

EFFECTOS DE DIFERENTES, MEZCLAS DE SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO  
EN ALTURA Y RENDIMIENTO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN  
CONTENEDORES DE POLIETILENO. EN LA FINCA EL HATO EN ARBELAEZ  
CUNDINAMARCA.

WILLIAM VICENTE CASTELLANOS LOPEZ

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
FUSAGASUGA  
2015

EFFECTOS DE DIFERENTES, MEZCLAS DE SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO  
EN ALTURA Y RENDIMIENTO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L) EN  
CONTENEDORES DE POLIETILENO. EN LA FINCA EL HATO EN ARBELAEZ  
CUNDINAMARCA.

Trabajo de Grado opción pasantía,  
Presentado para optar al  
Título de INGENIERO AGRONOMO

WILLIAM VICENTE CASTELLANOS LOPEZ

Asesor Interno:  
Biol. MSc. CRISTINA MENDOZA FORERO

Asesor Externo:  
IA. CARLOS ANDRES GARCIA JIMENEZ

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
FUSAGASUGÁ  
2015



## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	10
SUMMARY .....	11
1 INTRODUCCIÓN.....	12
2 OBJETIVOS .....	14
2.1 Objetivo general .....	14
2.2 Objetivos específicos .....	14
3 MARCO REFERENCIAL .....	15
3.1 Origen .....	15
3.2 Clasificación taxonómica.....	15
3.3 Morfología.....	16
3.4 Fenología del cultivo .....	18
3.5 Híbrido calima .....	19
3.6 Sustratos.....	20
3.7 Ventajas y desventajas de los contenedores de polietileno.....	27
3.8 Factores climáticos .....	28
3.9 Manejo agronómico.....	29
4 METODOLOGIA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.1 Localización .....	36
4.2 Levantamiento topográfico .....	36
4.3 Preparación de sustrato y llenado de contenedores.....	37
4.4 Diseño experimental. ....	38
4.5 Diseño y ejecución del sistema .....	40
4.6 Trasplante.....	41
4.7 Labores agronómicas.....	42
4.8 Registro de datos .....	46
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	48
5.1 Altura de planta. ....	48

5.2	Rendimiento.....	53
5.3	Calidad del fruto.....	59
5.4	Costos de Producción.....	66
6	CONCLUSIONES.....	69
7	RECOMENDACIONES:.....	71
8	BIBLIOGRAFÍA.....	72
	ANEXOS.....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Sistema radicular del tomate (Castellanos. 2014) .....	16
Figura 2.	Fases fenológicas de un cultivo de tomate (Corpoica, 2013).....	19
Figura 3.	Tomate chonto hibrido calima (Castellanos 2014) .....	19
Figura 4.	Sistema de riego y drenajes (Castellanos 2014) .....	30
Figura 5.	Siembra en surco sencillo (Castellanos 2014).....	31
Figura 6.	Poda de frutos con daño fisiológico (castellanos 2014).....	33
Figura 7.	Cultivo de tomate libre de malezas, aplicación de sencor (Castellanos 2014).....	35
Figura 8.	Mapa del lote experimental. ....	36
Figura 9.	Contenedores de polietileno (Castellanos 2013). ....	37
Figura 10.	Termómetro para medir temperatura del sustrato ( Castellanos 2014) .....	38
Figura 11.	Mezcla del sustrato (castellanos 2014).....	38
Figura 12.	Diseño y ejecución del sistema (Castellanos 2014).....	41
Figura 13.	Trasplante (Castellanos 2014) .....	41
Figura 14.	Podas y material vegetal eliminado (castellanos 2014) .....	42
Figura 15.	Amare de la planta al sistema de tutorado (Castellanos 2014) .....	43
Figura 16.	Plantación después de la aplicación de sencor (Castellanos 2014)...	43
Figura 17.	Tomate cosechado (castellanos 2014) .....	46
Figura 18.	Grafica altura de plantas en los 4 tratamientos.....	49
Figura 19.	Tabla de Análisis de la varianza (altura).....	49
Figura 20.	Tabla prueba de tukey variable altura .....	50
Figura 21.	Grafica altura tratamiento .....	51
Figura 22.	Grafica altura tratamiento 2 .....	51
Figura 23.	Grafico altura tratamiento 3 .....	52
Figura 24.	Grafica altura tratamiento 4 .....	53
Figura 25.	Análisis de la varianza variable rendimiento. ....	55
Figura 26.	Prueba de tukey variable rendimiento. ....	56

