | 86,75 a | 93,00 a | 106,50 a | 115,50 a | 112,25 a | 98,75 a | 115,00 a | 117,00 a |
| Cosecha 3 (72 DDT) | 89,00 a | 98,25 a | 101,25 a | 84,75 a | 82,75 a | 101,50 a | 109,50 a | 109,50 a |
| Cosecha 4 (81 DDT) | 106,50 a | 97,25 a | 108,25 a | 103,00 a | 100,50 a | 99,25 a | 100,25 a | 107,00 a |
| Cosecha 5 (88 DDT) | 110,75 a | 102,00 a | 107,50 a | 114,25 a | 109,25 a | 103,50 a | 82,50 a | 110,75 a |
| Cosecha 6 (95 DDT) | 113,00 a | 101,00 a | 102,50 a | 113,25 a | 106,25 a | 92,75 a | 97,75 a | 101,25 a |
| Cosecha 7 (102 DDT) | 91,25 a | 106,25 a | 116,00 a | 112,00 a | 110,00 a | 112,75 a | 121,50 a | 109,50 a |
| Cosecha 8 (114 DDT) | 126,50 a | 123,50 a | 127,25 a | 128,00 a | 126,25 a | 116,75 a | 124,00 a | 121,25 a |
| Cosecha 9 (122 DDT) | 110,33 a | 85,00 a | 88,50 a | 110,33 a | 80,00 a | 82,25 a | 72,00 a | 109,50 a |
| Cosecha 10 (130 DDT) | 94,25 a | 57,50 a | 71,75 a | 98,25 a | 78,00 a | 85,00 a | 99,75 a | 103,00 a |
| Cosecha 11 (138 DDT) | 99,25 a | 88,75 a | 92,25 a | 103,25 a | 91,50 a | 87,00 a | 90,50 a | 105,00 a |
| Cosecha 12 (148 DDT) | 86,50 ab | 76,25 a | 74,00 a | 93,00 b | 81,00 ab | 75,50 a | 75,50 a | 88,25 ab |
| Cosecha 13 (157 DDT) | 81,00 a | 59,00 a | 80,50 a | 85,25 a | 75,75 a | 75,50 a | 79,75 a | 82,25 a |
| Cosecha 14 (165 DDT) | 79,25 a | 75,75 a | 75,75 a | 80,50 a | 74,25 a | 71,50 a | 71,00 a | 78,75 a |
| Cosecha 15 (177 DDT) | 80,00 a | 81,50 a | 80,75 a | 79,75 a | 75,25 a | 77,75 a | 76,50 a | 78,50 a |

Prueba tukey. Letras distintas en la fila indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la figura 13 se puede observar el comportamiento de la variable peso de fruto cosechado por planta, para cada cosecha realizada (según días después del trasplante) para cada tratamiento, se aprecia como los pesos de fruto mas altos se obtuvieron a los 102 DDT y a los 114 DDT, lo que concuerda con lo citado por CENTA (2001), donde mencionan que en el cultivo de chile dulce, el mayor número de frutos cosechados y los frutos de mayor peso y tamaño se producen durante el primer ciclo de fructificación, aproximadamente entre los 100 días.

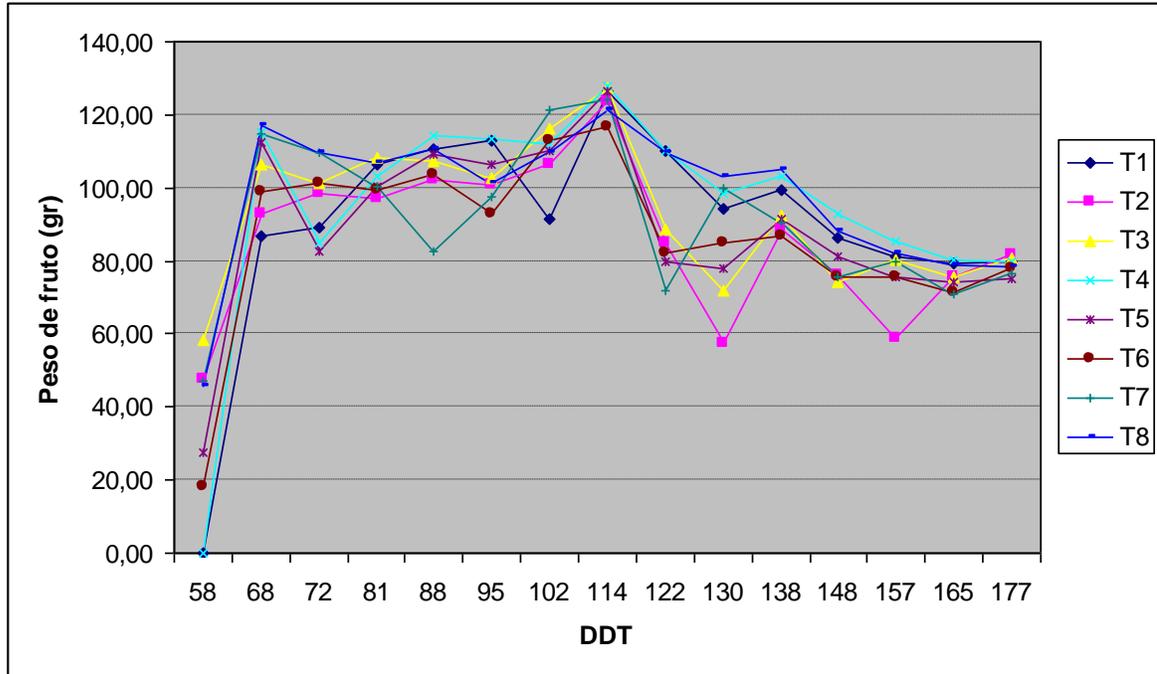


Figura 13. Peso fresco de fruto cosechado por planta para los diferentes tratamientos para cada cosecha realizada (DDT) en el cultivo de chile dulce.

Además en la figura 13 se puede apreciar como hacia el final del ciclo del cultivo, de la cosecha 11 (138 DDT) a la cosecha 15 (177 DDT), el promedio de peso de fruto cosechado por planta, empieza a disminuir, esto es debido al deterioro y agotamiento que sufre la planta de chile dulce producto de las cosechas realizadas anteriormente (CENTA 2001).

4.2.2.2 Cantidad de frutos cosechados:

Los resultados de la variable cantidad de frutos cosechados por planta de chile dulce para cada tratamiento y para cada cosecha realizada se muestran en el cuadro 14, en este se observa que se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en la cosecha 11 y en la cosecha 12. En la cosecha 11 el tratamiento que presentó una mayor cantidad de frutos cosechados por planta fue el T7 (lombricompost sin *Trichoderma*) con un promedio de 6,25 frutos por planta.

En la cosecha 12 el tratamiento que presentó la mayor cantidad de frutos cosechados por planta fue el T3 (lombricompost con *Trichoderma*) con un promedio de 8,94 frutos por planta.

Cuadro 14. Cantidad de frutos por planta de chile dulce para cada cosecha realizada y para cada tratamiento.

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| Cosecha 1 (58 DDT) | 0 a | 0,12 a | 0,12 a | 0 a | 0,25 a | 0,18 a | 0,18 a | 0,56 a |
| Cosecha 2 (68 DDT) | 2,18 a | 2,37 a | 2,56 a | 1,5 a | 1,81 a | 2,56 a | 2,75 a | 1,38 a |
| Cosecha 3 (72 DDT) | 2,00 a | 2,44 a | 3,63 a | 1,94 a | 2,25 a | 4,25 a | 3,19 a | 4,38 a |
| Cosecha 4 (81 DDT) | 1,94 a | 1,69 a | 2,06 a | 2,63 a | 2,19 a | 1,63 a | 1,38 a | 2,44 a |
| Cosecha 5 (88 DDT) | 8,94 a | 6,63 a | 8,44 a | 8,69 a | 7,44 a | 8,00 a | 6,00 a | 6,94 a |
| Cosecha 6 (95 DDT) | 1,63 a | 1,25 a | 1,06 a | 1,69 a | 1,50 a | 1,25 a | 1,56 a | 1,75 a |
| Cosecha 7 (102 DDT) | 1,13 a | 1,06 a | 0,88 a | 1,38 a | 1,19 a | 1,19 a | 0,88 a | 1,13 a |
| Cosecha 8 (114 DDT) | 3,13 a | 2,56 a | 3,75 a | 4,31 a | 3,75 a | 4,81 a | 4,25 a | 4,31 a |
| Cosecha 9 (122 DDT) | 3,08 a | 1,81 a | 1,06 a | 2,81 a | 1,81 a | 0,88 a | 1,38 a | 2,06 a |
| Cosecha 10 (130 DDT) | 1,31 a | 1,06 a | 1,06 a | 1,88 a | 1,13 a | 2,50 a | 1,44 a | 2,19 a |
| Cosecha 11 (138 DDT) | 3,50 ab | 3,56 ab | 5,31 ab | 4,25 ab | 3,25 a | 5,50 ab | 6,25 b | 5,31 ab |
| Cosecha 12 (148 DDT) | 4,69 ab | 4,25 a | 8,94 b | 3,50 a | 3,94 a | 4,81 ab | 5,63 ab | 3,44 a |
| Cosecha 13 (157 DDT) | 1,81 a | 1,44 a | 1,88 a | 2,31 a | 2,31 a | 2,13 a | 2,06 a | 2,31 a |
| Cosecha 14 (165 DDT) | 3,13 a | 1,63 a | 3,25 a | 3,38 a | 2,31 a | 2,94 a | 3,31 a | 3,19 a |
| Cosecha 15 (177 DDT) | 5,19 a | 3,00 a | 4,06 a | 3,63 a | 3,50 a | 5,38 a | 4,63 a | 4,38 a |

Prueba tukey. Letras distintas en la fila indican diferencias significativas ($p <= 0,05$)

En las cosechas 11 y 12 los tratamientos que presentaron la mayor cantidad de frutos cosechados por planta fueron el T3 y el T7, ambos tratamientos poseían como sustrato el lombricompost, resultado que coincide con lo reportado por Atiyeh, citado por Moreno (2000) donde la utilización de lombricompost incrementó

el rendimiento de cultivos tanto en ecosistemas naturales como en ecosistemas controlados.

En la figura 14 se puede observar el comportamiento de la variable cantidad de frutos cosechados por planta para cada tratamiento por cada cosecha realizada durante el ciclo del cultivo (según los días después de trasplante). Se aprecia que la mayor cantidad de frutos se cosecharon a los 88 DDT, donde se cosechan alrededor de 7,5 chiles por planta, además se logra apreciar que aparte de esta cosecha, a los 114 DDT, a los 138 DDT y a los 148 DDT se lograron cosechar un número también alto de frutos por planta.

