

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Evaluación agronómica del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo tres diferentes coberturas plásticas**

**Proyecto de investigación**

**Juan Francisco Jaramillo Andrade**

**Ingeniería en Agroempresas**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniero en Agroempresas

Quito, 19 de noviembre de 2015

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Evaluación agronómica del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*)  
bajo tres diferentes coberturas plásticas**

**Juan Francisco Jaramillo Andrade**

Calificación:

9,60

Nombre del profesor, Título académico

Carlos Ruales , MC.

Firma del profesor

---

Quito, 19 de noviembre de 2015

## Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Juan Francisco Jaramillo Andrade

Código: 00105441

Cédula de Identidad: 1717161002

Lugar y fecha: Quito, noviembre de 2015

## RESUMEN

Los cultivos protegidos permiten manejar la temperatura, humedad relativa, controlar el viento y disminuir la erosión del suelo, entre otros aspectos. Al implementar un cultivo protegido, también se restringe la radiación que reciben las plantas debido al material de cobertura; la radiación ultravioleta (UV), radiación infrarroja cercana (NIR) y la radiación fotosintéticamente activa (PAR) pueden cambiar de acuerdo al plástico usado, pudiendo beneficiar o perjudicar al cultivo si no son manejadas correctamente. En el presente experimento se evaluaron tres coberturas plásticas con diferentes porcentajes de bloqueo UV y NIR, y se evaluó la producción de tomate durante diez cosechas. Se realizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones, y prueba de separación de medias de Tukey al 5%. Se midieron las variables temperatura y humedad relativa, altura de planta y número de racimos por planta, frutos producidos por planta, kilogramos cosechados por planta, frutos por calibre y producción total. Entre los resultados más importantes destaca la producción total, que supera en todos los tratamientos al promedio del Ecuador, siendo el mejor tratamiento T3 que alcanzó las 64,5 T/ha en diez cosechas. Se concluyó que la mejor cubierta para el cultivo de tomate es aquella que permite el paso de la mayor parte del espectro solar, ya que los aditivos utilizados para alcanzar ciertos bloqueos de radiación UV y NIR también influyen negativamente sobre la radiación PAR.

Palabras clave: tomate, invernadero, cubiertas plásticas, plásticos fotoselectivos, radiación solar, producción.

## ABSTRACT

Protected crops allow handling the temperature, relative humidity, wind and reduce soil erosion, among others. By implementing a protected cultivation, the radiation that plants receive due to the covering material is also restricted; ultraviolet (UV), near infrared radiation (NIR) and photosynthetically active radiation (PAR) can change according to the plastic cover, having a benefit or harm to the crop if not handled properly. In this experiment three plastic covers were evaluated with different percentages of blocking UV and NIR. Tomato production was evaluated for ten harvests. The experimental design was complete randomized blocks with three treatments and four repetitions, and a Tukey test 5%. Temperature and relative humidity, altitude and number of bunches per plant, fruits produced per plant, kilograms per plant, fruit by size and total production were measured. Among the most important results, the total production stands out; overcoming Ecuador's average in all treatments, being the best treatment T3 which in ten harvests reached 64.5 t/ha. It was concluded that the best plastic cover for the tomato crop is the one that allows most of the solar spectrum reaches the plants, since additives used to achieve certain blocks of UV and NIR radiation also influence negatively the PAR radiation.

*Key words:* tomato, greenhouse, plastic cover, photo selective plastic, solar radiation, production.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>I. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. Antecedentes:.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2. Justificación: .....</b>	<b>11</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Invernaderos y cubiertas plásticas. ....</b>	<b>14</b>
<b>2.2. Plagas y enfermedades del tomate.....</b>	<b>17</b>
2.2.1. Plagas comunes del tomate.....	19
2.2.2. Enfermedades del tomate.....	20
<b>2.3. Controladores biológicos usados para el control de plagas.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4. Trampeo de plagas.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5. Híbridos y variedades de tomate. ....</b>	<b>25</b>
<b>2.6. Costos de producción. ....</b>	<b>28</b>
<b>III. OBJETIVOS.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1. Objetivo general:.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2. Objetivos específicos: .....</b>	<b>29</b>
<b>IV. HIPÓTESIS .....</b>	<b>30</b>
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1. Material experimental: .....</b>	<b>30</b>
<b>5.2. Método de manejo del experimento .....</b>	<b>31</b>
5.2.1. Siembra.....	31
5.2.2. Nutrición.....	32
5.2.3. Control fitosanitario.....	32
5.2.4. Manejo.....	34
<b>5.3. Métodos Estadísticos .....</b>	<b>34</b>
<b>5.4. Variables de respuesta.....</b>	<b>35</b>
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>6.1. Temperatura.....</b>	<b>36</b>
<b>6.2. Humedad Relativa. ....</b>	<b>38</b>
<b>6.3. Altura de plantas.....</b>	<b>40</b>
<b>6.4. Número de racimos. ....</b>	<b>41</b>
<b>6.5. Número de frutos cosechados por planta. ....</b>	<b>43</b>
<b>6.6. Kilogramos producidos por planta. ....</b>	<b>44</b>
<b>6.7. Frutos clasificados por calibre.....</b>	<b>47</b>
<b>6.8. Producción total.....</b>	<b>49</b>
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>55</b>
<b>X. ANEXOS.....</b>	<b>58</b>
<b>Anexo 1: Temperaturas mínimas y máximas registradas durante el experimento en los tratamientos y ambiente con fechas .....</b>	<b>58</b>
<b>Anexo 2: Análisis de la varianza de cada variable.....</b>	<b>58</b>
<b>Anexo 3: Costos del experimento .....</b>	<b>64</b>
<b>Anexo 4: Fotografías del experimento.....</b>	<b>65</b>
<b>Anexo 5: Grados de madurez del tomate .....</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Tipos de plásticos para tratamientos .....	31
<b>Tabla 2:</b> Plagas y enfermedades que se presentaron en el experimento y método de control.....	33
<b>Tabla 3:</b> Aleatorización de los tratamientos.....	34
<b>Tabla 4:</b> Peso de cada calibre de fruto .....	36
<b>Tabla 5:</b> Coeficiente de variación y desviaciones estándar de temperatura .....	37
<b>Tabla 6:</b> Coeficiente de variación y desviaciones estándar de humedad relativa.....	39
<b>Tabla 7:</b> Coeficiente de variación y desviaciones estándar de altura de plantas .....	41
<b>Tabla 8:</b> Coeficiente de variación y desviaciones estándar de número de racimos.....	42
<b>Tabla 9:</b> Coeficiente de variación y desviaciones estándar de número de frutos cosechados.....	43
<b>Tabla 10:</b> ANOVA de kilogramos producidos por planta .....	44
<b>Tabla 11:</b> Coeficiente de variación y desviaciones estándar de kilogramos cosechados por planta.....	45
<b>Tabla 12:</b> Promedio de frutos producidos por calibre en cada tratamiento .....	47
<b>Tabla 13:</b> Coeficiente de variación y desviaciones estándar de cada calibre .....	48
<b>Tabla 14:</b> ANOVA producción total .....	49
<b>Tabla 15:</b> Coeficiente de variación y desviaciones estándar de producción total .....	50

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Promedios de temperatura registrados en el ciclo en los tratamientos y el ambiente .....	37
<b>Gráfico 2:</b> Humedad relativa registrada en el ciclo en tratamientos T1 y T2, y el ambiente .....	39
<b>Gráfico 3:</b> Promedio de altura de plantas .....	40
<b>Gráfico 4:</b> Número de racimos de flores y frutos por planta .....	42
<b>Gráfico 5:</b> Frutos cosechados por planta a lo largo del experimento.....	43
<b>Gráfico 6:</b> kg producidos por planta en el ciclo.....	45
<b>Gráfico 7:</b> Producción total en diez cosechas .....	50
<b>Gráfico 8:</b> Comparación de los rendimientos obtenidos y el promedio nacional .....	52

# I. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

## 1.1. Antecedentes:

La especie *Solanum lycopersicum* pertenece a la familia *Solanaceae* y es originaria de las costas de Ecuador y Perú, sin embargo fue en México en donde se domesticó. La conquista de América por parte de los españoles difundió este cultivo por el mundo (InfoAgro, 2010). Por otro lado, la producción bajo invernadero se utiliza para proteger al cultivo de condiciones climáticas extremas y brindar un ambiente óptimo para el desarrollo de las plantas. El cultivo bajo invernadero permite producir durante todo el año y obtener productos de mejor calidad que a campo abierto, puesto que se puede controlar el ambiente (Borja, 2012).

Los cultivos a campo abierto se encuentran expuestos a las variaciones del clima; en épocas de lluvia se dificulta la siembra debido a que los suelos se encuentran saturados de agua causando destrucción en las plantas y frutos, además que una alta humedad relativa facilita la propagación de plagas y enfermedades. El cultivo en campo abierto se encuentra sometido a un mayor número de factores ambientales, por esto, aumenta el riesgo del cultivo y obliga a realizar un manejo más minucioso para reducir las pérdidas. Adicionalmente, el cultivo a campo abierto recibe la totalidad de la radiación solar (Langlais, 2002).

En la sierra ecuatoriana, el cultivo de tomate de mesa se realiza bajo invernadero, puesto que es una especie que necesita una temperatura mínima de 18°C para tener una producción y desarrollo adecuado (INIAP, 2008). Cambios bruscos en temperatura

provocan efectos inmediatos en la planta alterando sus procesos biológicos; temperaturas de 12°C o menos provocan una disminución en la toma de nutrientes del suelo y detenimiento del crecimiento, mientras que temperaturas mayores a 32°C detienen la floración con la consecuente caída de la producción de frutos y también aumentan el consumo de agua y nutrientes de la planta aumentando los costos de producción (Borja, 2012).

Las mayores pérdidas en este cultivo se dan por plagas y enfermedades. En cuanto a las plagas que afectan al cultivo de tomate, las más importantes son: minador (*Tuta absoluta*), mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), trips (*Frankliniella occidentalis*), ácaros (*Tetranychus* sp.) y nemátodos (*Meloidogyne incognita*). Por otro lado, las enfermedades de este cultivo son “Botrytis” (*Botrytis cinerea*), Oidio (*Oidium* sp.), Lancha (*Phytophthora infestans*) y Mancha negra (*Erwinia* sp. y *Pseudomonas* sp.). El costo para controlar plagas y enfermedades puede llegar a alcanzar hasta el 20% del costo de producción (INIAP, 2008). Además de aumentar los costos de producción, el manejo de plagas y enfermedades con agroquímicos puede resultar perjudicial para la salud de los agricultores y de los consumidores.

Otro inconveniente del cultivo de tomate es la producción no uniforme de frutos, resultando diferentes calibres y diferente maduración lo cual perjudica al productor. La luminosidad y temperatura dentro del invernadero juega un papel fundamental para corregir estos problemas en la producción (Caldari, 2007).

## **1.2. Justificación:**

El cultivo de tomate de mesa en el Ecuador es de suma importancia. Es un producto de la canasta básica familiar y de gran valor para la agricultura del país. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el 2012, se produjeron 63,955 toneladas de tomate fresco en el Ecuador. Por otro lado, el Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (SINAGAP) afirma que en el Ecuador en el 2012 existían 3054 hectáreas sembradas de tomate de mesa. Con estos datos podemos obtener que el rendimiento promedio de tomate de mesa en el Ecuador es de 20 toneladas por hectárea y se encuentra muy por debajo del promedio de rendimiento de países vecinos (FAO, 2013). Las provincias más importantes en cuanto a producción de tomate de mesa son Santa Elena e Imbabura según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2013). En la sierra existe la necesidad de cultivar el tomate bajo invernadero por los requerimientos de temperatura.

Este producto tiene gran importancia en la sociedad ecuatoriana. El consumo per cápita de tomate de mesa en el Ecuador es de 5 kg por persona en el año 2013 y se espera que aumente debido a las nuevas tendencias de alimentación. Esta cifra es baja comparada con otros países sudamericanos; sin embargo el tomate es un alimento que forma parte de la canasta básica, siendo además, altamente vulnerable a fluctuaciones de precios. La industria agroalimentaria ha desarrollado una gran cantidad de productos hechos a base de tomate para lo que se necesita de materia prima abundante y de alta calidad. En cuanto a alimentos procesados de tomate, no se logra cubrir la demanda nacional, por lo que es necesario importar de países vecinos productos con valor agregado, lo que perjudica a la balanza comercial del Ecuador (SINAGAP, 2013).

Ante la importancia de este cultivo en la sierra, es necesario generar nuevos conocimientos y soluciones a los problemas que existen en la producción. En los últimos años se han desarrollado diferentes tipos de plásticos para cultivos protegidos con el fin de modificar el espectro de la luz solar unas veces filtrándola o también intensificándola. Son conocidos como plásticos fotoselectivos y al bloquear la radiación UV tienen la capacidad de alterar el comportamiento de insectos, puesto que existen especies que necesitan de radiación UV para orientarse y cumplir con sus funciones biológicas. Por otro lado, alterar el espectro solar dentro del invernadero también causa efectos sobre ciertas especies de hongos, ya que las esporas necesitan radiación UV para desarrollarse (Fernández et al., 2002).