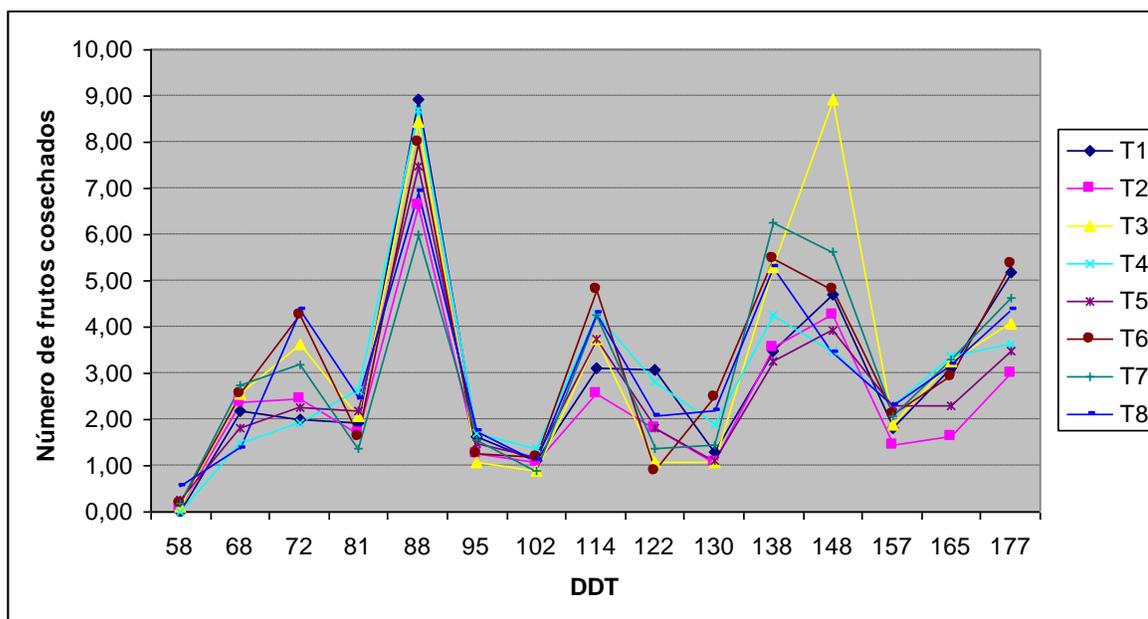


Figura 14. Cantidad de frutos para los diferentes tratamientos por cada cosecha realizada en el cultivo de chile dulce para cada tratamiento.

También en la figura 14 se puede observar que al final de experimento, a los 177 DDT, la cantidad de chiles tiende a aumentar con respecto a la anterior, lo que hace suponer que todavía se pueden lograr más cosechas del cultivo, además es importante mencionar que al finalizar el ensayo y destruir las plantas, estas contenían un gran número de chiles cuajados que no podían ser cosechados por su estado de madurez.

4.2.2.3 Calidad de frutos cosechados.

Dentro del concepto de calidad de un chile dulce, se incluyen características para la presentación del producto tales como, calidad gustativa, forma, peso, tamaño, colores, ausencia de residuos de pesticidas y producción no agresiva con el medio ambiente (Jiménez 2006), sin embargo para el análisis de esta variable se utilizaron como características para la clasificación de los chiles dulce el peso del fruto, color, forma y presencia de daños mecánicos o cuajados por enfermedades o insectos en el fruto.

Para esta variable se clasificaron todos los chiles dulces cosechados durante todo el ciclo del cultivo de chile dulce por tratamiento de acuerdo a 3 tipos de calidades (anexo 4).

En el cuadro 14 se presentan el número de chiles cosechados por planta para cada calidad y para tratamiento utilizado en el ensayo. Se observa que la mayoría de chiles fueron de la calidad 2, seguido de la calidad 1, la calidad 3 presentó la menor cantidad de chiles cosechados, lo que es lo deseado en la producción de este cultivo, ya que a esta calidad pertenecen los chiles dulces que no pueden ser comerciables, o chiles de rechazo.

Cuadro 15. Cantidad de chiles cosechados por planta de chile de acuerdo a cada calidad para cada tratamiento utilizado en el ensayo.

| Calidad | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Calidad 1 | 13 | 8 | 13 | 17 | 13 | 12 | 13 | 16 |
| Calidad 2 | 18 | 17 | 21 | 17 | 15 | 22 | 20 | 19 |
| Calidad 3 | 2 | 3 | 5 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 |

Lo ideal en la producción de chile dulce sería que la mayoría de chiles cosechados pertenecieran a la calidad 1, ya que son los chiles que presentan una mayor demanda en el mercado con respecto a los de la calidad 2. Los tratamientos que presentaron una mayor cantidad de chiles cosechados por planta de la calidad 1

fueron el T4 (fibra de coco + peatmoss con *Trichoderma*) con un promedio de 17 chiles y el T8 (Fibra de coco + peatmoss sin *Trichoderma*) con un promedio de 16 chiles.

En la figura 15 se puede apreciar la cantidad de chiles cosechados de acuerdo a las calidades de los mismos, para cada tratamiento utilizado en el ensayo. La fibra de coco es el sustrato que presenta la menor cantidad de chiles cosechados de la calidad 3, así como también presenta la mayor cantidad de chiles cosechados de la calidad 1, con respecto a los otros sustratos utilizados, por lo tanto se puede decir que este sustrato presenta el mejor comportamiento en cuanto a la calidad de chile.

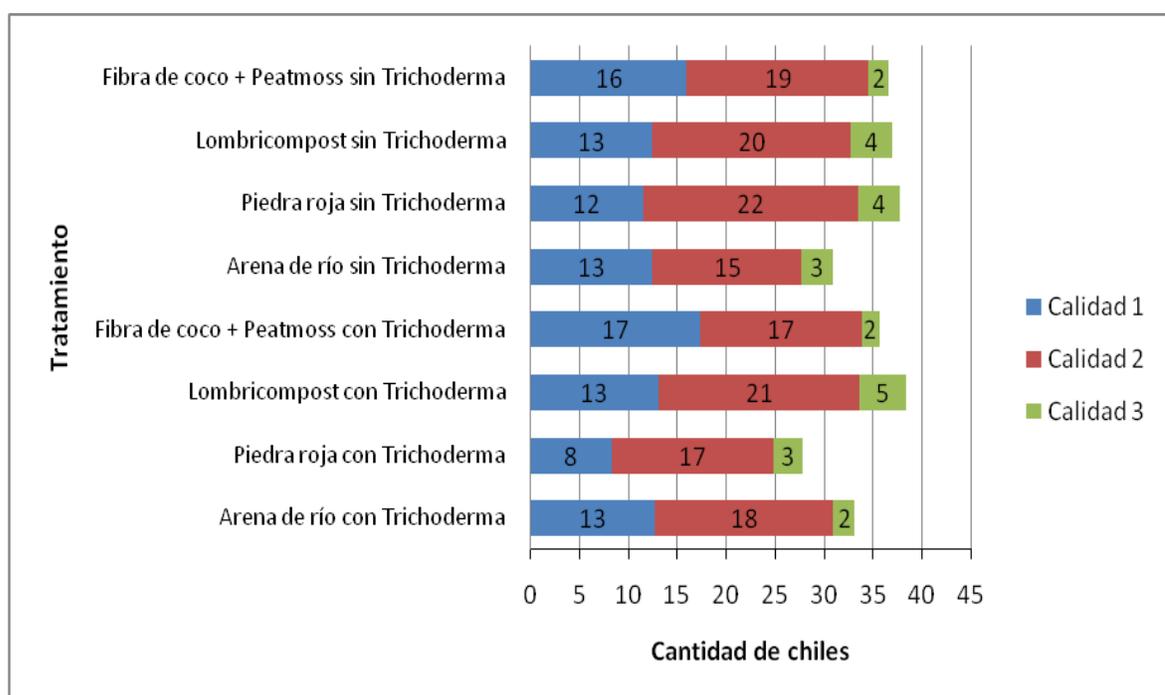


Figura 15. Cantidad de chiles cosechados por planta de chile dulce clasificados por calidad para cada tratamiento utilizado.

También en la figura 15 se observa que el sustrato que presentó la mayor cantidad de chiles cosechados es el lombricompost, además este presentó la mayor cantidad de chiles cosechados de la calidad 2, pero al mismo tiempo este sustrato presentó un alto número de chiles cosechados de la calidad 3 lo que no es

deseado en la producción. Los tratamientos que utilizan como sustrato piedra roja, son los que presentaron menor cantidad de chiles cosechados de la calidad 1.

4.2.2.4 Rendimiento Total.

Los resultados de la variable rendimiento total por planta de chile dulce para cada tratamiento se muestran en el cuadro 16, en este se puede observar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo los tratamientos que presentaron mayor cantidad de kilogramos de frutos por planta fueron el T8 y T4, ambos estaban compuestos por la mezcla de fibra de coco + Peatmoss como sustrato.

Cuadro 16. Rendimiento total de chile dulce para cada tratamiento, expresado en kg/planta.

| Tratamiento | Peso fresco (Kg) |
|--|-------------------------|
| T1: Arena de rio con <i>Trichoderma</i> | 20.02 a |
| T2: Piedra roja con <i>Trichoderma</i> | 15.97 a |
| T3: Lombricompost con <i>Trichoderma</i> | 20.61 a |
| T4: Fibra de coco + Peatmoss con <i>Trichoderma</i> | 20.63 a |
| T5: Arena de rio sin <i>Trichoderma</i> | 17.96 a |
| T6: Piedra roja sin <i>Trichoderma</i> | 20.42 a |
| T7: Lombricompost sin <i>Trichoderma</i> | 19.88 a |
| T8: Fibra de coco + Peatmoss sin <i>Trichoderma</i> | 21.26 a |

Prueba tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la producción de hortalizas esta variable resulta ser una de las más importantes, porque de esta variable es de la que van a depender las ganancias que se tengan con el cultivo, con respecto a lo mostrado en el cuadro 16 se observa que no existen diferencias entre tratamientos, por tanto en cuanto a

rendimiento, para la producción de chile dulce se podría utilizar cualquiera de los sustratos probados en el ensayo ya que presentan rendimientos similares.

Cuadro 17. Resumen de las variables de producción del cultivo de chile dulce.

| Tratamiento | Kg de fruto totales cosechados por planta | Peso promedio de fruto cosechado por planta | Cantidad de frutos cosechados por planta |
|--|---|---|--|
| T1: Arena de rio con <i>Trichoderma</i> | 20.02 a | 114,60 a | 35,10 ab |
| T2: Piedra roja con <i>Trichoderma</i> | 15.97 a | 111,15 a | 28,70 a |
| T3: Lombricompost con <i>Trichoderma</i> | 20.61 a | 105,23 a | 39,20 b |
| T4: Fibra de coco + Peatmoss con <i>Trichoderma</i> | 20.63 a | 115,10 a | 35,85 ab |
| T5: Arena de rio sin <i>Trichoderma</i> | 17.96 a | 113,58 a | 31,70 ab |
| T6: Piedra roja sin <i>Trichoderma</i> | 20.42 a | 104,08 a | 39,20 b |
| T7: Lombricompost sin <i>Trichoderma</i> | 19.88 a | 107,70 a | 36,65 ab |
| T8: Fibra de coco + Peatmoss sin <i>Trichoderma</i> | 21.26 a | 114,08 a | 37,30 ab |

Prueba tukey. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En el cuadro 17 se presenta el resumen de las variables de producción para el total de cosechas realizadas por cada tratamiento por planta de chile dulce, en este se aprecia que no se presentaron diferencias significativas para el total de kg de frutos cosechados por planta ni para el peso promedio de frutos cosechados, pero si se presentan diferencias significativas para la cantidad de frutos cosechados por planta.

De acuerdo a estas 3 variables de producción el sustrato que presentó el mejor comportamiento es la Fibra de coco + Peatmoss, ya que es el sustrato que presentó mayor cantidad de kg de frutos cosechados por planta, mayor peso promedio de fruto y además fue el sustrato que presentó una alta cantidad de frutos cosechados por planta.

4.2.3 Variables ambientales:

4.2.3.1 Temperatura.

En la figura 16 se puede observar el comportamiento de la variable ambiental temperatura por semana durante los 6 meses del ciclo del cultivo de chile dulce. Se registraron 2 tomas de datos al día, una en la mañana y otra en la tarde. Estas temperaturas fueron registradas por la estación meteorológica del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, en la figura se observa que las temperaturas registradas en la tarde son más altas que las registradas en la mañana, durante la tarde la temperatura presentó un rango de entre 25 y 29 °C, y durante la mañana las temperaturas variaron de entre 20 y 25 °C. Hacia el final del ciclo del cultivo (semana 22 a la 26) se observa como las temperaturas registradas en la mañana son muy similares a las registradas en la tarde, esto puede deberse a que en este mes se presentaron precipitaciones.

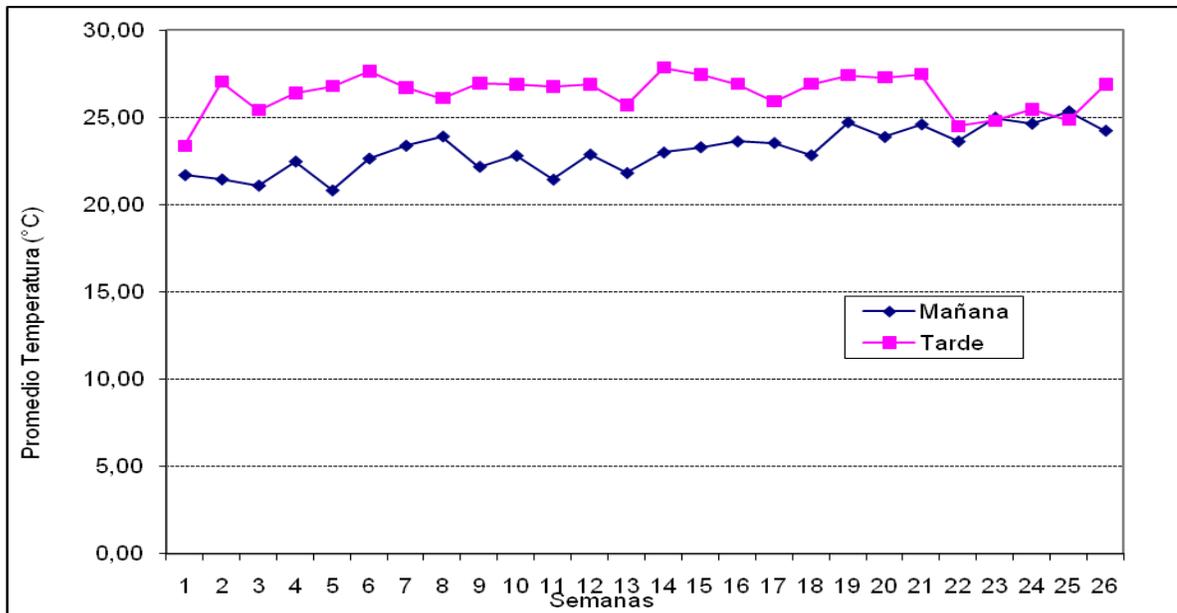


Figura 16. Temperatura promedio semanal (°C) registrada por la estación meteorológica del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos, durante el ciclo del cultivo de chile dulce.

En la figura 17 se puede observar las temperaturas diarias tomadas dentro del invernadero durante los 2 primeros meses del ciclo del cultivo de chile dulce, se registraron 2 tomas de datos, una en la mañana y otra en la tarde. Al igual que en la figura anterior las temperaturas registradas en la tarde son más altas que las registradas en la mañana.

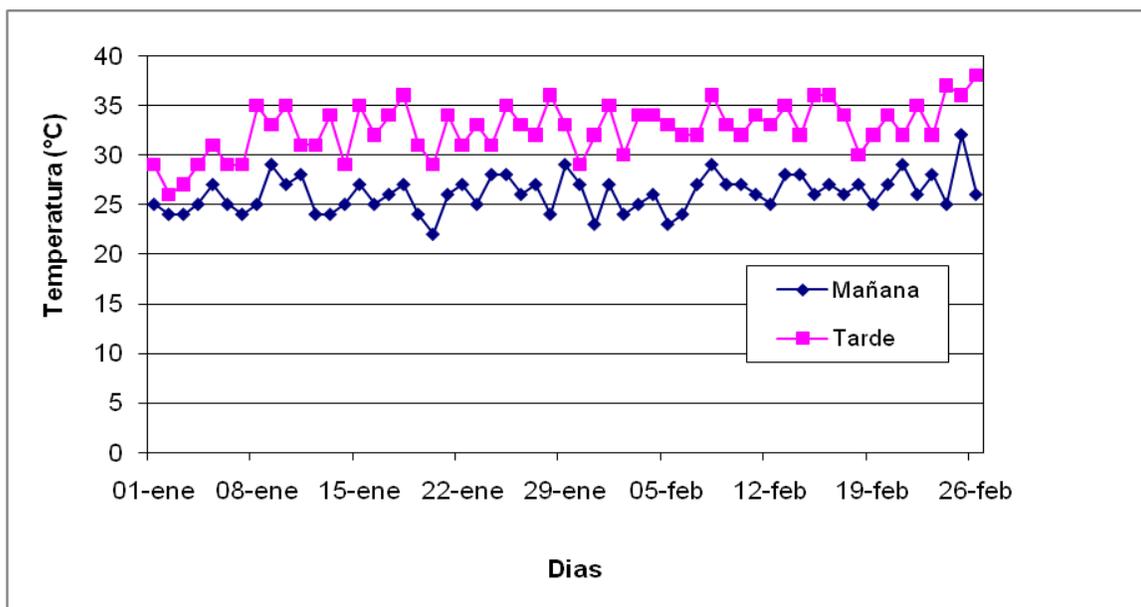


Figura 17. Temperatura promedio diaria (°C) registrada dentro del invernadero durante los primeros 2 meses del cultivo de chile dulce.

Si se comparan las temperaturas registradas dentro de el invernadero con las registradas en la estación meteorológica, las temperaturas dentro del invernadero son entre 5 y 9 grados centígrados mayores a las registradas en la estación, esto se explica porque dentro de un invernadero es más la energía que entra que la que sale por la misma estructura de invernadero, es por esto que la temperatura del invernadero es más alta que en el exterior.

Cuadro 18. Requerimientos térmicos para la planta de chile dulce.

| Etapa Fenológica | Cardinalidad | Temperatura (°C) |
|---------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Germinación | Mínima | 12-15 |
| | Máxima | 35-40 |
| | Óptima | 20-25 |
| Floración-establecimiento | Mínima | 18-20 |
| | Máxima | 35-40 |
| | Óptima | 25 |
| Crecimiento Vegetativo | Óptima día | 22-28 |
| | Óptima noche | 16-18 |
| | Mínima biológica | 10-12 |
| | Mínima letal | 1 |
| | Diferencias noche-día | 6-8 |

Fuente: Serrano (1974)

Según Serrano (1996) citado por Jiménez (2006) el cultivo de chile dulce es muy exigente en temperatura, para un desarrollo óptimo requiere una media mensual entre 18 y 22 °C, situación que no se cumple durante los 2 primeros meses que se registraron temperaturas dentro del invernadero, la temperatura media mensual oscila entre los 28 y 29 °C. Estas temperaturas podrían perjudicar la producción aumentando la proporción de frutos pequeños, situación que sí se presentó en el ensayo, ya que se cosecharon más chiles de la calidad 2 que de la calidad 1, esto pudo deberse a esta razón. Sin embargo si se observa el cuadro 14 donde se presentan las temperaturas ideales para cada etapa fenológica del cultivo de chile dulce, se observa que ninguna de las temperaturas registradas durante los 2 primeros meses sobrepasa el requerimiento máximo aceptado el cual oscila entre 35 y 40 °C, durante los 4 meses en los que no se registraron temperaturas dentro del invernadero es muy probable que la temperatura dentro del invernadero tampoco sobrepase ese rango, ya que si comparamos las temperaturas tomadas dentro del invernadero los primeros 2 meses y las tomadas en la estación meteorológica, las primeras tienden a aumentar entre 5 y 9 grados centígrados con respecto a las segundas, y el promedio semanal registrado durante los 6 meses del cultivo en la estación oscila entre los 25 °C.

4.2.3.2 Humedad Relativa.

Con respecto a esta variable en la figura 18 se puede observar el comportamiento de la humedad relativa por semana durante los 6 meses del ciclo del cultivo de chile dulce. Se registraron 2 tomas de datos al día, una en la mañana y otra en la tarde. Estas humedades fueron registradas por la estación meteorológica del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, en la figura se observa que la humedad registrada en la mañana es mayor que la registrada en la tarde, si se compara la figura 1 con la figura 16 se aprecia como la humedad relativa es inversamente proporcional a la temperatura. Además en esta figura se observa, como al igual que en la figura correspondiente a las temperaturas de la estación meteorológica, la humedad relativa de la mañana es similar a la de la tarde, esto se puede explicar por lo mencionado anteriormente, a que en este mes fue cuando se iniciaron las precipitaciones.