En la actualidad, el control de plagas y enfermedades en cultivos protegidos enfrenta algunas dificultades debido al incremento de estos cultivos manejados de forma intensiva y al surgimiento de nuevas especies de patógenos más agresivas. A esto se le suma la disminución de la eficacia de algunos productos químicos debido a un mal manejo y abuso de los mismos. Teniendo en cuenta esta realidad, otros métodos que puedan contribuir al control de plagas, ya sean físicos o culturales serán muy útiles al momento de manejar los cultivos bajo invernadero. Las nuevas tecnologías que existen para los cultivos protegidos traen beneficios sobre el control de plagas. Se ha comprobado que la luz UV (UV-a y UV-b) es vital para insectos; al utilizar polietileno fotoselectivo como material de cubierta se afecta a la visión de los insectos y además se logra alterar sus hábitos alimenticios y reproductivos (Buenahora, Álvez, & Galván, 2003).

Los cultivos protegidos se presentan como una solución para controlar en algún porcentaje las adversidades de las condiciones climáticas actuales; permiten manejar la

temperatura, humedad relativa, controlar el viento, disminuir la erosión del suelo entre otros aspectos. Al implementar un cultivo protegido, también se restringe la radiación que reciben las plantas debido al material de cobertura, donde cambia la radiación UV, infrarroja y la radiación fotosintéticamente activa, que son las que mayor impacto tienen sobre las plantas, al beneficiar o perjudicar el cultivo si no son manejadas correctamente (Langlais, 2002).

La intensidad y calidad de la radiación son factores claves dentro de un invernadero debido a que modifican la temperatura interna y también la respuesta morfológica y fisiológica de las plantas (Samaniego et al., 2001). Los plásticos con aditivos para reducir las radiaciones del infrarrojo cercano (NIR), se caracterizan por reducir todo el espectro solar, incluyendo la radiación fotosintéticamente activa (PAR). El bloqueo de radiación NIR tiene como objetivo reducir la temperatura dentro de los invernaderos, puesto que la radiación infrarroja es un tipo de radiación térmica (Gulrez et al., 2013).

Existen en el mercado ecuatoriano diferentes tipos de plásticos para invernadero que filtran los rayos solares con el propósito de obtener diferentes efectos sobre los cultivos. De esta forma, cambios en la radiación de rayos ultravioleta (UV) e infrarrojo cercano (NIR) tienen efectos fisiológicos sobre las plantas cultivadas, las plagas y las enfermedades que comúnmente atacan al cultivo.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. *Invernaderos y cubiertas plásticas.*

Desde hace varias décadas existe la tendencia en los cultivos hortícolas de producir fuera de temporada, mediante el desarrollo de sistemas protectores que permiten controlar el ambiente. Las instalaciones que se utilizan en cultivos protegidos varían en la complejidad de la estructura dependiendo de cuánto control se quiere tener sobre el ambiente. Entre los tipos de cultivo protegido, el que más se destaca es el invernadero dado que es el único que permite cultivar totalmente fuera de temporada. Es por esto, que se han desarrollado nuevas tecnologías, especialmente relacionadas con los materiales de cubierta. El plástico presenta algunas ventajas como material de cubierta; es menos costoso frente a materiales como el vidrio y resulta más fácil de instalar. El material de recubrimiento tiene que, en la mayoría de los casos, favorecer la entrada de radiación solar incidente (desde el UV largo, hasta el infrarrojo cercano), y al mismo tiempo debe limitar la dispersión de energía térmica durante la noche (Alpi, 1999).

El objetivo más amplio de los cultivos protegidos es modificar el entorno natural mediante técnicas diversas para alcanzar la óptima productividad de los mismos, aumentando las producciones, mejorando la calidad, alargando períodos de recolección y extendiendo las áreas de producción. Otros objetivos del cultivo protegido son: reducir las necesidades de agua, proteger a los cultivos de bajas temperaturas, reducir daños de plagas y enfermedades, optimizar productividad y calidad mediante el control del clima, entre otros. Los invernaderos constituyen la forma de cultivo protegido más importante alrededor del mundo; dentro de ellos ocurre el fenómeno llamado efecto invernadero que es el resultado de la reducción de los intercambios de aire con la atmósfera, y el aumento

de temperatura debido a la cubierta, que es una pantalla poco transparente a los rayos infrarrojos largos que emite el suelo, la vegetación y todos los componentes internos expuestos a los rayos solares. Se han logrado desarrollar diferentes tipos de filmes plásticos con diferentes propósitos, destacándose los fotoselectivos. Un tipo de filme fotoselectivo es el antitérmico que filtra la radiación NIR del espectro solar, con lo que limita la entrada de energía al invernadero reduciendo la temperatura. Dentro de los filmes fotoselectivos también existen del tipo antiplagas que bloquean parte de la radiación UV para dificultar, ralentizar o disminuir el desarrollo de plagas y enfermedades causadas por hongos o virus transmitidos por insectos. El ejemplo más conocido es la reducción de “Botrytis” al bloquear la radiación en el rango de 300-400 nm y en insectos plaga como mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y trips (*Frankliniella occidentalis*) que necesitan radiación UV para sus órganos visuales; el bloqueo de esta radiación limita su movilidad y reduce su presencia (Castilla, 2007).

La inclusión de diferentes aditivos en los polímeros que conforman el plástico para invernadero, propician la selección de radiaciones de determinadas longitudes de onda, induciéndole al material final propiedades específicas. Los aditivos se incorporan en el proceso de fabricación del plástico a fin de aportar determinadas cualidades o mejorar las características existentes, sin afectar la estructura molecular del polímero. Los aditivos pueden llegar a alcanzar el 10% del peso final del producto y suelen estar conformados por elementos como el níquel o diversos compuestos orgánicos como derivados de benzofenona y estabilizadores de luz amina (HALS). Tanto la benzofenona como los estabilizadores HALS (Hindered Amine Light Stabilizers) absorben determinadas

longitudes de onda de la radiación UV y la disipan en forma de calor (López, Gálvez, Galindo, & Gonzalez, 2009).

Los plásticos que bloquean la radiación UV basan su modo de acción en el bloqueo de la transmisión ultravioleta que va desde los 290 a 380 nm al interior del invernadero teniendo efectos adversos para hongos e insectos. Existen hongos fotosensibles como *Botrytis cinerea* y *Fusarium oxysporum* que al no tener radiación UV no pueden reproducirse reduciendo las posibilidades de que se conviertan en un problema para el cultivo. Por otro lado, insectos como *Trialeurodes vaporariorum* y *Frankliniella occidentalis*, que además de ser plaga también son vectores de virus, tienen fotorreceptores sensibles al UV por lo que un ambiente oscurecido en esas longitudes de onda no les resulta atractivo, ocasionando que no entren al invernadero, o su movilidad se reduzca. Se ha visto que también hay efectos adversos sobre insectos polinizadores como abejas, sin embargo con un correcto manejo de las colmenas los efectos pueden ser evitados. También se puede tener control sobre la temperatura del invernadero bloqueando la radiación infrarroja cercana (NIR) evitando el sobrecalentamiento diurno, permitiendo así el cultivo en zonas tropicales o desérticas y/o o en épocas calurosas en otras zonas del planeta (Espí, 2012).

La temperatura óptima del tomate fluctúa entre los 20 y 30°C. El tomate es considerado un cultivo de clima cálido que tiene gran sensibilidad a heladas, pero también a temperaturas altas nocturnas, por lo que se recomienda lograr un ambiente templado, con noches frescas y humedad relativa alta. La temperatura y la luz son factores del medio ambiente que más inciden sobre el cultivo. Afectan al tamaño de la inflorescencia; una temperatura de 14°C aumenta la producción de flor, comparado con temperaturas de 25 a 30°C. Conociendo estos aspectos, se puede lograr una óptima producción de frutos por

planta utilizando y manejando adecuadamente el clima dentro del invernadero con la ayuda de nuevas tecnologías existentes (Santiago, Mendoza, & Borrego, 1998).

La productividad de tomate bajo invernadero depende de la interacción de factores ecofisiológicos sobre los cuales el productor ejerce un mayor o menor grado de control. Factores como densidad de plantación y podas son determinantes para la producción, y ambos son manejados en cada plantación de acuerdo al criterio del agricultor. La densidad de siembra es un factor determinante para interceptar la radiación solar y captar el agua y nutrientes para las plantas. Por otro lado, la poda de flores y frutos es una práctica recomendada con el fin de balancear el crecimiento vegetativo y generativo. Tras realizar estudios en el cultivo de tomate, tomando en cuenta estos dos factores, se ha encontrado que una densidad de siembra, para tener una productividad óptima, debe ser no mayor a 2.3 plantas/m<sup>2</sup> con podas de cinco frutos en los primeros cuatro racimos, y cuatro frutos en el resto de racimos (Bojacá, Luque, & Monsalve, 2009).

## **2.2. *Plagas y enfermedades del tomate.***

El cultivo de tomate durante su ciclo vegetativo es afectado por varios agentes nocivos entre los que se pueden señalar nematodos, hongos, bacterias, virus, insectos y ácaros todos ellos causantes de baja productividad y calidad del fruto. El cultivo bajo invernadero permite reducir la incidencia de insectos pero esta medida solo funciona de manera óptima durante la primera cosecha; después del tercer ciclo de cultivo, en condiciones de clima tropical, empiezan a aparecer organismos patógenos. El manejo integrado de plagas es una vía de control muy efectiva para asegurar los rendimientos por

tener en cuenta todas las interacciones posibles en estos sistemas de producción (Bernal, e.t. a.l., 2001).

Desde la mitad del siglo XX, el uso de plaguicidas sintéticos en los cultivos se popularizó e intensificó. Su éxito inicial acentuó la tendencia de confiar demasiado en su efectividad. Paralelamente se abandonaron las investigaciones sobre otras opciones de manejo de plagas, como prácticas culturales y el control biológico. Sin embargo, en las últimas décadas se ha producido una reevaluación del uso unilateral de compuestos químicos debido al incremento de pérdidas a causa de ataques de plagas y enfermedades. Esto muestra la pérdida de efectividad en el tiempo de los plaguicidas sintéticos por tres procesos biológicos: resistencia, resurgimiento de plagas primarias y brote de plagas secundarias. El Manejo Integrado de Plagas (MIP) surge en respuesta a la nueva problemática y se define como la selección y aplicación de prácticas de combate de plagas basadas en consecuencias predecibles de tipo económico, ecológico y sociológico. El MIP se fundamenta en: el agroecosistema, el control natural, el cultivo como enfoque central, biología de los organismos, efectos secundarios de la fitoprotección, y en el muestreo y uso de umbrales económicos (CATIE, 1990).

El Nivel de Daño Económico (NDE), y el Umbral Económico (UE) son dos factores muy importantes en el Manejo Integrado de Plagas. El NDE se define como la más baja densidad de población que causará daño económico; es una medida contra la cual se evalúa el estatus destructivo y el potencial de una población de plagas. En otras palabras, el NDE es la densidad poblacional de la plaga en la que el costo de su combate iguala al beneficio económico esperado del mismo. El UE difiere con el NDE en que es una regla práctica, y no teórica. El Umbral Económico es la densidad de población sobre la cual debe ser iniciada

una acción de control para impedir que una creciente población de plaga alcance un nivel de daño económico. El UE entonces, se encuentra a una densidad menor de la plaga que el NDE, lo cual da un margen de tiempo para que surtan efecto las medidas de control (Pedigo, 1996).

Según el INEC (2013), en el Ecuador se sembraron 1353 hectáreas de tomate riñón, de las cuales alrededor de un mil están ubicadas en la sierra (sobre todo en Imbabura, Cotopaxi y Chimborazo) y son cultivadas bajo invernadero. De estas un mil hectáreas se perdieron en ese año 27 hectáreas (el 2.7% del total); 8 por ataque de plagas y 19 por ataque de enfermedades. Además se pierde el 2.5% de la producción por mal manejo poscosecha y también por problemas de comercialización.

### **2.2.1. Plagas comunes del tomate.**

Las plagas que afectan al cultivo de tomate se presentan a temperaturas superiores a 25°C, presencia de malezas, cultivos cercanos de otras especies, mal manejo del cultivo y corrientes de aire que acarrean plagas voladoras. Las plagas más comunes del tomate en el Ecuador son (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1986), (Guzmán, 1991):

- Ácaros (*Tetranychus urticae*): el daño se manifiesta por un punteado en los bordes de la hoja y ésta toma color café hasta secarse.
- Barrenador (*Agrotis ipsilon*): la larva se alimenta de los tejidos internos de la planta, debilitándola y volviéndola de color amarillo. En la última etapa, el tallo se parte por efecto del peso del fruto.
- Áfidos: (*Aphididae*): la planta se recubre de una sustancia de color oscuro que produce un hongo.