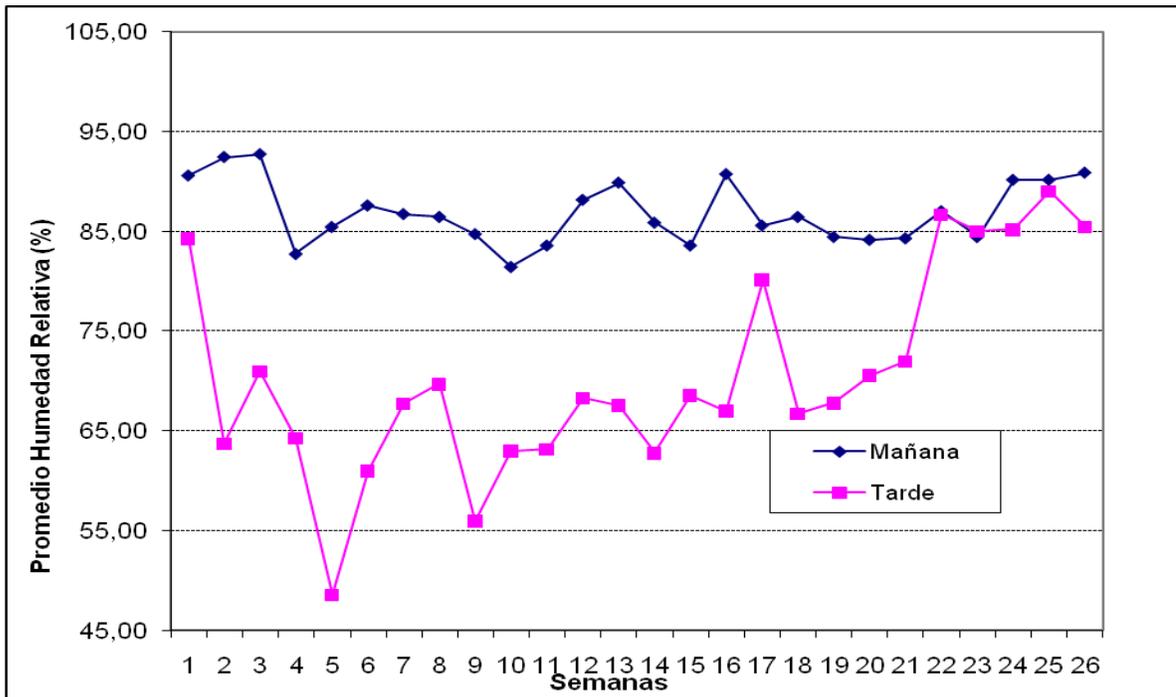


Figura 18. Humedad Relativa (%) semanal promedio registrada por la estación meteorológica del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos, durante el ciclo del cultivo de chile dulce.

En la figura 18 se puede observar humedad relativa diaria tomada dentro del invernadero durante los 2 primeros meses del ciclo del cultivo de chile dulce, se registraron 2 tomas de datos, una en la mañana y otra en la tarde. Al igual que en la figura anterior las humedades relativas registradas en la mañana son mas altas que las registradas en la tarde.

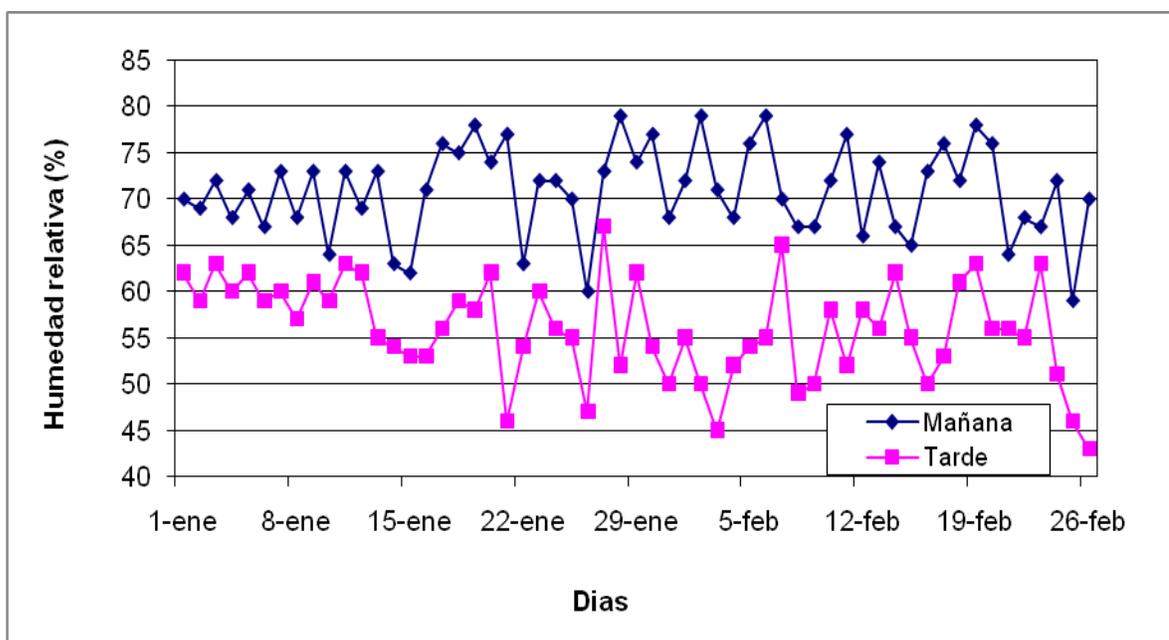


Figura 19. Humedad Relativa diaria (%) registrada dentro del invernadero durante los primeros 2 meses del cultivo de chile dulce.

Según Jiménez (2006) para el desarrollo normal de las plantas de chile dulce, no es necesaria una humedad relativa demasiado alta, estableciéndose el óptimo entre el 60 y el 70 % de humedad relativa diaria, durante los 2 primeros meses que se registraron humedades relativas dentro del invernadero, se registró un promedio de humedad relativa diaria de 64%, lo cual esta dentro del rango optimo de humedad relativa. La humedad relativa mensual registrada en la estación meteorológica de Instituto Tecnológico de Costa Rica, sede San Carlos registró un promedio de 78% , lo cual evidencia que la humedad relativa dentro del invernadero varia entre un 14% con respecto a la humedad relativa del exterior.

5 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en las cuales se desarrollo el ensayo, se concluye lo siguiente:

- Los cuatro sustratos evaluados físicamente presentan propiedades físicas muy similares, no sobresale uno sobre otro, sin embargo no se encuentran dentro de los rangos óptimos propuestos.
- Mediante la presencia del hongo *Trichoderma* en los tratamientos testigos y en el piso del invernadero, se logró comprobar la capacidad que posee este hongo de colonizar y establecerse en diversas condiciones medioambientales y hábitat, mencionada por varios autores.
- Existe una relación directamente proporcional entre el grosor de tallo y la altura de planta del chile dulce, conforme aumenta el grosor del tallo aumenta la altura de la planta
- El mayor peso seco de raíz se logró utilizando como sustrato arena de río, y el mayor peso seco de la parte aérea de la planta se logró utilizando como sustrato lombricompost.
- No se presentaron diferencias significativas entre tratamientos en la variable rendimiento total por planta (kg/planta), que es la variable más importante a ser tomada en cuenta en la producción de algún cultivo.
- De los sustratos evaluados el que presentó el mejor rendimiento en cuanto a producción fue la mezcla de Fibra de coco + Peatmoss, y el sustrato que presentó el mejor rendimiento en cuanto a crecimiento fue el lombricompost.

- Los sustratos comerciales que tradicionalmente se utilizan en invernaderos para la producción de hortalizas pueden ser sustituidos por sustratos más económicos como lo es el lombricompost o la arena de río.
- Las variables ambientales registradas durante el ensayo no afectaron de manera negativa el cultivo, sino que se mantuvieron dentro del rango óptimo.

6 RECOMENDACIONES

- Sería recomendable realizar el mismo experimento, pero esta vez ubicando los tratamientos testigos en un invernadero y en otro invernadero los tratamientos inoculados con *Trichoderma*, ambos con condiciones iguales, para así evitar la contaminación de los tratamientos testigos con el hongo *Trichoderma*, o ubicarlos en el mismo invernadero, pero separando los tratamientos con *Trichoderma* de los tratamientos sin *Trichoderma*.
- Sería recomendable realizar un análisis microbiológico a los sustratos antes de realizarse las inoculaciones, para comprobar que el hongo no este presente en el sustrato. Además realizar un análisis microbiológico para hongos, 8 días después de cada inoculación realizada de *Trichoderma* a cada tratamiento, para comprobar o descartar la presencia del hongo en el sustrato.
- Es importante realizar el mismo experimento pero esta vez en lugar de utilizar los sustratos puros, utilizar mezclas de los sustratos, para así maximizar el aporte de las propiedades físicas de cada sustrato.
- Sería recomendable realizar análisis químicos a cada sustrato y a la mezcla utilizada en el ensayo para así determinar cual es el aporte nutricional de cada sustrato.
- Realizar un análisis microbiológico para hongos a cada tratamiento 8 días después de cada inoculación realizada de *Trichoderma*, para ya se sea comprobar o descartar la presencia del hongo en el sustrato.

- Seria importante cubrir el piso del invernadero con plástico, y en lugar de utilizar bolsas como contenedores utilizar macetas para dar mas estabilidad a la planta.
- Ubicar sensores dentro de la estructura del invernadero para así medir las variables ambientales durante varios periodos al día y así contar con un ambiente mas controlado de manera que estas variables ambientales no puedan afectar de manera negativa el cultivo.
- Seria recomendable separar los riegos de acuerdo al tipo de sustrato utilizado y a sus propiedades físicas, para así aprovechar más el agua y los nutrientes disueltos en la solución hidropónica.

7 BIBLIOGRAFIA

1. Abad, M y Noguera, P. 2000. Sustrato para el cultivo sin suelo y Fertirrigación. En: Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales, 2da Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 287-338 p.
2. Acevedo, I.; Pire. R. 2004. Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento de lechosoero (*Carica papaya* L). Interciencia, Vol. 29 N 5. 274-279 p.
3. Ansorena Miner, J. 1994. Sustratos: Propiedades y caracterización. *In* Fundamentos de nutrición. Ediciones Mundiempresa. ES. p 73 -105.
4. Atiyeh, R *et al.* 2000. Effects of vermicompost and compost on plant growth in horticultural container media and soil. *Pesobiol.* 44: 579-590 p.
5. Baixauli, C; Aguilar, J. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. Editorial Generalitat Valenciana. Valencia, España. 11-91 p.
6. Bal, U; Altintas, S. 2008. Effects of *Trichoderma harzianum* on lettuce protected cultivation. *J. Cent. Eur. Agric* 9:1, 63-70 p.
7. Bastiba, A. 1999. El medio de cultivo de las plantas. Sustratos para hidroponía y producción de plantas ornamentales. Serie de publicaciones AGRIBOT. No.4 UACH. Preparatoria Agrícola, Chapingo, Mex. 72 p
8. Cadahía, C. 2000. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Segunda edición. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. 475 p.
9. Calderón, F; Cevallos F. 2001, "Los sustratos". Dr. Calderón laboratorios Ltda. Bogotá, Colombia.