- Minador de la hoja (*Tuta absoluta*): ataca a la planta en la noche. Penetran en la hoja y se alimentan del parénquima provocando cavidades.
- Cogollero del tabaco (*Heliothis zea*): son mariposas que atacan a las flores y al cogollo.
- Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*): insecto que en edad adulta vive en el reverso de la hoja provocando un debilitamiento de la planta.
- Gusano del fruto (*Spodoptera frugiperda*): en estado de larvas se alimenta de las hojas, luego pasan por el pedúnculo hacia el fruto y lo penetra destruyendo su interior.
- Trips (*Frankliniella occidentalis*): se encargan de transmitir virus como el virus del bronceado (TSWV), y el virus del mosaico del tomate (ToMV).
- Ácaro del bronceado del tomate (*Acaloups lycopersici*): se desarrollan en climas cálidos y baja humedad relativa. Inician el daño en la parte inferior de la planta. Las hojas presentan un aspecto bronceado y acaban por secarse.

Según este mismo autor el manejo de estas plagas se hace a través de control químico, controladores biológicos y con labores culturales que inhiben el desarrollo de insectos durante el cultivo.

### **2.2.2. Enfermedades del tomate.**

Las enfermedades que atacan al cultivo de tomate pueden ser causadas por hongos, bacterias y virus. Usualmente se deben a altas temperaturas (más de 25°C), humedad relativa superior a 80%, alta densidad de plantas (mayor a 3.7 plantas por metro cuadrado), persistencia de agua libre sobre los tejidos, uso de materiales o equipo

contaminado, entre otras. Entre las enfermedades más importantes causadas por hongos se encuentran (Velasco, Nieto, & Navarro, 2011):

- Tizón tardío (*Phytophthora infestans*): es la enfermedad más peligrosa de este cultivo, se da en climas fríos y húmedos. Puede ocasionar la pérdida total del cultivo. Causa lesiones de forma irregular, hundidas y de color verdoso, y ataca a todas las partes de la planta.
- Tizón temprano (*Alternaria solani*): esta enfermedad se desarrolla cuando se tienen períodos de alta humedad relativa (superior al 70%) durante la noche, seguidos de períodos secos durante el día. Aparecen en las hojas manchas circulares de color café y negro. En el fruto causan lesiones hundidas y oscuras. Debilitan el tallo llegando a hacer que se rompa.
- Moho gris (*Botrytis cinerea*): se presenta cuando existe humedad relativa superior al 90% en etapas avanzadas de desarrollo del cultivo en plantas que reciben poca radiación solar. Ataca principalmente a las flores, secándolas y esparciéndose por los frutos y el tallo donde causa manchas de color gris y consistencia aterciopelada.
- Fulvia (*Cladosporium fulvum*): Afecta a las hojas cuando existe una humedad mayor al 70%. Causa manchas de color verde en el haz de las hojas, y grises pálidas en el envés.
- Damping off o ahogamiento del tallo (*Phytophthora, Pythium, Fusarium y Rhizoctonia* spp.): ataca a las semillas y a las plántulas emergentes, se da por condiciones de alta humedad y mal drenaje del sustrato, temperaturas del sustrato de 12 a 17°C, sustratos pesados, poca ventilación, pH mayor a 7, materia orgánica en exceso y alta

densidad de plantas. Causa problemas de germinación y mortalidad de plántulas en los semilleros.

También atacan al cultivo enfermedades causadas por bacterias difíciles de controlar por lo que se recomienda eliminar las plantas con síntomas de infección bacteriana.

Algunas de estas enfermedades son:

- Necrosis de la médula (*Pseudomonas corrugata*): se desarrolla con humedad relativa superior al 80% y agua de condensación en la superficie de la hoja a 18-24°C. Causa clorosis en hojas jóvenes, luego avanza y afecta a toda la mitad superior de la planta que se marchita.
- Mancha bacteriana: (*Xanthomonas campestris*): se desarrolla a temperaturas de 25°C y humedad relativa mayor a 80%. Presenta síntomas como manchas oscuras con bordes bien definidos en las hojas.

En este cultivo también tienen gran importancia las enfermedades causadas por virus, puesto que causan daños importantes, su control es difícil y en poco tiempo puede llegar a perderse toda la plantación. Estas enfermedades se deben a la presencia de insectos vectores como mosca blanca, trips y pulgones, cultivos cercanos de alfalfa, pimiento, pepino y papa, presencia de malezas y condiciones en general que favorezcan a la proliferación de vectores. Los virus en el cultivo de tomate son:

- Virus del mosaico del pepino (CMV)
- Virus Y de la papa (PVY)
- Virus del mosaico de la alfalfa (AMV)
- Virus del mosaico del tabaco (TMV)

- Virus de las hojas amarillas en cuchara del tomate (TYLCV)

Asimismo, Velasco e.t. a.l. (2012) indica que el control adecuado de enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus se lo hace comúnmente con compuestos químicos del tipo protector, curativo o sistémico. En el caso de enfermedades causadas por bacterias y virus, es difícil controlarlas y es más común utilizar métodos preventivos, o eliminar plantas contagiadas.

### **2.3. Controladores biológicos usados para el control de plagas.**

El uso de biocontroladores ha tomado importancia en los últimos años, pese a que existen investigaciones en este campo que datan de 1930, debido al interés que existe de tener una agricultura sostenible en el tiempo. El hongo *Trichoderma harzianum* es muy utilizado para enfermedades del suelo. Esta especie se caracteriza por producir metabolitos que inhiben el crecimiento de otros hongos, además de tener un alto nivel de competencia por sustrato y parasitismo. Este hongo es aplicado en el sustrato de los semilleros para prevenir el damping off, que consiste en el amarillamiento y lesiones en las hojas inferiores y en los hipocótilos de las plantas. Cuando la enfermedad avanza se toma las hojas de ramas superiores y la planta se quiebra por la base del tallo. Así, el hongo *Trichoderma harzianum* previene la mortandad de plántulas e incrementa el porcentaje de germinación de semillas al ser aplicado en el sustrato de siembra (Reyes, et al., 2002).

El género *Trichoderma* posee buenas cualidades para el control de enfermedades causadas por hongos del suelo tales como *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Pythium* y *Fusarium* entre otros. Las especies de *Trichoderma* actúan como hiperparásitos competitivos que producen metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas a los que se les

atribuyen cambios estructurales a nivel celular como vacuolización, granulación, desintegración del citoplasma y lisis celular en los organismos con los que interactúa (Ezziyani, Pérez, Ahmed, Requena, & Candela, 2004).

#### **2.4. *Trampeo de plagas.***

Para controlar eficientemente las plagas, es necesario llevar a cabo un manejo integrado complementando diferentes métodos de control para reducir el impacto ambiental permitiendo tener una producción rentable y sostenible en el tiempo. Un método físico de manejo integrado de áfidos es el trampeo. Los insectos adultos se sienten atraídos por el color amarillo o naranja; las trampas para esta plaga consisten de rectángulos amarillos colocados al menos a 1 metro de altura del suelo y 50 centímetros sobre el cultivo. En cada trampa se coloca una bolsa transparente con pegamento en el exterior para atrapar a los insectos. El pegamento se aplica una vez por semana, cuando se cubra de polvo la trampa o cuando sea necesario. En estas trampas también suelen caer insectos como mosca blanca, trips, minador de la hoja, y fauna benéfica. Las trampas deben colocarse dentro del invernadero y alrededor del mismo con una separación de 25 metros entre ellas (INIFAP, 2003).

Prácticas como el trampeo, son consideradas técnicas de control de plagas respetuosas con el medio ambiente, pero que exigen un correcto diseño y distribución en campo. El uso de feromonas en el trampeo es una práctica común para obtener una mayor efectividad en los cultivos. De esta forma, las feromonas son usadas para causar confusión sexual en insectos y poder atraparlos. También se debe tener en cuenta que existen variaciones de captura debidas a factores ambientales como: temperatura, lluvia, viento y

otros, teniendo un efecto directo sobre la efectividad de esta práctica. Es por esto que el trampeo es parte de un conjunto de prácticas de manejo de plagas que se implementan en cultivos protegidos (Moral, et al., 2004).

Las trampas cromotrópicas amarillas o azules, impregnadas de feromonas y pegamento deben ser colocadas en los invernaderos (cerca de las puertas y laterales) de preferencia dos semanas antes de iniciar el cultivo. Debe colocarse una trampa por cada 400m<sup>2</sup> alrededor de toda la parcela reforzando los bordes con otros cultivos y a una altura próxima al suelo (Santos, 2010).

### **2.5. *Híbridos y variedades de tomate.***

Las variedades de tomate se diferencian principalmente por el uso: consumo fresco e industria. Generalmente existen cuatro tipos de tomate: milano, chonto, cherry e industrial. Los tomates del tipo milano son los que se consumen en fresco y se caracterizan por ser frutos achatados con un peso de alrededor de 300 gramos. Los del tipo chonto son de forma ovalada y se utilizan para consumirse en fresco y también para la preparación de platos de especialidad. Estos tomates son más pequeños que los del tipo milano y su peso está alrededor de los 100 gramos. Los tomates cherry se caracterizan por ser pequeños con un diámetro entre 1 y 3 centímetros y de colores variables (rojo, amarillo, anaranjado). Finalmente los tomates industriales poseen mayor cantidad de sólidos solubles, facilitando su procesamiento. Son de varias formas y tienen color rojo intenso. En los últimos años ha surgido una tendencia a utilizar híbridos de larga vida en poscosecha y con resistencia a distintos problemas fitosanitarios; también presentan mejor adaptación a diferentes zonas climáticas y alta producción (Jaramillo, Rodríguez, Guzmán, & Zapata, 2006).

La heterosis o vigor híbrido es muy importante en el cultivo de tomate. La heterosis se manifiesta en el tomate con plantas más vigorosas, crecimiento y desarrollo más rápido, maduración más temprana, mayor productividad, y mayores niveles de resistencia a factores bióticos y abióticos. De esta forma, los recursos genéticos vegetales son determinantes para la obtención de nuevos individuos con características mejoradas (Gul, Rahman, Hussain, Mehar, & Ghafoor, 2010). Las ventajas de usar híbridos son evidentes; en estudios comparativos entre híbridos y variedades se ha encontrado que los híbridos superan en variables tales como: altura de planta, número de flores por inflorescencia, número de frutos por racimo, peso del fruto, peso del racimo, número de lóculos del fruto, entre otros. Muchas veces los híbridos de tomate manejados adecuadamente tienen el doble de rendimiento que una variedad (Hernández, Carrillo, Villegas, Chávez, & Vera, 2011).

Los híbridos se caracterizan por tener resistencia a varios patógenos del cultivo de tomate. Esta resistencia es de tipo genética y se ha obtenido por selección de individuos desde los inicios de la agricultura. En tomate, el uso de la genética de la planta para defenderse de patógenos es determinante. Las resistencias en este cultivo suelen ser del tipo monogénicas dominantes procedentes de especies silvestres afines a la especie cultivada. Las especies silvestres *Solanum pimpinellifolium* y *Solanum peruvianum* han sido las que más genes de resistencia ha aportado a este cultivo. Los métodos utilizados para esta transferencia de genes son la hibridación y extracción de los embriones para ser cultivados *in vitro* puesto que en estos cruces los frutos abortan la semilla antes de la maduración. Otra forma de obtener híbridos es polinizar el tomate con una mezcla de polen del tomate y la especie silvestre. La especie *Solanum hirtum* también ha sido muy

importante para obtener híbridos resistentes a enfermedades. Se lo ha utilizado como progenitor macho de híbridos que se utilizan como protainjertos de tomate y berenjena. Además esta especie silvestre también aporta con vigor en planta y resistencia dominante a patógenos del suelo (Blancard D. , 2011).

En cuanto al rendimiento, muchos estudios comparativos entre variedades e híbridos se han realizado alrededor del mundo. En la mayoría de los casos, los híbridos han superado a las variedades no solo en rendimiento por planta, sino también en variables como número de frutos, días en cosecha y grados brix, aunque también existen variedades con cualidades similares a las de los híbridos. En términos generales, los híbridos tienen el doble de: rendimiento (kilogramos de fruto por planta), número de frutos y peso de los frutos que las variedades, y alcanzan mayor número de días en cosecha (Santiago, Mendoza, & Borrego, 1998).