10. Castilla, N. 2005. El medio radicular: suelo y sustratos. En: invernaderos de plástico. Tecnología y Manejo. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 225-306 p.
11. CATIE. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR).1993. Guía Para El Manejo integrado de Plagas del Cultivo de chile dulce. 1993. Programa de mejoramiento de cultivos tropicales. Turrialba. 168 p.
12. CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2001. Guía técnica. El cultivo de chile dulce. CENTA. San Salvador, El Salvador. 55 p.
13. Coyne, M. 2000. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Editorial Paraninfo. España. 416 p.
14. De Boodt, M., O. Verdonck e I. Cappaert. 1974, Method for measuring the water release curve of organic substrates. Acta Hort. 37: 2054-2062.
15. De Santiago, J. 2008. La era del coco: Ventajas del popular sustrato orgánico en la producción de chiles. Consultado 12 ene. 2009. Disponible en: <http://www.hortalizas.com/pdh/?storyid=1297>
16. Delgado, M. 2004. Apuntando a la producción agrícola con menos impacto. Colombia. Consultado 25 oct. 2008. Disponible en <http://www.oriusbiotecnologia.com>.
17. Delgado, M. 2004. Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. Consultado 25 feb. 2009. Disponible en <http://www.oriusbiotecnologia.com>.
18. EDIFARM INTERNACIONAL. 2006. VADEAGO. Tercera edición. Tomo I.

19. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). . 2004. Datos centrales de producción [En línea]. Disponible en <http://faostat.fao.org>. [accesado 25 may. 2009].
20. FLORIAN, P.; 1998. "Sustratos: propiedades, ventajas y desventajas". Hidroponía comercial. Una buena opción en agronegocios. Conferencia Internacional 6-8 Agosto 1998. Lima-Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Centro de Investigación de hidroponía y nutrición mineral. Hydroponic Society of América. Ed. Alfredo Rodríguez Delfín.
21. Fonteno, W. 1996. Sustratos: tipos y propiedades físicas y químicas. *In*: Reed, D. ed. Guía del productor: Agua, sustratos y nutrición en los cultivos de flores bajo invernadero. Ball Publishing – Horti-Tecnia Ltda. Colombia. p. 93-123.
22. García G, JE.; Mojica B, FJ; Najera, JM. 1995. Agricultura Orgánica. Memoria del Simposio Centroamericano. San José CR. p. 45-61
23. González, C. 1999. Efecto de la Aplicación de *Trichoderma harzianum* sobre la composición cuantitativa de bacterias, hongos y actinomicetos de la rizosfera de solanáceas y su influencia en el crecimiento vegetativo. Instituto de investigaciones agropecuarias. Cuba (23): 50-65 p.
24. Guzmán, J. 2000. Producción intensiva de chile morrón (*Capsicum annum* L.) en la zona oriente del valle de México bajo invernadero-hidroponía. Tesis Ing. Agr. Chapingo, Mexico. 80 p.
25. Howell CR et al. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant Dis* 87: 4-10 p.

26. Jiménez Vázquez, D. 2006. Estudio monográfico de la producción hidropónica del cultivo del pimiento (*capsicum annum l.*) en invernadero. Tesis Ing. Agr. Chanpingo, Mexico. 85 p.
27. López, L; Cárdenas, R; Lobit, P; Martínez, O. 2005. Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponía. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 28 (2). 171-174 p.
28. Mata, X. 2009. Análisis microbiológicos (entrevista). San Carlos, Alajuela. CR. Comunicación personal.
29. Menjivar Barahona, R. 2005. Estudio del potencial antagonista de hongos endofíticos para el biocontrol del nematodo barrenador *Radopholus similis* en plantaciones de banano en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 81p.
30. Monge, S. 2007. Evaluación de crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate y chile dulce, mediante la utilización de seis sustratos y tres métodos de fertilización en el cantón de San Carlos, Costa Rica. Tesis Lic. Agr. ITCR. 95 p.
31. Montero J; Anton, A; Muñoz, P. 2005. Modificaciones en las estructuras e instalaciones de invernaderos orientadas a la reducción del impacto ambiental [en línea]. Disponible en http://www.infoagro.com/hortalizas/modificaciones_estructura_invernadero.html. [accesado 23 abr. 2009].
32. Mora, F. 1994. Algunas consideraciones para la producción orgánica de hortalizas. Agronomía Mesoamericana 5:117-183 p.
33. Moreno, A; Valdés, M; Zarate, T. 2006 Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. Revista agricultura técnica (chile). 65(1): 26-34 p.

34. Obregón, M. 2006. Concentraciones microbianas optimas para un sustrato (entrevista). Heredia, CR. Comunicación personal.
35. Ojodeagua, J et al. 2008. Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 31 (4). 367-374 p.
36. Pastor, J. 2000. Utilización de sustratos en viveros. Terra 17(3): 231-235.
37. Quesada Roldan, G. 2004. Caracterización fisicoquímica de materias primas y sustratos y su efecto sobre el desarrollo de plantas de almácigos de hortalizas de ambiente protegido. Tesis de licenciatura en agronomía: Universidad de Costa Rica.
38. Ramírez, N. 2006. Efecto de la aplicación de Pencycuron y Pro – selective para el control de *Rhizoctonia* sp. y *Fusarium* sp. en el cultivo de melón y calabaza en parcelas de monitoreo de alternativas al Bromuro de Metilo, en la finca “Los Yajes”, Estanzuela, Zacapa. Tesis Lic. Agr. San Carlos, Guatemala. 70 p.
39. Samaniego Sánchez, R. 2006. Efecto de la producción orgánica y convencional de chile dulce (*Capsicum annuum*) bajo invernadero sobre el componente planta-suelo en el cantón de Alfaro Ruiz. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 92 p.
40. Serrano, C. Z. 1974. Cultivos hortícolas enarenados. Manuales Técnicos. Serie A. N° 46. Extensión Agraria. Madrid, España.
41. Soto, F. 2007. Boletín del programa nacional sectorial de producción agrícola bajo ambientes protegidos. PRONAP. Costa Rica. 8 p.

42. Tovar Castaño, J. 2008. Evaluación de la capacidad antagonista “in vivo” de aislamientos de *Trichoderma* spp frente al hongo fitopatógeno *Rhizoctonia solani*. Tesis Ing. Agr. Bogotá, Colombia. 81 p.
43. Villegas Arenas, M. 2005. *Trichoderma*, características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible [en línea]. Orius Biotecnología. Colombia. Disponible en: <http://www.oriusbiotecnologia.com>. [accesado 19 de Mar. 2009].
44. Vinale, F *et al.* 2008. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry* 40, 1-10 p.
45. Yedidia, I; Srivastva, A; Kapulnik, Y; Chet, I. 2001 Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant and Soil* 235: 235-242 p.
46. Yedidia, I; Benhamou, N; Kapulnik, Y; Chet, I. 2000. Induction and accumulation of PR proteins activity during early stages of root colonization by the mycoparasite *Trichoderma harzianum* strain T-203. *Plant Physiol. Biochem.* 38, 863-873 p.
47. Yedidia, I; Benhamou, N; Chet, I. 1999. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L) by the control agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and environmental microbiology.* 65(3) 1061-1070 p.

8 ANEXOS

Anexo 1. Distribución de los tratamientos dentro del invernadero.

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| T5 | T7 | T8 | T6 | T6 | T1 | T8 | T1 |
| T4 | T3 | T2 | T3 | T7 | T6 | T5 | T4 |
| T2 | T1 | T2 | T7 | T6 | T1 | T2 | T5 |
| T8 | T7 | T3 | T4 | T3 | T4 | T5 | T8 |

Anexo 2. Dosis de las aplicaciones de *Trichoderma*.

| APLICACION | DOSIS |
|------------|--|
| 1 | 1500 gramos de sustrato/ 5 galón de agua |
| 2 | 1200 gramos de sustrato/ 5 galón de agua |
| 3 | 900 gramos de sustrato/ 5 galón de agua |
| 4 | 600 gramos de sustrato/ 5 galón de agua |
| 5 | 300 gramos de sustrato/ 5 galón de agua |
| 6 | 300 gramos de sustrato/ 5 galón de agua |

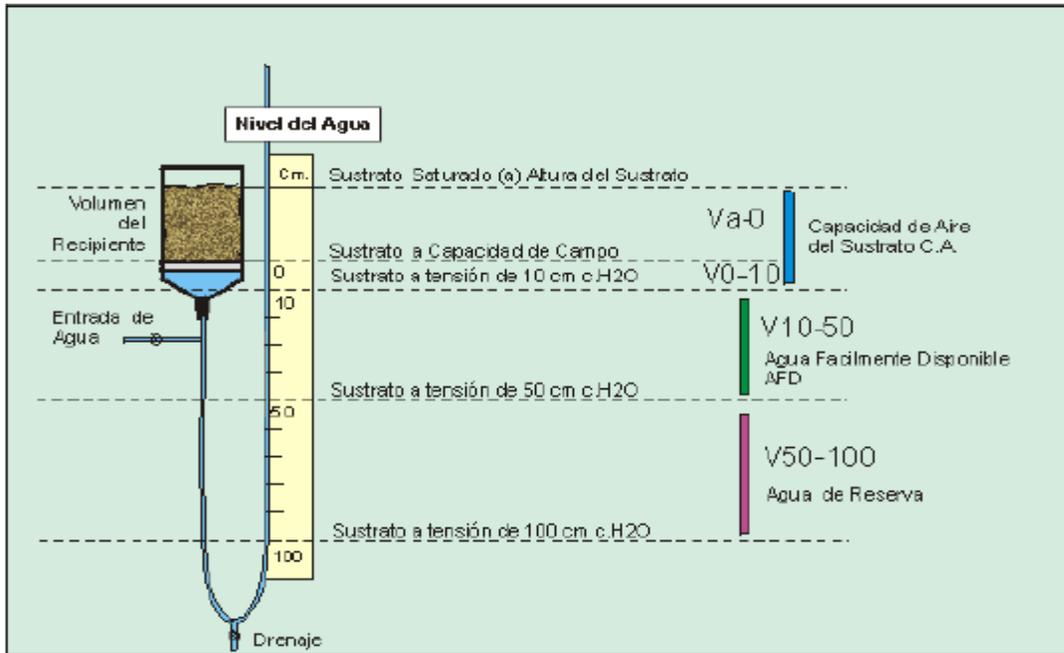
Anexo 3. Solución nutritiva para 750 litros

| Orden de Dilución | Compuesto | Cantidad |
|--------------------------|---------------------|-----------------|
| 1 | Acido fosfórico | 103, 5 ml |
| 2 | Nitrato de potasio | 277,5 gr |
| 3 | Sulfato de magnesio | 356,3 gr |
| 4 | Nitrato de calcio | 525 gr |
| 5 | EDTA hierro | 13,96 gr |
| 5 | EDTA manganeso | 4,15 gr |
| 5 | EDTA cobre | 2,63 gr |
| 5 | EDT zinc | 1,90 gr |
| 5 | Acido bórico | 1,1 gr |

Anexo 4. Calidades de chile dulce.

| CALIDAD | ESPECIFICACIONES |
|----------------|--|
| Calidad 1 | Frutos sin problemas fisiológicos, ni daños mecánicos o daños causados por plagas o enfermedades. Sin deformaciones. Frutos maduros con un peso aproximado de mas de 100 gr. |
| Calidad 2 | Frutos sin problemas fisiológicos, ni daños mecánicos o daños causados por plagas o enfermedades. Con pocas deformaciones. Frutos maduros con un peso aproximado de mas de 70 gr. |
| Calidad 3 | Frutos sin problemas fisiológicos, ni daños mecánicos o daños causados por plagas o enfermedades. Con deformaciones. Frutos muy maduros o verdes con un peso aproximado de menos de 70 gr. |

Anexo 5. Equipo para calcular propiedades físicas de los sustratos.