En el Ecuador se comercializan semillas de un sinnúmero de híbridos. Uno de los más adaptados a las condiciones de suelo y clima de la sierra es el híbrido Syta. Este híbrido se caracteriza por ser una planta robusta, de crecimiento indeterminado que produce frutos de alrededor de 200 gramos de peso del tipo larga vida. Este híbrido tiene resistencia a enfermedades como el virus del mosaico del tomate (ToMV), *Verticilium* (V), *Fusarium* (*Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*; Fol razas 1 y 2), *Cladosporium* (*Fulva fulvia*, Ff: A, B, C, D, E), y nematodos (*Meloidogyne*) (Guanoluisa, 2014).

## **2.6. Costos de producción.**

Debido a las necesidades ambientales del tomate, en la sierra ecuatoriana es necesario cultivar este producto bajo invernadero, lo que determina su costo de producción. Dependiendo del material utilizado para la estructura del invernadero (madera o metálico), el costo de producción de tomate por hectárea por año varía entre \$35.000 y \$42.000. La depreciación del invernadero representa el 18% del costo anual para los invernaderos de madera, el 35% para los invernaderos metálicos. La densidad de siembra de 4 plantas/m<sup>2</sup> permite obtener un rendimiento promedio de 100 toneladas por hectárea al año (INIAP, 2008).

A campo abierto, se debe tomar en cuenta la fecha de siembra, cuando las condiciones del clima sean óptimas para el desarrollo del cultivo, usualmente se siembra entre mayo y septiembre en la costa ecuatoriana. Se utiliza una densidad de siembra de 2.5 a 3 plantas/m<sup>2</sup> y se obtiene un rendimiento promedio de 55 toneladas por hectárea; el rendimiento óptimo de un cultivo manejado adecuadamente bajo estas condiciones debería ser de alrededor de 70 toneladas por hectárea, sin embargo las pérdidas ascienden al 20% del total debido al ataque de plagas y enfermedades. En cuanto a infraestructura para el cultivo, solamente es necesaria para el tutorado de las plantas, por lo que se reduce de forma importante el costo de producción al no tener que instalar una cubierta plástica. El costo de producción por hectárea a campo abierto bordea los \$20.000. En el mercado nacional, el tomate producido a campo abierto tiene un precio menor (alrededor de 10%) frente al tomate producido en invernadero debido a la calidad (Andrade, Roldán, & Villanueva, 2000).

El éxito del negocio de la producción de tomate está en asumir que dicha producción debe realizarse no como la búsqueda de un precio de oportunidad en época de escasez, sino como un negocio que va más allá de demandas estacionales o cíclicas. Una buena comercialización depende de haber elegido la variedad demandada por el cliente (consumo fresco o industrial). Esto se logra haciendo un estudio de mercado previo para conocer las exigencias y tendencias de los consumidores. Por otro lado, para que el negocio sea rentable también se debe asegurar un buen rendimiento, tener un programa de producción debido a que la continuidad de abastecimiento a los clientes garantiza permanencia en el mercado. Finalmente, la comercialización del tomate se maneja de acuerdo a la producción que se obtenga y a la calidad de la misma (Paredes, 2009).

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. *Objetivo general:***

- Evaluar el efecto de distintos tipos de plásticos sobre el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero.

#### **3.2. *Objetivos específicos:***

- Estimar la temperatura y humedad relativa de cada tratamiento y del ambiente exterior.

- Evaluar el crecimiento de las plantas frente a cambios en la radiación ultravioleta e infrarroja en el cultivo de tomate.
- Estimar la producción por planta de tomate fresco en los tratamientos con diferentes tipos de plásticos
- Determinar la calidad de tomate fresco por calibre por tratamiento.

## IV. HIPÓTESIS

Los cambios en la radiación UV y NIR dentro de los invernaderos debido a las coberturas tendrán efectos sobre la temperatura, humedad relativa, desarrollo de las plantas y rendimiento del cultivo de tomate.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. *Material experimental:*

Se sembraron las semillas de tomate híbrido Syta F1 larga vida de crecimiento indeterminado, apto para campo abierto o invernadero. Resistencia a Virus del Mosaico del Tabaco, *Verticilium* y *Fusarium* razas 1 y 2, nematodos y *Cladosporium* 3 (Clause Seeds, 2015).

Se utilizaron tres invernaderos, de 80m<sup>2</sup> cada uno con un diferente plástico de cubierta:

**Tabla 1: Tipos de plásticos para tratamientos**

<b>Denominación del plástico</b>	<b>% Bloqueo UV</b>	<b>% Bloqueo NIR</b>	<b>Calibre (milésimas de pulgada)</b>
<b>Tipo 1 (T1)</b>	100% (200-380nm)	44%	7
<b>Tipo 2 (T2)</b>	100% (200-360nm)	49%	7
<b>Tipo 3 (T3)</b>	46% (200-380nm)	15%	4

Se utilizaron también, cuatro registradores de temperatura y humedad; tres para registrar la temperatura y humedad relativa dentro de cada invernadero y uno para registrar la temperatura y humedad relativa del ambiente.

## **5.2. Método de manejo del experimento**

### **5.2.1. Siembra.**

Se sembró la semilla del híbrido Syta en bandejas con turba esterilizada. 21 días después de la siembra (DDS), se pasaron las plántulas a vasos plásticos con tierra esterilizada donde se mantuvieron durante cuatro semanas. En este período de tiempo, se inoculó con el hongo *Trichoderma harzianum*:  $1 \times 10^9$  UFC por mililitro de producto, disueltos en agua y colocados en una dosis semanal de 2.5 mililitros de solución por planta. A los 42 DDS, se trasplantó a los túneles con una densidad de 2.5 plantas/m<sup>2</sup>. Alrededor del

tallo se puso una mezcla de Dipel (*Bacillus thuringiensis*) con afrecho y melaza para evitar daño debido al gusano trozador del tallo (*Agrotis ipsilon*).

### **5.2.2. Nutrición.**

Antes del trasplante, el suelo fue abonado con estiércol de codorniz. Posteriormente se fertilizó con Sulpomag a una dosis de 20 gramos por planta. Se hicieron aplicaciones quincenales al suelo de té de compost compuesto (0,5kg de compost por litro de agua), mezclado con el producto *Duoplus* (5mL por litro de agua) que se caracteriza por ser promotor radicular y controlar nematodos; está compuesto por *Trichoderma harzianum* ( $1 \times 10^9$  UFC), *Paecilomyces lilacinus* ( $1 \times 10^9$  UFC), y ácidos húmicos (50 g/L). Además de una aplicación de carbonato de calcio en una dosis de 100 gramos por planta al inicio de la cosecha debido a que los híbridos de tomate larga vida demandan altas cantidades de calcio para formar pectina.

### **5.2.3. Control fitosanitario.**

El manejo de plagas y enfermedades se realizó bajo un enfoque de agricultura limpia y utilizando el umbral económico. El control de cada plaga y enfermedad que se presentó durante el experimento se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 2: Plagas y enfermedades que se presentaron en el experimento y método de control**

Nombre común	Nombre científico	Control
Mosca blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Neem X: 2mL/L cada 15 días.
Minador y otros lepidópteros	<i>Tuta absoluta</i>	Dipel, New Bt ( <i>Bacillus thuringiensis</i> ): 2 g/L cada 15 días.
Pulguilla saltona	<i>Epitrix</i> sp.	Aspiradora mecánica
Mancha negra	<i>Erwinia</i> sp.	Aplicaciones semanales rotando los siguientes bactericidas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phyton<sup>1</sup> (Sulfato de cobre pentahidratado): 2mL/L</li> <li>• <i>Bacillus subtilis</i>(1x10<sup>9</sup> UFC):10mL/L</li> <li>• Kocide: 1.5g/L</li> <li>• Kasumin<sup>2</sup>: 1.8mL/L</li> </ul>
Prevención de Fusarium y Nemátodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fusarium</i> sp.</li> <li>• <i>Pratilenchussp.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duoplus: (<i>Trichoderma harzianum</i> 1x10<sup>9</sup> UFC + <i>Paecilomyces lilacinus</i> 1X10<sup>9</sup> UFC + Ácidos húmicos 50 g/L) : 5mL/L</li> </ul>
Roya	<i>Puccinia pitieriana</i>	Phyton <sup>1</sup> : 2mL/L. Aplicaciones semanales durante tres semanas hasta que cesó la enfermedad.
Fulvia	<i>Cladosporium fulvum</i>	Phyton <sup>1</sup> : 2mL/L

<sup>1</sup> La aplicación de sulfato de cobre pentahidratado se suspendió completamente una semana antes de iniciar la cosecha.

<sup>2</sup> La aplicación de Kasumin se realizó una sola vez durante todo el ciclo solamente a tallos afectados y tres semanas antes de iniciar la cosecha.

#### 5.2.4. Manejo.

Se realizaron podas de chupones y hojas bajas cada 10 días y deshieras cada 15 días. La cosecha de los frutos comenzó a los 140 DDS y se evaluó durante 10 cosechas, una por semana.

### 5.3. Métodos Estadísticos

- **Diseño Experimental: Bloques completos al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones**

Para realizar el diseño estadístico, cada invernadero representó un tratamiento, variando el tipo de plástico. Los tratamientos fueron:

**Tabla 3: Aleatorización de los tratamientos.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Número de invernadero</b>
<b>T1</b>	2
<b>T2</b>	3
<b>T3</b>	1

Dentro de cada invernadero se sembraron dos hileras de 200 plantas, cada hilera se dividió en dos partes iguales para de esta forma tener cuatro repeticiones dentro de cada túnel (50 plantas por repetición). De las 200 plantas, se escogió el 20% de plantas al azar para medir las variables de producción y calibre de frutos, altura de plantas y número de racimos por planta. Para medir las variables de temperatura y humedad relativa se utilizaron los registradores de temperatura y humedad, programados para registrar datos

cada media hora y se calcularon promedios de temperatura de cada 21 días que representan cada repetición.

Para el análisis estadístico se realizó análisis de la varianza (ANOVA) y para la prueba de separación de medias se utilizó la prueba de Tukey en un nivel de significancia de 5%.

#### **5.4. Variables de respuesta**

- **Temperatura (°C) y humedad relativa (%)**

Se utilizaron dispositivos electrónicos (registradores de temperatura y humedad) dentro de cada invernadero para registrar estas variables y uno en el exterior para comparar con la temperatura ambiente. Estas mediciones se registraron cada media hora y se sacaron promedios de cada 21 días.

- **Altura de plantas**

Se midió la altura en metros de cada planta que formaba parte de la muestra estadística cada 15 días.

- **Número de racimos**

Se contó el número de racimos por planta, ya sean racimos con frutos o con flores.

- **Número de frutos cosechados por planta**

Se contaron los frutos cosechados semanalmente por cada planta marcada.

- **Producción por planta (kg)**

Se pesó en una balanza la producción por planta en cada tratamiento de las plantas seleccionadas previamente.

- **Calidad de frutos por calibre por tratamiento**

Se clasificó y cuantificó la producción por cada calibre (Extra grande, Primera, Segunda, Tercera, Cuarta) por tratamiento de las plantas escogidas. Los calibres y sus pesos se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 4: Peso de cada calibre de fruto**

<b>Calibre</b>	<b>Peso</b>
Extra grande	>200 gramos
Primera	180-199 gramos
Segunda	160-179 gramos
Tercera	145-159 gramos
Cuarta	<144 gramos

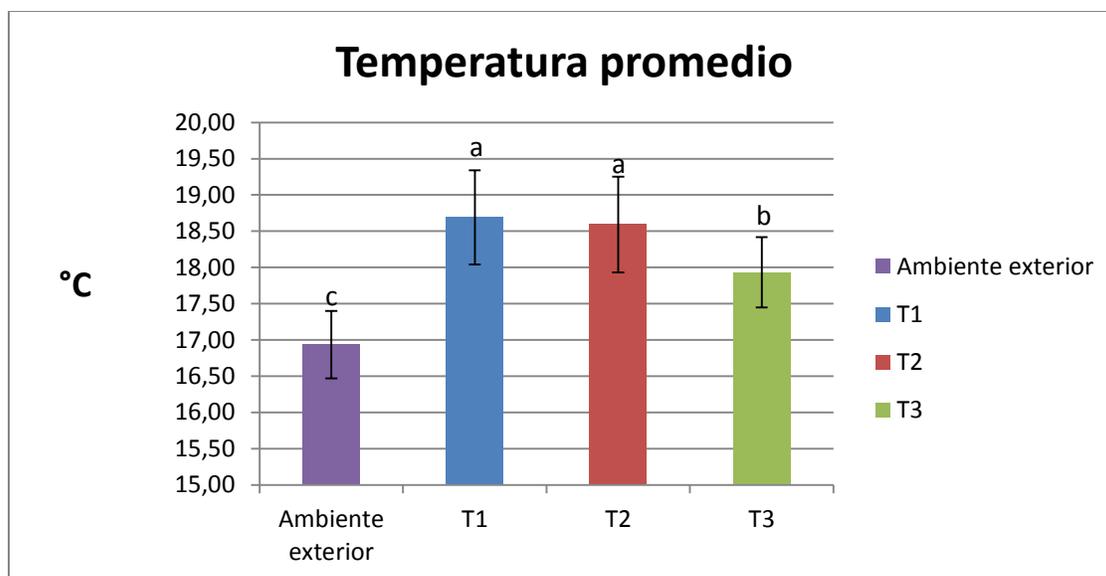
- **Producción total**

Se sumó el total de kilogramos cosechados en cada repetición de cada tratamiento.