Anexo 6. Análisis de varianza para la variable altura de planta al primer mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 101,03 | 7 | 14,43 | 3,39 | 0,0116 |
| SUSTRATO | 34,45 | 3 | 11,48 | 2,7 | 0,0683 |
| TRICHODERMA | 34,85 | 1 | 34,85 | 8,19 | 0,0086 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 31,73 | 3 | 10,58 | 2,49 | 0,085 |
| Error | 102,15 | 24 | 4,26 | | |
| Total | 203,17 | 31 | | | |

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable altura de planta al segundo mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 348,81 | 7 | 49,83 | 2,99 | 0,0209 |
| SUSTRATO | 152,96 | 3 | 50,99 | 3,06 | 0,0474 |
| TRICHODERMA | 48,9 | 1 | 48,9 | 2,94 | 0,0995 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 146,95 | 3 | 48,98 | 2,94 | 0,0535 |
| Error | 399,69 | 24 | 16,65 | | |
| Total | 748,5 | 31 | | | |

Anexo 8. Análisis de varianza para la variable altura de planta al tercer mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 564,22 | 7 | 80,6 | 3,09 | 0,0182 |
| SUSTRATO | 261,54 | 3 | 87,18 | 3,34 | 0,0361 |
| TRICHODERMA | 59,75 | 1 | 59,75 | 2,29 | 0,1434 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 242,94 | 3 | 80,98 | 3,1 | 0,0456 |
| Error | 626,73 | 24 | 26,11 | | |
| Total | 1190,96 | 31 | | | |

Anexo 9. Análisis de varianza para la variable altura de planta al cuarto mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 1390,16 | 7 | 198,59 | 4,53 | 0,0024 |
| SUSTRATO | 564,86 | 3 | 188,29 | 4,29 | 0,0147 |
| TRICHODERMA | 46,35 | 1 | 46,35 | 1,06 | 0,3142 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 778,95 | 3 | 259,65 | 5,92 | 0,0036 |
| Error | 1052,48 | 24 | 43,85 | | |
| Total | 2442,64 | 31 | | | |

Anexo 10. Análisis de varianza para la variable altura de planta al quinto mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 1730,7 | 7 | 247,24 | 2,88 | 0,0249 |
| SUSTRATO | 916,95 | 3 | 305,65 | 3,55 | 0,0293 |
| TRICHODERMA | 3,7 | 1 | 3,7 | 0,04 | 0,8373 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 810,05 | 3 | 270,02 | 3,14 | 0,0439 |
| Error | 2063,81 | 24 | 85,99 | | |
| Total | 3794,51 | 31 | | | |

Anexo 11. Análisis de varianza para la variable altura de planta al sexto mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|----------|---------|
| Modelo | 2334,38 | 7 | 333,48 | 1,82 | 0,1291 |
| SUSTRATO | 1078,69 | 3 | 359,56 | 1,96 | 0,1463 |
| TRICHODERMA | 0,06 | 1 | 0,06 | 3,10E-04 | 0,9861 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 1255,63 | 3 | 418,54 | 2,29 | 0,1043 |
| Error | 4393,2 | 24 | 183,05 | | |
| Total | 6727,58 | 31 | | | |

Anexo 12. Análisis de varianza para la variable grosor de tallo al primer mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|----------|----|----------|------|---------|
| Modelo | 0,03 | 7 | 4,20E-03 | 2,71 | 0,0322 |
| SUSTRATO | 0,02 | 3 | 0,01 | 4,86 | 0,0089 |
| TRICHODERMA | 4,50E-03 | 1 | 4,50E-03 | 2,92 | 0,1004 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 2,30E-03 | 3 | 7,60E-04 | 0,49 | 0,6936 |
| Error | 0,04 | 24 | 1,60E-03 | | |
| Total | 0,07 | 31 | | | |

Anexo 13. Análisis de varianza para la variable grosor de tallo al segundo mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|----------|----|----------|-------|---------|
| Modelo | 0,29 | 7 | 0,04 | 6,14 | 0,0003 |
| SUSTRATO | 0,26 | 3 | 0,09 | 13,15 | <0,0001 |
| TRICHODERMA | 2,90E-03 | 1 | 2,90E-03 | 0,44 | 0,5136 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 0,02 | 3 | 0,01 | 1,04 | 0,392 |
| Error | 0,16 | 24 | 0,01 | | |
| Total | 0,45 | 31 | | | |

Anexo 14. Análisis de varianza para la variable grosor de tallo al tercer mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|------|----|----------|------|---------|
| Modelo | 0,29 | 7 | 0,04 | 6,18 | 0,0003 |
| SUSTRATO | 0,27 | 3 | 0,09 | 13,5 | <0,0001 |
| TRICHODERMA | 0,01 | 1 | 0,01 | 1,85 | 0,1867 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 0,01 | 3 | 2,00E-03 | 0,3 | 0,8249 |
| Error | 0,16 | 24 | 0,01 | | |
| Total | 0,45 | 31 | | | |

Anexo 15. Análisis de varianza para la variable grosor de tallo al cuarto mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|------|----|----------|-------|---------|
| Modelo | 0,29 | 7 | 0,04 | 6,07 | 0,0004 |
| SUSTRATO | 0,27 | 3 | 0,09 | 13,13 | <0,0001 |
| TRICHODERMA | 0,01 | 1 | 0,01 | 1,85 | 0,1864 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 0,01 | 3 | 2,90E-03 | 0,42 | 0,7433 |
| Error | 0,17 | 24 | 0,01 | | |
| Total | 0,46 | 31 | | | |

Anexo 16. Análisis de varianza para la variable grosor de tallo al quinto mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|----------|----|----------|-------|---------|
| Modelo | 0,33 | 7 | 0,05 | 6,18 | 0,0003 |
| SUSTRATO | 0,31 | 3 | 0,1 | 13,71 | <0,0001 |
| TRICHODERMA | 0,02 | 1 | 0,02 | 2,03 | 0,167 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 5,90E-04 | 3 | 2,00E-04 | 0,03 | 0,9942 |
| Error | 0,18 | 24 | 0,01 | | |
| Total | 0,51 | 31 | | | |

Anexo 17. Análisis de varianza para la variable grosor de tallo al sexto mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|----------|----|----------|-------|---------|
| Modelo | 0,4 | 7 | 0,06 | 9,66 | <0,0001 |
| SUSTRATO | 0,39 | 3 | 0,13 | 22,04 | <0,0001 |
| TRICHODERMA | 0,01 | 1 | 0,01 | 1,47 | 0,2371 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 1,70E-04 | 3 | 5,60E-05 | 0,01 | 0,9987 |
| Error | 0,14 | 24 | 0,01 | | |
| Total | 0,54 | 31 | | | |

Anexo 18. Análisis de varianza para la variable número de flores al primer mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo | 15,51 | 7 | 2,22 | 2,03 | 0,0926 |
| SUSTRATO | 3,93 | 3 | 1,31 | 1,2 | 0,3308 |
| TRICHODERMA | 2,88 | 1 | 2,88 | 2,64 | 0,1173 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 8,7 | 3 | 2,9 | 2,66 | 0,0711 |
| Error | 26,18 | 24 | 1,09 | | |
| Total | 41,7 | 31 | | | |

Anexo 19. Análisis de varianza para la variable número de flores al segundo mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo | 17,99 | 7 | 2,57 | 2,23 | 0,0673 |
| SUSTRATO | 10,02 | 3 | 3,34 | 2,9 | 0,0556 |
| TRICHODERMA | 0,02 | 1 | 0,02 | 0,02 | 0,8903 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 7,95 | 3 | 2,65 | 2,3 | 0,1027 |
| Error | 27,61 | 24 | 1,15 | | |
| Total | 45,6 | 31 | | | |

Anexo 20. Análisis de varianza para la variable número de flores al tercer mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 68,77 | 7 | 9,82 | 4,76 | 0,0018 |
| SUSTRATO | 23,12 | 3 | 7,71 | 3,74 | 0,0247 |
| TRICHODERMA | 10,47 | 1 | 10,47 | 5,07 | 0,0337 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 35,18 | 3 | 11,73 | 5,68 | 0,0044 |
| Error | 49,52 | 24 | 2,06 | | |
| Total | 118,29 | 31 | | | |

Anexo 21. Análisis de varianza para la variable número de flores al cuarto mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 237,22 | 7 | 33,89 | 2,07 | 0,087 |
| SUSTRATO | 160,83 | 3 | 53,61 | 3,27 | 0,0384 |
| TRICHODERMA | 8,98 | 1 | 8,98 | 0,55 | 0,4661 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 67,41 | 3 | 22,47 | 1,37 | 0,275 |
| Error | 392,87 | 24 | 16,37 | | |
| Total | 630,09 | 31 | | | |

Anexo 22. Análisis de varianza para la variable número de flores al quinto mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|----------|----|----------|----------|---------|
| Modelo | 16,68 | 7 | 2,38 | 0,48 | 0,8365 |
| SUSTRATO | 13,5 | 3 | 4,5 | 0,91 | 0,4488 |
| TRICHODERMA | 4,40E-03 | 1 | 4,40E-03 | 8,90E-04 | 0,9764 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 3,18 | 3 | 1,06 | 0,22 | 0,8849 |
| Error | 118,07 | 24 | 4,92 | | |
| Total | 134,75 | 31 | | | |

Anexo 23. Análisis de varianza para la variable número de flores al sexto mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo | 6,72 | 7 | 0,96 | 0,96 | 0,4783 |
| SUSTRATO | 4,98 | 3 | 1,66 | 1,67 | 0,2008 |
| TRICHODERMA | 0,1 | 1 | 0,1 | 0,1 | 0,7492 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 1,64 | 3 | 0,55 | 0,55 | 0,653 |
| Error | 23,89 | 24 | 1 | | |
| Total | 30,61 | 31 | | | |

Anexo 24. Análisis de varianza para la variable número de frutos cuajados al primer mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo | 2,53 | 7 | 0,36 | 3,13 | 0,0169 |
| SUSTRATO | 1,22 | 3 | 0,41 | 3,53 | 0,0301 |
| TRICHODERMA | 0,03 | 1 | 0,03 | 0,22 | 0,6437 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 1,29 | 3 | 0,43 | 3,71 | 0,0252 |
| Error | 2,77 | 24 | 0,12 | | |
| Total | 5,3 | 31 | | | |

Anexo 25. Análisis de varianza para la variable número de frutos cuajados al segundo mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo | 18,46 | 7 | 2,64 | 3,06 | 0,0189 |
| SUSTRATO | 5,67 | 3 | 1,89 | 2,19 | 0,1152 |
| TRICHODERMA | 1,57 | 1 | 1,57 | 1,82 | 0,19 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 11,23 | 3 | 3,74 | 4,34 | 0,014 |
| Error | 20,68 | 24 | 0,86 | | |
| Total | 39,15 | 31 | | | |