## **VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1. *Temperatura.***

En esta variable, se registró la temperatura cada 30 minutos con la ayuda de equipos electrónicos ubicados dentro de los túneles y uno en el exterior. Posteriormente se obtuvieron promedios de temperatura de cada 21 días, los mismos que se presentan en el gráfico 1:



**Gráfico 1: Promedios de temperatura registrados en el ciclo en los tratamientos y el ambiente**

**Tabla 5: Coeficiente de variación y desviaciones estándar de temperatura**

<b>CV</b>	1,53%
<b>Sy</b>	0,14
<b>Sd</b>	0,20

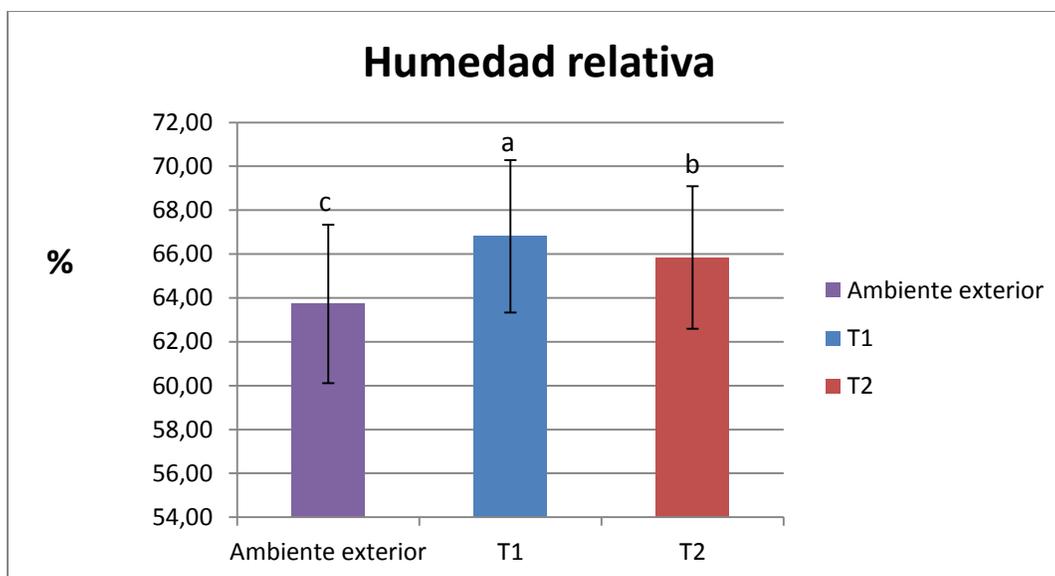
Existe diferencia entre tratamientos en la temperatura promedio registrada. Estadísticamente los tratamientos T1 y T2 son iguales cada uno con promedios de 18,69°C y 18,59°C respectivamente. El tratamiento con T3 alcanzó un promedio de temperatura de 17,93°C, mientras que el ambiente registró una temperatura promedio de 16,93°C. La temperatura óptima para el cultivo de tomate se encuentra entre 21°C y 26°C. Pese a esto, las plantas se ven afectadas cuando existen temperaturas menores a 15°C ya que se detiene la floración, y superiores a 35°C en que disminuye la actividad fotosintética (Velasco et al., 2011). Los resultados de este experimento muestran temperaturas

promedio que si bien no se encuentran en el rango óptimo, tampoco están en los extremos inferiores o superiores donde causan impactos fisiológicos negativos a la planta.

Se observa claramente el efecto del plástico sobre la temperatura promedio. En este caso, la temperatura depende del porcentaje de bloqueo de radiación NIR, que es la porción del espectro solar que se encarga de calentar el ambiente (Castilla, 2007). Si bien el plástico T3 es el que menor porcentaje de radiación NIR bloquea (15%) y por lo tanto es el que más debería calentar (Gulrez et al., 2013), también pierde energía fácilmente, consecuentemente muestra un promedio general más bajo (Alpi, 1999). Contrario a esto, las coberturas T1 y T2 mantienen la temperatura, sobretodo en la noche, y debido a esto tienen un promedio más alto. El análisis estadístico muestra que no hay diferencia sobre la temperatura entre T1 y T2, por lo tanto un bloqueo de 44% y 49% respectivamente de la radiación NIR arroja resultados similares sobre la temperatura.

## **6.2. Humedad Relativa.**

La humedad relativa se registró de igual forma que la temperatura. No se realizó una medición de humedad en el tratamiento con T3 debido a falta de disponibilidad de aparatos con esta característica. Tras realizar el análisis de la varianza y la prueba de separación de medias, se observa diferencia estadística entre los tratamientos y el ambiente exterior. Los resultados de humedad relativa, expresados en porcentaje, de T1, T2 y el ambiente fueron 66,81%, 65,84% y 63,73% respectivamente.



**Gráfico 2: Humedad relativa registrada en el ciclo en tratamientos T1 y T2, y el ambiente**

**Tabla 6: Coeficiente de variación y desviaciones estándar de humedad relativa**

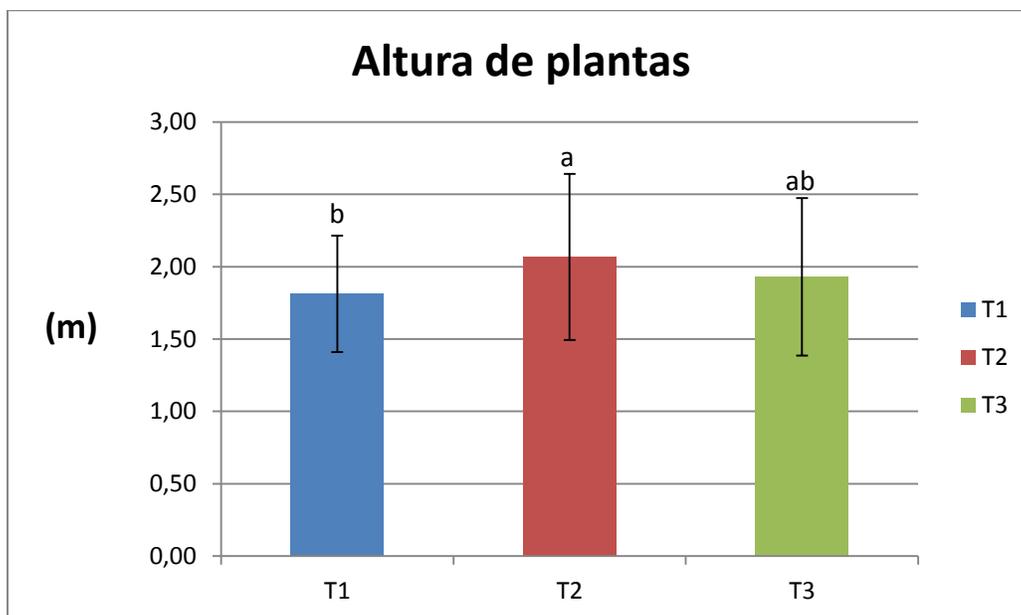
<b>CV</b>	0,67%
<b>Sy</b>	0,22
<b>Sd</b>	0,31

Las cubiertas T1 y T2 ayudan a mantener una humedad relativa superior que la del ambiente y así lograr condiciones favorables en este caso para el cultivo de tomate. No se observa una relación entre el porcentaje de bloqueo NIR y la humedad relativa puesto que T1 bloquea 44% de radiación NIR y alcanza mayor humedad relativa (66,81%), mientras que T2 bloquea 49% de radiación NIR y obtiene 65,84% y finalmente el ambiente, sin ningún bloqueo, registra una humedad promedio de 63,73%, es decir, la humedad relativa más baja.

La humedad relativa óptima en el cultivo de tomate se ubica entre 50 y 60 %. A esta humedad se favorece la polinización de las flores. Porcentajes de humedad relativa superiores a 70% hacen que se hinchen las anteras y el polen no pueda liberarse, causando caída de la flor. Además, porcentajes superiores al 80% favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas como *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani* y *Botrytis cinerea* (Velasco, Nieto, & Navarro, 2011). En los tratamientos la humedad relativa se ubicó alrededor del 60% siendo favorable para la polinización y también para que no aparezcan enfermedades como las descritas anteriormente.

### 6.3. *Altura de plantas.*

Se hicieron mediciones quincenales de la altura de las plantas por cada tratamiento. Se obtuvieron los siguientes resultados:



**Gráfico 3: Promedio de altura de plantas**

**Tabla 7: Coeficiente de variación y desviaciones estándar de altura de plantas**

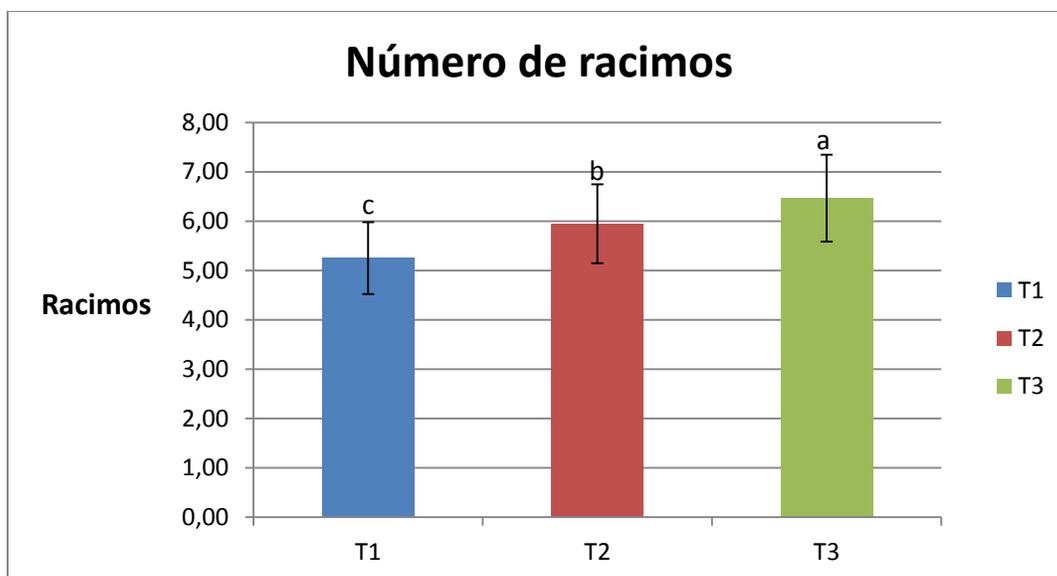
<b>CV</b>	4,88%
<b>Sy</b>	0,05
<b>Sd</b>	0,07

En esta variable se observa que el tratamiento con plantas más altas es T2 (2,07 m), sin embargo es estadísticamente igual a la altura de T3 (1,93 m). T3 es a su vez, estadísticamente igual a la altura de T1 (1,81 m). Así, solamente son estadísticamente diferentes T1 y T2.

Al ser la cubierta T2 la única que bloquea al 100% la radiación UV en los rangos de 200-360nm y la que bloquea la radiación NIR en mayor porcentaje (49%), se puede encontrar una relación entre estas radiaciones y la altura de la planta. T2 y T3, que bloquean en menor cantidad la radiación NIR (44% y 15% respectivamente) y entre 200-380nm la radiación UV mostraron plantas más bajas.

#### **6.4. Número de racimos.**

Se contabilizaron los racimos de cada planta, ya sean racimos con flores o con frutos. Se muestran los resultados del promedio de racimos por cada planta:



**Gráfico 4: Número de racimos de flores y frutos por planta**

**Tabla 8: Coeficiente de variación y desviaciones estándar de número de racimos**

<b>CV</b>	2,69%
<b>Sy</b>	0,08
<b>Sd</b>	0,11

Existe diferencia estadística entre todos los tratamientos. El tratamiento con T3 es el que más racimos por planta tiene con 6,47 racimos, luego está T2 con 5,95 y el tratamiento con menor número de racimos por planta es T1 con 5,25 racimos por planta.

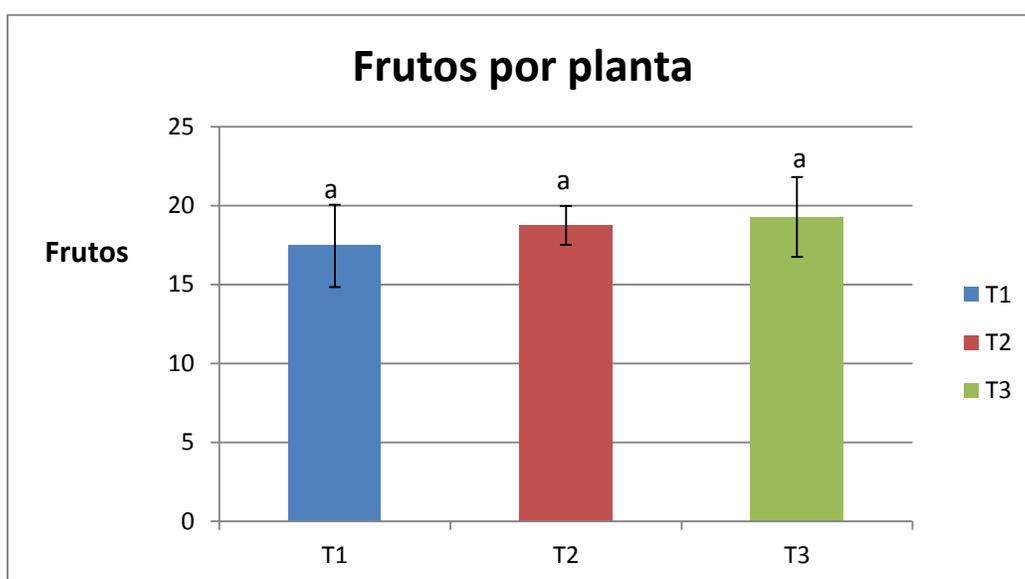
En esta variable, relacionada directamente con el rendimiento del cultivo, se observa que a menor bloqueo de radiación UV y NIR, existe un mayor número de racimos y así lo demuestra el tratamiento T3.

Con respecto a la relación que se intentaba encontrar entre la variable de altura de planta y el número de racimos, se observa una relación directa entre ambas.

Estadísticamente T2 y T3 fueron similares en altura de plantas y obtuvieron los promedios más altos en esta variable, con esto T3 logró el mayor número de racimos, mientras que T1 fue la cubierta con plantas de menor altura y también menor número de racimos.

### 6.5. *Número de frutos cosechados por planta.*

Se contaron los frutos que se cosecharon por planta y se realizó el respectivo análisis estadístico. Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente gráfico:



**Gráfico 5: Frutos cosechados por planta a lo largo del experimento**

**Tabla 9: Coeficiente de variación y desviaciones estándar de número de frutos cosechados**

<b>CV</b>	7,98%
<b>Sy</b>	0,74
<b>Sd</b>	1,04

No existió diferencia estadística en cuanto a número de frutos cosechados entre los tres tratamientos, es decir, todos los tratamientos produjeron similar número de frutos y

por lo tanto no se realiza prueba de separación de medias. Así, el tratamiento con el plástico T3 produjo en promedio 19,28 frutos por planta, el tratamiento con T2 produjo 18,75 frutos por planta y el tratamiento con T1 produjo 17,45 frutos por planta.

Se observa que los cambios en la radiación UV y NIR no tienen efecto sobre la producción de frutos, sin embargo sí se encontraron diferencias en el tamaño de los frutos cosechados y esa diferencia se muestra en las variables referentes al rendimiento del cultivo.

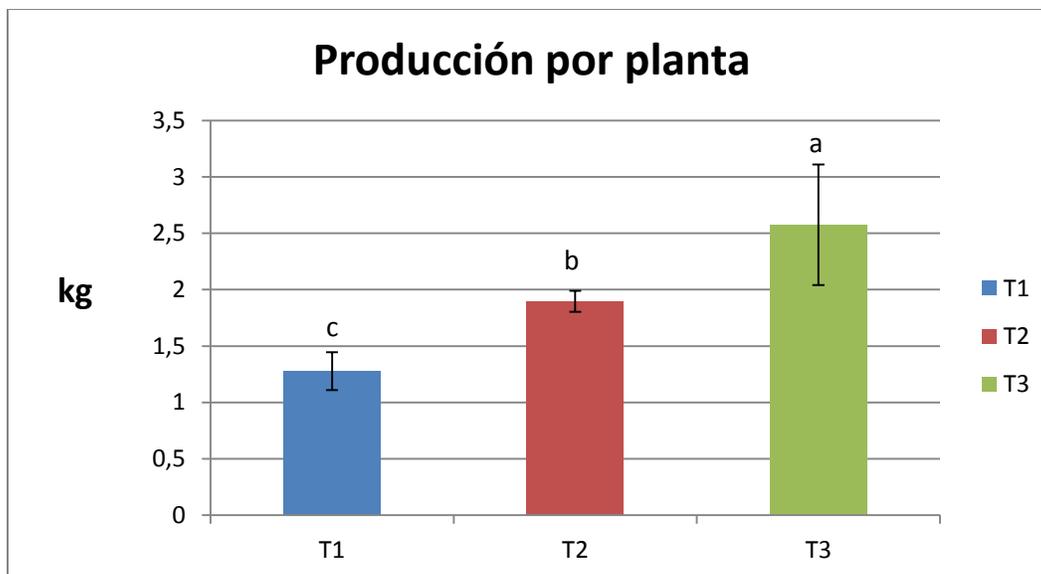
#### 6.6. *Producción por planta (kg).*

Se pesó semanalmente la producción de cada planta durante 10 cosechas. Los resultados del análisis estadístico se muestran a continuación:

**Tabla 10: ANOVA de kilogramos producidos por planta**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
<b>Total</b>	11	4,34			
<b>Bloques</b>	3	0,53	0,18	2,37 <sup>NS</sup>	4,76
<b>Tratamiento</b>	2	3,37	1,68	22,76*	5,14
<b>Error experimental</b>	6	0,44	0,07		

\* $p \leq 0,05$



**Gráfico 6: kg producidos por planta en el ciclo**

**Tabla 11: Coeficiente de variación y desviaciones estándar de kilogramos cosechados por planta**

<b>CV</b>	14,19%
<b>Sy</b>	0,14
<b>Sd</b>	0,19

En cuanto a kg de frutos, existió diferencia estadística entre todos los tratamientos. Se puede observar que el tratamiento con el plástico T3 produjo 2,58 kg de frutos por planta, T2 produjo 1,90 kg por planta y T1 1,28 kg por planta.

Los kilogramos producidos por planta es una variable determinante en el cultivo de tomate. En este experimento particularmente, todos los tratamientos produjeron estadísticamente el mismo número de frutos, sin embargo la diferencia en el peso de los frutos fue notable. Así, T3 en diez cosechas produjo 2,58 kg por planta superando a T2 por 0,68 kg y doblando la producción de T1 por lo tanto hay un claro efecto de la cubierta.

Un estudio de cubiertas plásticas en tomate (Meca, 2012), obtuvo resultados similares, es decir, la cubierta con menor porcentaje de bloqueo de radiación NIR (cubierta sin aditivos) obtuvo una mayor producción atribuyéndose a que los aditivos utilizados en las otras cubiertas para alcanzar altos bloqueos de radiación NIR y UV, a su vez reducen la transmisividad de la radiación fotosintéticamente activa (PAR), induciendo un menor peso en los frutos y por lo tanto un menor rendimiento.

Otros autores también afirman que aproximadamente la mitad de energía proveniente de la radiación solar está en el rango de longitud de onda útil para la fotosíntesis (radiación PAR) y una fracción restante corresponde a la radiación NIR, que calienta al invernadero y al cultivo. Los pigmentos reflectores de la radiación NIR utilizados en las cubiertas de polietileno, que reducen de forma significativa el contenido de energía en la gama infrarroja, también tienen un efecto sobre la radiación PAR. Es por esto, que los filtros NIR son útiles en zonas subtropicales, pero en lugares donde la temperatura del ambiente no es alta, es improbable que el filtro NIR aumente la productividad (Montero et al., 2008).

A diferencia de la cubierta T3, tanto la cubierta T1 y como T2 contienen aditivos. Los aditivos que se incluyen en los polímeros que constituyen el plástico le confieren al material final propiedades específicas en cuanto a la selección de radiaciones en determinadas longitudes de onda (López et al., 2009). No se tienen datos de los tratamientos usados sobre el porcentaje de bloqueo de radiación PAR, pero con los resultados alcanzados se observa que hay diferencia entre las cubiertas en cuanto esta radiación y por ende existe producción de frutos más pequeños en T1 y T2 con la consecuente afectación al rendimiento. Lo que también se esperaría es que después de T3,

el tratamiento con mayor rendimiento por planta sea T1 ya que es el que tiene bloqueos tanto de radiación NIR como UV en valores intermedios, sin embargo no fue así y T1 fue el tratamiento con el menor rendimiento de todos. Esto se explica con la gran variabilidad que existe en el campo. Lo que se observó es que en T1, la capa arable del suelo era más delgada que en los otros tratamientos, pese a que todos los tratamientos se encontraban uno al lado del otro. Es por esto que el suelo también tuvo influencia en el rendimiento de cada tratamiento, pues al tener una capa arable más delgada en T1, existe mayor probabilidad de que se den encharcamientos, y que las raíces no puedan desarrollarse de forma óptima, reduciendo la toma de nutrientes de las plantas.

#### **6.7. Frutos clasificados por calibre.**

La clasificación de los frutos por su calibre se realizó de acuerdo al peso de cada uno. Se contabilizó el número total de frutos producidos por cada calibre durante las diez cosechas. Los resultados de producción de cada tratamiento de cada calibre se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 12: Promedio de frutos producidos por calibre en cada tratamiento**

<b>Tratamiento</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Extra Grandes</b>	2,00b	10,25a	26,00a
<b>Primera</b>	0,50c	12,75b	26,75a
<b>Segunda</b>	3,00b	12,75a	15,50a
<b>Tercera</b>	18,00	26,75	29,00
<b>Cuarta</b>	151,25a	125,00ab	95,25b

**Tabla 13: Coeficiente de variación y desviaciones estándar de cada calibre**

<b>Categoría</b>	<b>CV</b>	<b>Sy</b>	<b>Sd</b>
<b>Extra Grande</b>	57,50%	3,67	5,18
<b>Primera</b>	33,61%	2,24	3,17
<b>Segunda</b>	31,88%	1,66	2,35
<b>Tercera</b>	28,72%	3,53	4,99
<b>Cuarta</b>	13,49%	8,35	11,81

En la producción de frutos de categoría Extra Grande, T2 y T3 produjeron estadísticamente la misma cantidad de frutos. El tratamiento con T1 produjo una cantidad insignificante de frutos Extra Grandes. Para la categoría de Primera, existe diferencia estadística entre todos los tratamientos. Nuevamente, T3 produce la mayor cantidad de frutos de primera, seguido por T2 y el tratamiento que menos frutos de Primera produce es T1. En cuanto a frutos de Segunda, T2 y T3 producen similar cantidad estadísticamente hablando (12,75 y 15,50 frutos respectivamente) y T1 produce una cantidad muy inferior a los otros tratamientos (3,00). En frutos de Tercera no existió diferencia estadística entre tratamientos. Finalmente en frutos de Cuarta existió diferencia estadística; T1 es el que más frutos de este calibre produjo, T2 produjo similar cantidad a T1 y también a T3, que fue el de menor producción de frutos de este calibre.

Sin duda, todos los datos obtenidos referentes a la variable de frutos por calibre demuestran que las cubiertas plásticas sirven para corregir problemas en la producción. Cambios en la radiación interna de los invernaderos tienen un efecto directo sobre el tamaño de los frutos. En este caso, bloqueos en la radiación NIR de alrededor del 45% y UV del 100% producen frutos de menor tamaño que en condiciones con bloqueos de alrededor

del 15% NIR y 46% UV, debido a que los aditivos incluidos en los polímeros del plástico para lograr dichos bloqueos también tienen incidencia sobre la radiación PAR. T3 es una cubierta compuesta solamente de polietileno sin ningún aditivo lo que hace que sea un plástico completamente transparente y por lo tanto permite el paso de casi todo el espectro solar.