Anexo 26. Análisis de varianza para la variable número de frutos cuajados al tercer mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo | 31,9 | 7 | 4,56 | 3,14 | 0,0168 |
| SUSTRATO | 15,44 | 3 | 5,15 | 3,55 | 0,0295 |
| TRICHODERMA | 5,25 | 1 | 5,25 | 3,62 | 0,0692 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 11,21 | 3 | 3,74 | 2,58 | 0,0774 |
| Error | 34,82 | 24 | 1,45 | | |
| Total | 66,72 | 31 | | | |

Anexo 27. Análisis de varianza para la variable número de frutos cuajados al cuarto mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 55,05 | 7 | 7,86 | 2,68 | 0,0338 |
| SUSTRATO | 30,08 | 3 | 10,03 | 3,41 | 0,0336 |
| TRICHODERMA | 7,1 | 1 | 7,1 | 2,42 | 0,1331 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 17,87 | 3 | 5,96 | 2,03 | 0,1369 |
| Error | 70,52 | 24 | 2,94 | | |
| Total | 125,57 | 31 | | | |

Anexo 28. Análisis de varianza para la variable número de frutos cuajados al quinto mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo | 20,57 | 7 | 2,94 | 2,86 | 0,0255 |
| SUSTRATO | 14,32 | 3 | 4,77 | 4,65 | 0,0107 |
| TRICHODERMA | 0,09 | 1 | 0,09 | 0,08 | 0,7743 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 6,17 | 3 | 2,06 | 2 | 0,1405 |
| Error | 24,65 | 24 | 1,03 | | |
| Total | 45,22 | 31 | | | |

Anexo 29. Análisis de varianza para la variable número de frutos cuajados al sexto mes del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo | 14,38 | 7 | 2,05 | 1,64 | 0,1726 |
| SUSTRATO | 6,14 | 3 | 2,05 | 1,63 | 0,2082 |
| TRICHODERMA | 0,02 | 1 | 0,02 | 0,01 | 0,9114 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 8,22 | 3 | 2,74 | 2,19 | 0,1157 |
| Error | 30,08 | 24 | 1,25 | | |
| Total | 44,45 | 31 | | | |

Anexo 30. Análisis de varianza para la variable peso fresco de raíz al final del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo | 5980,5 | 7 | 854,36 | 1,37 | 0,2639 |
| SUSTRATO | 3267,25 | 3 | 1089,08 | 1,74 | 0,185 |
| TRICHODERMA | 60,5 | 1 | 60,5 | 0,1 | 0,7584 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 2652,75 | 3 | 884,25 | 1,42 | 0,2628 |
| Error | 14997 | 24 | 624,88 | | |
| Total | 20977,5 | 31 | | | |

Anexo 31. Análisis de varianza para la variable peso seco de raíz al final del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 946,88 | 7 | 135,27 | 4,38 | 0,003 |
| SUSTRATO | 800,63 | 3 | 266,88 | 8,63 | 0,0005 |
| TRICHODERMA | 36,12 | 1 | 36,12 | 1,17 | 0,2905 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 110,13 | 3 | 36,71 | 1,19 | 0,3355 |
| Error | 742 | 24 | 30,92 | | |
| Total | 1688,88 | 31 | | | |

Anexo 32. Análisis de varianza para la variable peso fresco de la parte aérea de la planta al final del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|-----------|----|----------|------|---------|
| Modelo | 330023,72 | 7 | 47146,25 | 4,84 | 0,0016 |
| SUSTRATO | 261976,09 | 3 | 87325,36 | 8,96 | 0,0004 |
| TRICHODERMA | 1287,78 | 1 | 1287,78 | 0,13 | 0,7194 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 66759,84 | 3 | 22253,28 | 2,28 | 0,1047 |
| Error | 233905,25 | 24 | 9746,05 | | |
| Total | 563928,97 | 31 | | | |

Anexo 33. Análisis de varianza para la variable peso seco de la parte aérea de la planta al final del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|----------|----|---------|------|---------|
| Modelo | 7768,97 | 7 | 1109,85 | 3,86 | 0,006 |
| SUSTRATO | 5731,59 | 3 | 1910,53 | 6,64 | 0,002 |
| TRICHODERMA | 132,03 | 1 | 132,03 | 0,46 | 0,5045 |
| SUSTRATO*TRICHODERMA | 1905,34 | 3 | 635,11 | 2,21 | 0,1132 |
| Error | 6902,75 | 24 | 287,61 | | |
| Total | 14671,72 | 31 | | | |

Anexo 34. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la primera cosecha del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|----------|----|---------|------|---------|
| Modelo | 14361,97 | 7 | 2051,71 | 0,88 | 0,5386 |
| TRICHODERMA | 536,28 | 1 | 536,28 | 0,23 | 0,6364 |
| SUSTRATO | 6642,09 | 3 | 2214,03 | 0,95 | 0,4338 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 7183,59 | 3 | 2394,53 | 1,02 | 0,3996 |
| Error | 56139,75 | 24 | 2339,16 | | |
| Total | 70501,72 | 31 | | | |

Anexo 35. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la segunda cosecha del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|----------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 3689,47 | 7 | 527,07 | 0,96 | 0,4814 |
| TRICHODERMA | 850,78 | 1 | 850,78 | 1,55 | 0,2252 |
| SUSTRATO | 2173,84 | 3 | 724,61 | 1,32 | 0,2911 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 664,84 | 3 | 221,61 | 0,4 | 0,7517 |
| Error | 13176,25 | 24 | 549,01 | | |
| Total | 16865,72 | 31 | | | |

Anexo 36. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la tercera cosecha del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|----------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 3077,88 | 7 | 439,7 | 0,34 | 0,9257 |
| TRICHODERMA | 450 | 1 | 450 | 0,35 | 0,5591 |
| SUSTRATO | 1617,38 | 3 | 539,13 | 0,42 | 0,7399 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 1010,5 | 3 | 336,83 | 0,26 | 0,8515 |
| Error | 30768 | 24 | 1282 | | |
| Total | 33845,88 | 31 | | | |

Anexo 37. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la cuarta cosecha del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 465 | 7 | 66,43 | 0,52 | 0,8141 |
| TRICHODERMA | 32 | 1 | 32 | 0,25 | 0,6229 |
| SUSTRATO | 225 | 3 | 75 | 0,58 | 0,6328 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 208 | 3 | 69,33 | 0,54 | 0,661 |
| Error | 3095 | 24 | 128,96 | | |
| Total | 3560 | 31 | | | |

Anexo 38. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la quinta cosecha del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|----------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 2773,88 | 7 | 396,27 | 0,88 | 0,5352 |
| TRICHODERMA | 406,13 | 1 | 406,13 | 0,9 | 0,3512 |
| SUSTRATO | 1490,38 | 3 | 496,79 | 1,11 | 0,3662 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 877,38 | 3 | 292,46 | 0,65 | 0,5901 |
| Error | 10784 | 24 | 449,33 | | |
| Total | 13557,88 | 31 | | | |

Anexo 39. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la sexta cosecha del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 1415,22 | 7 | 202,17 | 1,31 | 0,2898 |
| TRICHODERMA | 504,03 | 1 | 504,03 | 3,26 | 0,0837 |
| SUSTRATO | 854,84 | 3 | 284,95 | 1,84 | 0,1667 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 56,34 | 3 | 18,78 | 0,12 | 0,9466 |
| Error | 3714,75 | 24 | 154,78 | | |
| Total | 5129,97 | 31 | | | |

Anexo 40. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la cosecha 7 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 2182,47 | 7 | 311,78 | 1,4 | 0,2498 |
| TRICHODERMA | 399,03 | 1 | 399,03 | 1,8 | 0,1928 |
| SUSTRATO | 1321,84 | 3 | 440,61 | 1,98 | 0,1435 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 461,59 | 3 | 153,86 | 0,69 | 0,5657 |
| Error | 5334,25 | 24 | 222,26 | | |
| Total | 7516,72 | 31 | | | |

Anexo 41. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la cosecha 8 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 391,88 | 7 | 55,98 | 0,39 | 0,9015 |
| TRICHODERMA | 144,5 | 1 | 144,5 | 1 | 0,3283 |
| SUSTRATO | 188,38 | 3 | 62,79 | 0,43 | 0,7315 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 59 | 3 | 19,67 | 0,14 | 0,9379 |
| Error | 3483 | 24 | 145,13 | | |
| Total | 3874,88 | 31 | | | |

Anexo 42. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la cosecha 9 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|----------|----|---------|------|---------|
| Modelo | 6742,97 | 7 | 963,28 | 0,4 | 0,8899 |
| TRICHODERMA | 442,53 | 1 | 442,53 | 0,19 | 0,6702 |
| SUSTRATO | 6048,09 | 3 | 2016,03 | 0,85 | 0,4817 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 252,34 | 3 | 84,11 | 0,04 | 0,9909 |
| Error | 57118,25 | 24 | 2379,93 | | |
| Total | 63861,22 | 31 | | | |

Anexo 43. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la cosecha 10 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|----------|----|---------|------|---------|
| Modelo | 7105,88 | 7 | 1015,13 | 1,1 | 0,3923 |
| TRICHODERMA | 968 | 1 | 968 | 1,05 | 0,3151 |
| SUSTRATO | 3452,13 | 3 | 1150,71 | 1,25 | 0,3133 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 2685,75 | 3 | 895,25 | 0,97 | 0,4215 |
| Error | 22070 | 24 | 919,58 | | |
| Total | 29175,88 | 31 | | | |

Anexo 44. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la cosecha 11 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 1313,88 | 7 | 187,7 | 1,65 | 0,1693 |
| TRICHODERMA | 45,13 | 1 | 45,13 | 0,4 | 0,5347 |
| SUSTRATO | 1175,38 | 3 | 391,79 | 3,45 | 0,0326 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 93,38 | 3 | 31,13 | 0,27 | 0,8437 |
| Error | 2729 | 24 | 113,71 | | |
| Total | 4042,88 | 31 | | | |

Anexo 45. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la cosecha 12 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 1433,5 | 7 | 204,79 | 4,01 | 0,0049 |
| TRICHODERMA | 45,13 | 1 | 45,13 | 0,88 | 0,3567 |
| SUSTRATO | 1322,25 | 3 | 440,75 | 8,62 | 0,0005 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 66,13 | 3 | 22,04 | 0,43 | 0,7325 |
| Error | 1226,5 | 24 | 51,1 | | |
| Total | 2660 | 31 | | | |

Anexo 46. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la cosecha 13 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 1832,5 | 7 | 261,79 | 1,06 | 0,4152 |
| TRICHODERMA | 28,13 | 1 | 28,13 | 0,11 | 0,7381 |
| SUSTRATO | 1213,75 | 3 | 404,58 | 1,65 | 0,2053 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 590,63 | 3 | 196,88 | 0,8 | 0,5057 |
| Error | 5901 | 24 | 245,88 | | |
| Total | 7733,5 | 31 | | | |