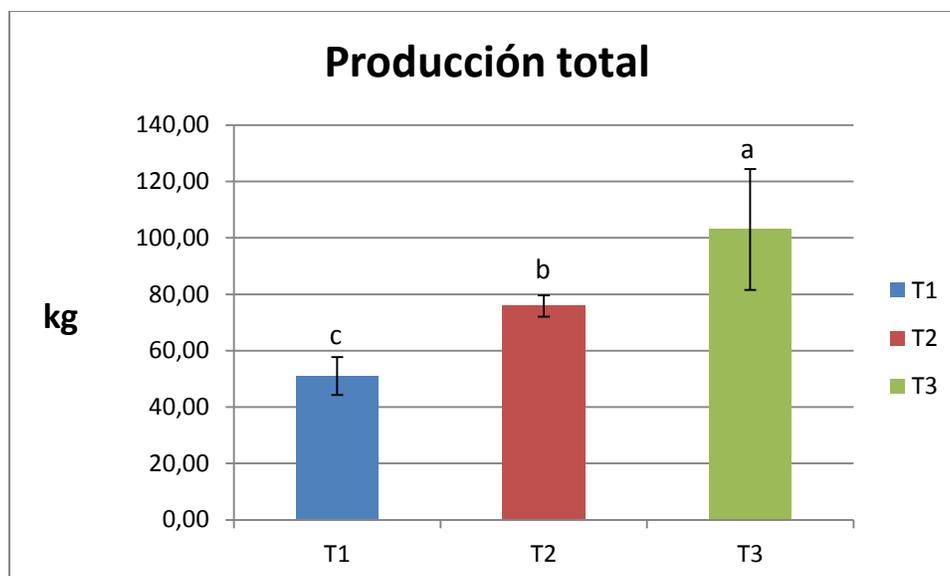
### 6.8. *Producción total.*

Se sumó la producción total de las diez cosechas en kilogramos por cada repetición para demostrar que los tratamientos no producen frutos de similar peso. Los resultados de esta medición son:

**Tabla 14: ANOVA producción total**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
<b>Total</b>	11	6965,03			
<b>Bloques</b>	3	842,77	280,92	2,35 <sup>NS</sup>	4,76
<b>Tratamiento</b>	2	5403,81	2701,91	22,56*	5,14
<b>Error experimental</b>	6	718,45	119,74		

\* $p \leq 0,05$



**Gráfico 7: Producción total en diez cosechas**

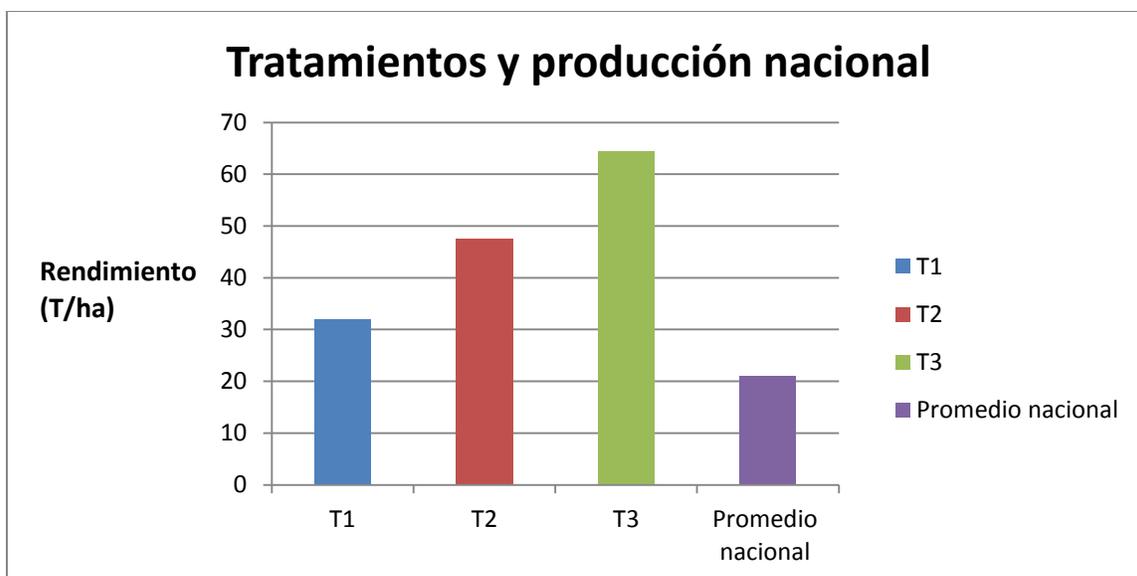
**Tabla 15: Coeficiente de variación y desviaciones estándar de producción total**

<b>CV</b>	14,28%
<b>Sy</b>	5,47
<b>Sd</b>	7,74

Se puede observar una diferencia marcada en cuanto a la producción total de cada tratamiento. El tratamiento con T3 fue el de mayor producción con 103,01kg seguido por el tratamiento T2 con 75,87kg y al final se encuentra el tratamiento T1 con 51,05kg. Sobre la producción total no solo tuvieron influencia las cubiertas plásticas sino también otros factores como el suelo, riego y sombra causada por árboles cercanos. Pese a que se manejó el experimento de la forma más uniforme posible y se dio la misma nutrición a cada tratamiento, los factores que inciden en el campo muchas veces son difíciles de controlar. Esto se refleja principalmente en T1, que tuvo el menor rendimiento de los tres

tratamientos pese a tener una cobertura con bloqueos intermedios, de las tres coberturas que fueron evaluadas. Es por esto que el rendimiento no fue influenciado solamente por la cubierta plástica, y por ende por la cantidad de luz disponible para las plantas debido a ésta, sino que también entraron en juego factores con mayor complejidad para ser manejados. Pese a esto, se muestra que los rendimientos pueden ser mejorados con manejo adecuado y la tecnología necesaria.

Utilizando la producción total y con la densidad de siembra (2.5 plantas/m<sup>2</sup>), se realizó un cálculo para obtener el rendimiento por hectárea de cada tratamiento. Se obtuvo que con la cubierta T1, el rendimiento fue de 32 T/ha, con la cubierta T2 fue de 47,5 T/ha, y con la cubierta T3 el rendimiento fue de 64,5 T/ha. Todos estos rendimientos superan a la media nacional que se ubica en 20,9 T/ha (FAO, 2013), lo que demuestra que las cubiertas en los cultivos protegidos tienen efecto sobre el rendimiento. En este caso, se muestra como una cubierta ideal para el cultivo de tomate aquella que es completamente transparente y por lo tanto deja pasar la mayor parte de radiación infrarroja cercana (NIR) y bloquea casi la mitad del espectro UV en longitudes de onda de entre 200 y 380nm. Como se ha visto en estudios similares (Meca, 2012), la inclusión de aditivos para modificar el espectro solar y tener efectos directamente sobre la radiación UV y NIR, y además de dotar de mejores cualidades mecánicas a las cubiertas, también tienen un efecto negativo sobre la radiación PAR y por consecuencia sobre la producción de algunos cultivos.



**Gráfico 8: Comparación de los rendimientos obtenidos y el promedio nacional**

## VII. CONCLUSIONES

Las cubiertas plásticas utilizadas en invernaderos tienen un claro efecto sobre la temperatura y humedad relativa, y también sobre las plantas, puesto que influyen sobre la radiación que éstas reciben. Se acepta la hipótesis planteada al inicio del experimento comprobando que la temperatura y humedad relativa dependen de la cubierta utilizada y que también cambios en la radiación tienen efecto sobre el desarrollo de las plantas y el rendimiento del cultivo. No existió diferencia en la cantidad de frutos cosechados entre los tratamientos, pero sí en el tamaño de éstos y por consecuencia una diferencia marcada en el rendimiento.

Para el cultivo de tomate específicamente, se obtienen mejores resultados en cuanto a rendimiento del cultivo con una cubierta que permite que llegue a las plantas la mayor parte del espectro solar. La cubierta T3 cumplió con estas características y logró un rendimiento de 64,5 T/ha en diez cosechas. Sin embargo al ser una cubierta de calibre 4, se destruyó completamente a los 220 DDS, por lo que lo ideal sería esta misma cubierta, pero de calibre 7 como las otras dos que también fueron evaluadas y no mostraron daños por el viento, logrando una mayor vida útil.

Finalmente, el uso de nuevas tecnologías, como en este caso las cubiertas plásticas, es necesario para mejorar el rendimiento de distintos cultivos. En el Ecuador, el rendimiento del cultivo de tomate todavía es bajo comparado con otros países de la región, pese a que es un producto que forma parte de la canasta básica familiar. Es por esto que es necesario el uso de nuevas tecnologías con el fin de mejorar el rendimiento y la calidad.

## VIII.RECOMENDACIONES

Es necesario contar con un sistema de riego tecnificado para el cultivo de tomate. El riego por goteo es ideal para este cultivo dentro de invernadero. El sistema que actualmente se utiliza en la Granja Experimental de la USFQ, es por inundación de los caminos y por lo tanto presenta algunos inconvenientes como proliferación de malezas, encharcamientos, falta de oxigenación de las raíces, etc. Con riego tecnificado se obtendrán mejores rendimientos que los que actualmente se tiene.

Aplicar fuentes de calcio y potasio en mayor cantidad para obtener frutos de la coloración deseable, ya que los híbridos de tomate larga vida tienen mayor demanda de estos nutrientes. Los abonos utilizados, aprobados por la agricultura orgánica, no fueron suficientes para suplir dicha demanda.

Medir la cantidad de luz dentro de cada invernadero para poder conocer la magnitud del espectro solar que llega a las plantas dependiendo de cada cubierta, y que puede verse afectada por diversos factores presentes en el campo. Además sería importante contar con el bloqueo de radiación PAR de cada cubierta, debido a que se observó variación entre los tratamientos, atribuible a esta radiación.

Sembrar a campo abierto como tratamiento testigo para comparar de forma más objetiva el efecto de las cubiertas sobre el cultivo; a campo abierto no se tendrán bloqueos de la radiación solar, por lo tanto existirán diferencias marcadas no solo en las variables medidas anteriormente, sino también respecto a plagas y enfermedades.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alpi, T. (1999). *Cultivo en invernadero*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Andrade, Roldán, & Villanueva. (2000). Proyecto De Cultivo De Tomate Para Cubrir La Demanda Insatisfecha De La Industria Ecuatoriana.
- Bernal, Rivero, Fernández, & Pérez. (2001). Manejo de plagas en híbridos de tomate bajo condiciones de cultivo protegido. *Fitosanidad*.
- Blancard, D. (1990). *Enfermedades del Tomate*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Blancard, D. (2011). *Enfermedades del tomate*. Mundi-Prensa.
- Bojacá, Luque, & Monsalve. (2009). Análisis de la productividad del tomate en invernadero bajo diferentes manejos mediante modelos mixtos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 188-198.
- Borja, N. (2012). *Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en Tomate Bajo Invernadero*. Quito.
- Buenahora, J., Álvez, P., & Galván, V. (2003). Evolución de la población de plagas en cultivo de morrón en invernadero bajo polietileno fotoselectivo. *INIA Uruguay*.
- Caldari, P. (2007). Manejo de la luz en Invernaderos. Los beneficios de Luz de Calidad en el cultivo de Hortalizas. *I Simposio Internacional de Invernaderos*.
- Castilla, N. (2007). *Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo*. Madrid: Mundi-Prensa.
- CATIE. (1990). *Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate*. Costa Rica.
- Clause Seeds. (2015). *Tomates*. Obtenido de <http://www.alliance.cl/>
- Espí, E. (2012). Materiales de cubierta para invernaderos. *Centro de tecnología Repsol*.
- Ezziyyani, Pérez, Ahmed, Requena, & Candela. (2004). Trichoderma harzianum como biofungicida para el biocontrol de Phytophthora capsici en plantas de pimiento (Capsicum annum L.). *Anales de Biología*(26), 35-45.
- FAO. (s.f.). *FAO Stat*. Obtenido de <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QC/S>
- Fernández, S., Bañón, S., González, A., López, J., Fontecha, A., & Salmerón, A. (2002). Efecto del uso de plásticos fotoselectivos sobre el desarrollo y la productividad del tomate en invernadero. *Agricultura: Revista agropecuaria*, 891-893.

- Guanoluisa. (2014). Evaluación fenológica y rendimiento de dos sistemas de producción bajo invernadero, en suelo acolchado e hidropónico, para 2 cultivares de tomate. *Escuela Politécnica Nacional*.
- Gul, Rahman, Hussain, Mehar, & Ghafoor. (2010). Heterosis for flower and fruit traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *African Journal of Biotechnology*.
- Gulrez, Abdel, Al-Helal, Al-Zaharani, & Alsadon. (2013). Evaluation of PE films having NIR reflective additives for greenhouse applications in arid regions. *Advances in Materials Science and Engineering*.
- Guzmán, J. (1991). *El cultivo del tomate*. Caracas: ESPASANDE.
- Hernández, Carrillo, Villegas, Chávez, & Vera. (2011). Heterosis interpoblacional de híbridos F2 de tomate (*Solanum lycopersicum*) nativo de Oaxaca, México. *Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*.
- INEC. (2013). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua*. Obtenido de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac%202013/PRESENTACIONESPAC2013.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac%202013/PRESENTACIONESPAC2013.pdf)
- INEC. (2013). *Superficie, producción y ventas según región y provincia Tomate riñón (fruta fresca)*. Quito.
- InfoAgro. (2010). *El cultivo del tomate*. Obtenido de Origen y taxonomía: <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>
- INIAP. (2008). *Guía Técnica de Cultivos* (Aida Villavicencio, Wilson Vásquez ed.). Quito: INIAP.
- INIFAP. (2003). Manejo integrado del pulgón saltador en jitomate en el estado de San Luis Potosí.
- Jaramillo, Rodríguez, Guzmán, & Zapata. (2006). El cultivo de tomate bajo invernadero. *CORPOICA*.
- Kigathi, R., & Poehling, H.-M. (2012). UV-absorbing films and nets affect the dispersal of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Applied Entomology*.
- Langlais, R. (2002). *Guía de los cultivos protegidos de hortalizas en zona tropical húmeda*. Editions Quae.
- López, J., A, G., Galindo, A., & Gonzalez, A. (2009). Materiales plásticos fotoselectivos empleados en la cubierta. *Departamento de Hortofruticultura, Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Agroalimentario*.
- López, J., Pérez, C., Soler, A., Perez, J., Gázquez, J., Meca, D., y otros. (2005). Evaluación de tres materiales anti-plagas para cubierta de invernadero.
- Meca, D. (2012). *Evaluación de un plástico fotoselectivo NIR como material de cubierta de invernadero*. Almería : Universidad de Almería.

- Montero, J., Stanghell, C., & Castilla, N. (2008). Invernadero para la producción sostenible en áreas de clima de invierno suave. *Horticultura Internacional*, 12-31.
- Moral, Rodríguez, Arranz, Cruz, D. I., & Honorio. (2004). Técnicas geoestadísticas aplicadas al análisis de la distribución de capturas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) mediante trampas con feromonas sexuales en una plantación de tomate. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 733-744.
- Orozco, M., Farías, J., & López, J. (2002). Evaluación de coberturas plásticas para el manejo de plagas en el occidente de México. *Manejo Integrado de Plagas Agroecología*.
- Paredes, A. (2009). Manual del cultivo de tomate en invernadero. *CORPOICA*.
- Pedigo, L. (1996). Umbrales Económicos y Niveles de Daño Económico. *Universidad de Minnesota*.
- Reyes, Martínez, Rivero, & Montejo. (2002). Actividad in vivo de *Trichoderma harzianum* sobre *Sclerotium rolfsii* en plántulas de tomate. *Manejo integrado de plagas y agroecología*.
- Samaniego, Quezada, Rosa, D. I., Munguía, Benavides, & Ibarra. (2001). Producción de plántulas de tomate y pimiento con cubiertas de polietileno reflejante para disminuir la temperatura en invernadero. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*.
- Santiago, Mendoza, & Borrego. (1998). Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*.
- Santos, P. (2010). *Medidas de control de la polilla del tomate de la polilla del tomate*. Servicio técnico de agricultura y desarrollo rural .
- SINAGAP. (2013). *Producción*. Obtenido de Uso del Suelo: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/reporte-por-provincias>
- Velasco, L., Simón, B., Janssen, D., & Cenis, J. (2008). Incidences and progression of tomato chlorosis virus disease and tomato yellow leaf curl virus disease in tomato under different greenhouse covers in southeast Spain. *Annals of Applied Biology*.
- Velasco, Nieto, & Navarro. (2011). *Cultivo del tomate en hidroponía e invernadero*. México: BBA.

## X. ANEXOS

*Anexo 1: Temperaturas mínimas y máximas registradas durante el experimento en los tratamientos y ambiente con fechas*

Tratamiento	Temperatura mínima		Temperatura máxima	
T1	4,4°C	14/07/2015 (6:00)	50,8°C	02/08/2015 (16:30)
T2	4,7°C	18/08/2015 (6:00)	49,6°C	26/08/2015 (15:30)
T3	4,5°C	18/08/2015 (6:00)	44,4°C	10/08/2015 (15:00)
Ambiente	6,5°C	14/07/2015 (6:00)	28,2°C	18/08/2015 (16:00)

*Anexo 2: Análisis de la varianza de cada variable*

### Temperatura

ANOVA Temperatura

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
<b>Total</b>	15	11,80			
<b>Bloques</b>	3	3,26	1,09	14,25	3,86
<b>Tratamiento</b>	3	7,86	2,62	34,42	3,86
<b>Error experimental</b>	9	0,69	0,08		

Valor de Qp al 5% y valor de Tukey calculado

<b>Valor Qp 0,05</b>	4,42
<b>Valor tukey</b>	0,61

Prueba de separación de medias para Temperatura

Tratamiento	Ambiente	T1	T2	T3
<b>Promedio</b>	16,93	18,69	18,59	17,93
<b>Ponderación</b>	c	a	a	b

**Humedad relativa**

ANOVA Humedad relativa

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
<b>Total</b>	11	127,03			
<b>Bloques</b>	3	106,02	35,34	183,01	4,76
<b>Tratamiento</b>	2	19,85	9,92	51,39	5,14
<b>Error experimental</b>	6	1,16	0,19		

Valor de Qp al 5% y valor de Tukey calculado

<b>Valor Qp 0,05</b>	4,34
<b>Valor Tukey</b>	0,95

Prueba de separación de medias para Humedad relativa

<b>Tratamiento</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>Ambiente</b>
<b>Promedio</b>	66,81	65,84	63,73
<b>Ponderación</b>	a	b	c

**Altura de plantas**

ANOVA de Altura de Plantas

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
<b>Total</b>	11	2,49			
<b>Bloques</b>	3	2,30	0,77	86,03	4,76
<b>Tratamiento</b>	2	0,13	0,07	7,30	5,14
<b>Error experimental</b>	6	0,05	0,01		

Valor de Qp al 5% y valor de Tukey calculado

<b>Valor Qp 0,05</b>	4,34
<b>Valor Tukey</b>	0,21

Prueba de separación de medias para altura de plantas

<b>Tratamiento</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Promedio</b>	1,81	2,07	1,93
<b>Ponderación</b>	b	a	ab

### Número de racimos

ANOVA Número de racimos

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
<b>Total</b>	11	8,81			
<b>Bloques</b>	3	5,70	1,90	75,99	4,76
<b>Tratamiento</b>	2	2,96	1,48	59,21	5,14
<b>Error experimental</b>	6	0,15	0,02		

Valor de Qp al 5% y valor de Tukey calculado

<b>Valor Qp 0,05</b>	4,34
<b>Valor Tukey</b>	0,34

Prueba de separación de medias para Número de racimos

<b>Tratamiento</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Promedio</b>	5,25	5,95	6,47
<b>Ponderación</b>	c	b	a

### Frutos cosechados por planta

ANOVA de la variable Frutos cosechados por planta

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>
<b>Total</b>	11	51,23			
<b>Bloques</b>	3	31,10	10,37	4,76	4,76
<b>Tratamiento</b>	2	7,06	3,53	1,62	5,14
<b>Error experimental</b>	6	13,07	2,18		

### Kilogramos producidos por planta

Valor de Qp al 5% y valor de Tukey calculado

<b>Valor Qp 0,05</b>	4,34
<b>Valor Tukey</b>	0,59

Prueba de separación de medias para kilogramos producidos por planta

<b>Tratamiento</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Promedio</b>	1,28	1,90	2,58
<b>Ponderación</b>	c	b	a

## Frutos clasificados por calibre

### Categoría Extra Grande

ANOVA de frutos clasificados por calibre Extra Grande

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
<b>Total</b>	11	1724,25			
<b>Bloques</b>	3	212,25	70,75	1,32	4,76
<b>Tratamiento</b>	2	1189,50	594,75	11,07	5,14
<b>Error experimental</b>	6	322,50	53,75		

Valor de Qp al 5% y valor de Tukey calculado

<b>Valor Qp 0,05</b>	4,34
<b>Valor Tukey</b>	15,91

Prueba de separación de medias para frutos por calibre Extra Grande

Tratamiento	T1	T2	T3
<b>Total frutos</b>	2,00	10,25	26,00
<b>Ponderación</b>	b	a	a

### Primera Categoría

ANOVA frutos de Primera

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
<b>Total</b>	11	1534,67			
<b>Bloques</b>	3	34,00	11,33	0,56	4,76
<b>Tratamiento</b>	2	1380,17	690,08	34,36	5,14
<b>Error experimental</b>	6	120,50	20,08		

Valor de Qp al 5% y valor de Tukey calculado

<b>Valor Qp 0,05</b>	4,34
<b>Valor Tukey</b>	9,72

Prueba de separación de medias para frutos por calibre Primera

Tratamiento	T1	T2	T3
<b>Promedio</b>	0,50	12,75	26,75
<b>Ponderación</b>	c	b	a

### Segunda Categoría

ANOVA frutos de Segunda

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
<b>Total</b>	11	538,92			
<b>Bloques</b>	3	127,58	42,53	3,86	4,76
<b>Tratamiento</b>	2	345,17	172,58	15,65	5,14
<b>Error experimental</b>	6	66,17	11,03		

Valor de Qp al 5% y valor de Tukey calculado

<b>Valor Qp 0,05</b>	4,34
<b>Valor Tukey</b>	7,21

Prueba de separación de medias para frutos por calibre Segunda

Tratamiento	T1	T2	T3
<b>Promedio</b>	3,00	12,75	15,50
<b>Ponderación</b>	b	a	a

### Tercera Categoría

ANOVA frutos de Tercera

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
<b>Total</b>	11	626,92			
<b>Bloques</b>	3	57,58	19,19	0,38	4,76
<b>Tratamiento</b>	2	270,17	135,08	2,71	5,14
<b>Error experimental</b>	6	299,17	49,86		

### Cuarta categoría

ANOVA frutos de Cuarta

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
<b>Total</b>	11	9357,67			
<b>Bloques</b>	3	1403,00	467,67	1,68	4,76
<b>Tratamiento</b>	2	6280,17	3140,08	11,25	5,14
<b>Error experimental</b>	6	1674,50	279,08		

Valor de Qp al 5% y valor de Tukey calculado

<b>Valor Qp 0,05</b>	4,34
<b>Valor Tukey</b>	36,25

Prueba de separación de medias para frutos por calibre Cuarta

<b>Tratamiento</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Promedio</b>	151,25	125,00	95,25
<b>Ponderación</b>	a	ab	b

### **Producción total**

Valor de Qp al 5% y valor de Tukey calculado

<b>Valor Qp 0,05</b>	4,34
<b>Valor Tukey</b>	23,75

Prueba de separación de medias para Producción Total

<b>Tratamiento</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Promedio</b>	51,05	75,87	103,01
<b>Ponderación</b>	c	b	a

Anexo 3: *Costos del experimento*

Actividad	Tecnología		Costo unitario			%
	unidad	Cantidad	\$	Total		
1. Híbrido	Syta	semillas	1000	0,1	100	5,73%
	<b>Subtotal</b>				<b>100</b>	
2. Semillero	Vasos	unidades	900	0,02	14,4	1,68%
	<i>Trichoderma harzianum</i>	L	1	15	15	
	<b>Subtotal</b>				<b>29,4</b>	
3. Fertilización	Sulpomag	kg	36	0,95	34,2	4,65%
	Biol de codorniz	L	500	0,04	20	
	Carbonato de calcio	kg	60	0,45	27	
	<b>Subtotal</b>				<b>81,2</b>	
4. Control fitosanitario	<b>Control mosca blanca</b>					14,33%
	Neem X	L	1	29	29	
	<b>Control lepidópteros</b>					
	Dipel	kg	1	36	36	
	<b>Control mancha negra</b>					
	Phyton <sup>3</sup>	L	1	44	44	
	Kocide	kg	0,36	18	6,48	
	Kasumin	L	0,036	22	0,792	
	<b>Fijador</b>					
Nufilm	L	1	14	14		
<b>Prevención Fusarium y nemátodos</b>						
	Duoplus	L	8	15	120	
<b>Subtotal</b>				<b>250,27</b>		
5. Construcción invernadero	Estructura invernadero y tutorado	m <sup>2</sup>	360	0,75	270	45,55%
	Plástico	m <sup>2</sup>	720	0,73	525,6	
	<b>Subtotal</b>				<b>795,6</b>	
6. Escritura	Papelería	paquete 500 hojas	1	5,2	5,2	28,06%
	Empastado	unidad	5	20	100	
	Internet	mes	12	15	180	
	Tinta impresora	Tóner	1	25	25	
	Luz	mes	12	15	180	
	<b>Subtotal</b>				<b>490,2</b>	
<b>TOTAL</b>				<b>1746,67</b>	<b>100%</b>	

<sup>3</sup>Phyton fue utilizado también para controlar roya (*Puccinia pitieriana*) y fulvia (*Cladosporium fulvum*)

## *Anexo 4: Fotografías del experimento*

### **Construcción de los túneles**



**Semillero**



## Trasplante a túneles



## Fertilización





### Control de temperatura y humedad



## Producción de frutos



## Frutos por calibre



De izquierda a derecha: Extra grande, Primera, Segunda, Tercera, y los dos últimos Cuarta

## Cosecha



### Estado del plástico al finalizar el experimento



Túnel con la cubierta T1 al término del experimento.



Túnel con cubierta T2 al término del experimento.



Túnel con cubierta T3 al término del experimento.

## Enfermedades



Mancha negra (*Erwinia* sp.)



Roya (*Puccinia pittieriana*)

*Anexo 5: Grados de madurez del tomate*