Anexo 47. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la cosecha 14 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 346,47 | 7 | 49,5 | 0,95 | 0,4908 |
| TRICHODERMA | 124,03 | 1 | 124,03 | 2,37 | 0,1367 |
| SUSTRATO | 209,09 | 3 | 69,7 | 1,33 | 0,2873 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 13,34 | 3 | 4,45 | 0,09 | 0,9676 |
| Error | 1255,75 | 24 | 52,32 | | |
| Total | 1602,22 | 31 | | | |

Anexo 48. Análisis de varianza para la variable peso de fruto cosechado para la cosecha 15 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 130 | 7 | 18,57 | 0,37 | 0,9085 |
| TRICHODERMA | 98 | 1 | 98 | 1,97 | 0,1729 |
| SUSTRATO | 17,5 | 3 | 5,83 | 0,12 | 0,949 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 14,5 | 3 | 4,83 | 0,1 | 0,9608 |
| Error | 1192 | 24 | 49,67 | | |
| Total | 1322 | 31 | | | |

Anexo 49. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 1 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo | 14,22 | 7 | 2,03 | 1,01 | 0,4487 |
| TRICHODERMA | 7,03 | 1 | 7,03 | 3,5 | 0,0737 |
| SUSTRATO | 1,84 | 3 | 0,61 | 0,31 | 0,821 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 5,34 | 3 | 1,78 | 0,89 | 0,4624 |
| Error | 48,25 | 24 | 2,01 | | |
| Total | 62,47 | 31 | | | |

Anexo 50. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 2 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 120,88 | 7 | 17,27 | 1,79 | 0,1349 |
| TRICHODERMA | 0,13 | 1 | 0,13 | 0,01 | 0,9102 |
| SUSTRATO | 113,63 | 3 | 37,88 | 3,94 | 0,0204 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 7,13 | 3 | 2,38 | 0,25 | 0,8628 |
| Error | 231 | 24 | 9,63 | | |
| Total | 351,88 | 31 | | | |

Anexo 51. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 3 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 440,72 | 7 | 62,96 | 1,74 | 0,1479 |
| TRICHODERMA | 132,03 | 1 | 132,03 | 3,64 | 0,0684 |
| SUSTRATO | 137,34 | 3 | 45,78 | 1,26 | 0,3095 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 171,34 | 3 | 57,11 | 1,58 | 0,2213 |
| Error | 870,25 | 24 | 36,26 | | |
| Total | 1310,97 | 31 | | | |

Anexo 52. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 4 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 80,22 | 7 | 11,46 | 1,73 | 0,1487 |
| TRICHODERMA | 3,78 | 1 | 3,78 | 0,57 | 0,457 |
| SUSTRATO | 61,84 | 3 | 20,61 | 3,12 | 0,0449 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 14,59 | 3 | 4,86 | 0,74 | 0,5411 |
| Error | 158,75 | 24 | 6,61 | | |
| Total | 238,97 | 31 | | | |

Anexo 53. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 5 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 499,22 | 7 | 71,32 | 1,1 | 0,3973 |
| TRICHODERMA | 148,78 | 1 | 148,78 | 2,28 | 0,1437 |
| SUSTRATO | 78,59 | 3 | 26,2 | 0,4 | 0,7526 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 271,84 | 3 | 90,61 | 1,39 | 0,2695 |
| Error | 1562,75 | 24 | 65,11 | | |
| Total | 2061,97 | 31 | | | |

Anexo 54. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 6 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|--------|----|------|------|---------|
| Modelo | 26,97 | 7 | 3,85 | 0,62 | 0,7346 |
| TRICHODERMA | 1,53 | 1 | 1,53 | 0,25 | 0,6243 |
| SUSTRATO | 18,34 | 3 | 6,11 | 0,98 | 0,4172 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 7,09 | 3 | 2,36 | 0,38 | 0,7681 |
| Error | 149,25 | 24 | 6,22 | | |
| Total | 176,22 | 31 | | | |

Anexo 55. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 7 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo | 12,47 | 7 | 1,78 | 0,58 | 0,7624 |
| TRICHODERMA | 0,03 | 1 | 0,03 | 0,01 | 0,9202 |
| SUSTRATO | 9,84 | 3 | 3,28 | 1,08 | 0,3783 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 2,59 | 3 | 0,86 | 0,28 | 0,8369 |
| Error | 73,25 | 24 | 3,05 | | |
| Total | 85,72 | 31 | | | |

Anexo 56. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 8 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 237,88 | 7 | 33,98 | 0,98 | 0,465 |
| TRICHODERMA | 91,13 | 1 | 91,13 | 2,64 | 0,1172 |
| SUSTRATO | 55,38 | 3 | 18,46 | 0,54 | 0,6627 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 91,38 | 3 | 30,46 | 0,88 | 0,464 |
| Error | 828 | 24 | 34,5 | | |
| Total | 1065,88 | 31 | | | |

Anexo 57. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 9 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 187,38 | 7 | 26,77 | 0,76 | 0,6263 |
| TRICHODERMA | 28,13 | 1 | 28,13 | 0,8 | 0,3807 |
| SUSTRATO | 130,13 | 3 | 43,38 | 1,23 | 0,3206 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 29,13 | 3 | 9,71 | 0,28 | 0,8427 |
| Error | 846,5 | 24 | 35,27 | | |
| Total | 1033,88 | 31 | | | |

Anexo 58. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 10 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 136,72 | 7 | 19,53 | 1,4 | 0,2491 |
| TRICHODERMA | 30,03 | 1 | 30,03 | 2,16 | 0,1547 |
| SUSTRATO | 61,84 | 3 | 20,61 | 1,48 | 0,2445 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 44,84 | 3 | 14,95 | 1,07 | 0,3784 |
| Error | 333,75 | 24 | 13,91 | | |
| Total | 470,47 | 31 | | | |

Anexo 59. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 11 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 561,72 | 7 | 80,25 | 3,54 | 0,0094 |
| TRICHODERMA | 108,78 | 1 | 108,78 | 4,8 | 0,0385 |
| SUSTRATO | 375,34 | 3 | 125,11 | 5,52 | 0,005 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 77,59 | 3 | 25,86 | 1,14 | 0,3528 |
| Error | 544,25 | 24 | 22,68 | | |
| Total | 1105,97 | 31 | | | |

Anexo 60. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 12 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo | 1428,97 | 7 | 204,14 | 3,85 | 0,0061 |
| TRICHODERMA | 101,53 | 1 | 101,53 | 1,91 | 0,1792 |
| SUSTRATO | 1049,59 | 3 | 349,86 | 6,6 | 0,0021 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 277,84 | 3 | 92,61 | 1,75 | 0,1843 |
| Error | 1272,75 | 24 | 53,03 | | |
| Total | 2701,72 | 31 | | | |

Anexo 61. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 13 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|-------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 43 | 7 | 6,14 | 0,41 | 0,8887 |
| TRICHODERMA | 15,13 | 1 | 15,13 | 1 | 0,327 |
| SUSTRATO | 18,75 | 3 | 6,25 | 0,41 | 0,7446 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 9,13 | 3 | 3,04 | 0,2 | 0,8944 |
| Error | 362,5 | 24 | 15,1 | | |
| Total | 405,5 | 31 | | | |

Anexo 62. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 14 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 167,88 | 7 | 23,98 | 1,51 | 0,2124 |
| TRICHODERMA | 1,13 | 1 | 1,13 | 0,07 | 0,7926 |
| SUSTRATO | 90,38 | 3 | 30,13 | 1,89 | 0,1578 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 76,38 | 3 | 25,46 | 1,6 | 0,2156 |
| Error | 382 | 24 | 15,92 | | |
| Total | 549,88 | 31 | | | |

Anexo 63. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos cosechados para la cosecha 15 del cultivo de chile dulce ($p \leq 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 310 | 7 | 44,29 | 1,7 | 0,1568 |
| TRICHODERMA | 32 | 1 | 32 | 1,23 | 0,2788 |
| SUSTRATO | 10,25 | 3 | 3,42 | 0,13 | 0,9406 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 267,75 | 3 | 89,25 | 3,42 | 0,0332 |
| Error | 625,5 | 24 | 26,06 | | |
| Total | 935,5 | 31 | | | |

Anexo 64. Análisis de varianza para la variable rendimiento total por planta ($p <= 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------------|-----------|-------|------|---------|
| Modelo | 86.63 | 7 | 12.38 | 1.88 | 0.1168 |
| TRICHODERMA | 2.63 | 1 | 2.63 | 0.40 | 0.5330 |
| SUSTRATO | 36.61 | 3 | 12.20 | 1.86 | 0.1636 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 47.39 | 3 | 15.80 | 2.41 | 0.0922 |
| Error | 157.58 | 24 | 6.57 | | |
| Total | <u>244.20</u> | <u>31</u> | | | |

Anexo 65. Análisis de varianza para la variable peso promedio de fruto de las cosechas totales realizadas por cada planta ($p <= 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|----------------|-----------|--------|------|---------|
| Modelo | 549,18 | 7 | 78,45 | 1,36 | 0,2660 |
| TRICHODERMA | 22,11 | 1 | 22,11 | 0,38 | 0,5414 |
| SUSTRATO | 432,61 | 3 | 144,20 | 2,50 | 0,0834 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 94,45 | 3 | 31,48 | 0,55 | 0,6552 |
| Error | 1382,34 | 24 | 57,60 | | |
| Total | <u>1931,52</u> | <u>31</u> | | | |

Anexo 66. Análisis de varianza para la variable cantidad de frutos totales cosechados por planta para cada tratamiento $p <= 0,05$).

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------------|---------------|-----------|-------|------|---------|
| Modelo | 371,58 | 7 | 53,08 | 3,21 | 0,0151 |
| TRICHODERMA | 18,00 | 1 | 18,00 | 1,09 | 0,3071 |
| SUSTRATO | 110,75 | 3 | 36,92 | 2,23 | 0,1103 |
| TRICHODERMA*SUSTRATO | 242,83 | 3 | 80,94 | 4,90 | 0,0085 |
| Error | 396,78 | 24 | 16,53 | | |
| Total | <u>768,36</u> | <u>31</u> | | | |

Anexo 67. Análisis de regresión lineal para la variable grosor de tallo según la altura de la planta.

| Variable | N | R ² | R ² Aj | ECMP | AIC | BIC |
|----------------------|-----|----------------|-------------------|------|---------|---------|
| Grosor de tallo (cm) | 192 | 0,91 | 0,90 | 0,03 | -161,08 | -151,31 |

| Coef | Est | E.E. | LI (95%) | LS (95%) | T | p-valor | CpMallows |
|-----------------------|------|---------|----------|----------|-------|---------|-----------|
| Const | 0,47 | 0,03 | 0,41 | 0,54 | 14,75 | <0,0001 | |
| Altura de planta (cm) | 0,01 | 2,6E-04 | 0,01 | 0,01 | 42,58 | <0,0001 | 1804,21 |