Figura 27. Grafica de producción tratamiento T1 C:S:Q (10:50:40).....	57
Figura 28. Grafica de producción tratamiento T2 C:S:Q (10:40:50).....	58
Figura 29. Grafica de producción tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60).....	58
Figura 30. Grafica de producción tratamiento T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0).....	59
Figura 31. Análisis de la varianza calidad 1 (grueso) .....	60
Figura 32. Prueba de tukey para los tratamientos en la variable clasificación 1 (grueso).....	61
Figura 33. Análisis de la varianza calidad (semigrueso).....	61
Figura 34. Prueba de tukey para los tratamientos y las repeticiones en la variable clasificación segunda .....	62
Figura 35. Análisis de la varianza calidad tercera.....	63
Figura 36. Prueba de tukey para los tratamientos y las repeticiones en la variable clasificación tercera.....	63
Figura 37. Porcentaje de las calidades en cada tratamiento .....	65
Figura 38. Cantidad en kilos de la Calidad de frutos en cada tratamiento .....	65
Figura 39. Porcentaje de tamaño de la calidad. ....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Descripción taxonómica del tomate (Corpoica 2013).....	15
Tabla 2.	Mapa del diseño experimental en campo. (Castellanos 2014).....	39
Tabla 3.	Descripción de los diferentes tratamientos (Castellanos 2014).....	39
Tabla 4.	Descripción de los diferentes tratamientos (Castellanos 2014).....	40
Tabla 5.	Primera fertilización solida al llenado del contenedor. ....	44
Tabla 6.	Fertilización del día 1 al día 30 después del trasplante.....	44
Tabla 7.	Fertilización a partir del día 30 después del trasplante. ....	45
Tabla 8.	Descargas de agua por contenedor.....	45
Tabla 9.	Clasificación del tomate por peso y tamaño NTC 1103-1 (Corabastos 2014).....	46
Tabla 10.	Numero de cosechas en cada tratamiento. ....	54
Tabla 11.	Rendimiento en kilos de cada tratamiento. ....	56
Tabla 12.	Costo de producción contenedores de polietileno. ....	67
Tabla 13.	Costos de producción sistema tradicional.....	68

## ANEXOS

Anexo 1.	Cálculos matemáticos para determinar las mezclas: .....	74
Anexo 2.	Análisis de suelo.....	76
Anexo 3.	Formato para toma de datos de crecimiento.....	77
Anexo 4.	Formato para tomar los datos de cosecha.....	78
Anexo 5.	Regresiones de los tratamientos.....	79

## RESUMEN

La existencia de factores limitantes del suelo, como salinización, sanidad, agotamiento de la fertilidad, y deterioro físico, conlleva a una búsqueda del mejoramiento de las tecnologías utilizadas para el desarrollo y la producción del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Por tal motivo, se llevó a cabo un ensayo en Arbeláez (Cundinamarca), en la finca El Hato donde se determinó el efecto de diferentes mezclas de sustratos acondicionados a partir de materiales orgánicos sobre la producción y calidad del fruto en tomate bajo condiciones del sistema de contenedores de polietileno. Los materiales utilizados para la preparación de los sustratos fueron: cascarilla cruda, suelo agrícola, compost de gallinaza. El primer tratamiento: compost (C) 10%, suelo (S) 50%, cascarilla (C) 40%. El segundo tratamiento: compost (C) 10%, suelo (S) 40%, cascarilla (C) 50% el tercer tratamiento compost (C) 10%, suelo (S) 30%, cascarilla (C) 60% y el cuarto tratamiento fue el tratamiento testigo, en el tratamiento testigo las plantas fueron cultivadas tradicionalmente. Se utilizó tomate tipo chonto híbrido calima, del que se seleccionaron frutos de acuerdo a su categoría comercial (primera, segunda, tercera). También se estudió el crecimiento en altura (cm). El diseño experimental que se utilizó fue bloques completamente al azar, con tres repeticiones y se evaluarán cuatro tratamientos producto de la mezcla de los sustratos. Cada unidad experimental estaba constituida por 166 plantas, y el área experimental era de 1992 plantas. Con los tratamiento compost, suelo, cascarilla: (C: S: Q) (10: 50: 40) % y compost, suelo, cascarilla: (C: S: Q) (10:40:50) % se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a altura, rendimiento y calidad del fruto debido a una mayor retención y baja infiltración de agua y nutrientes que permiten un mejor desarrollo de las plantas de tomate tipo chonto, híbrido Calima, bajo las condiciones del estudio.

**Palabras claves:** contenedores de polietileno, sustrato, compost (C), suelo (S), cascarilla (Q), fertirriego.

## SUMMARY

The existence of limiting soil factors such as salinity, health, fertility depletion, and physical deterioration, leading to a search to improve the technologies used for the development and production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Therefore, He conducted a trial in Arbelaez (Cundinamarca) in the El Hato where the effect of different substrate mixtures conditioners from organic materials on production and fruit quality of tomato under system conditions determined polyethylene containers . The materials used for the preparation of the substrates were: raw husk, agricultural soil, compost manure. The first treatment: compost (C) 10% soil (S) 50% husk (C) 40%. The second treatment: compost (C) 10%, ground (S) 40%, scale (C) 50% third compost treatment (C) 10%, ground (S) 30%, scale (C) and fourth 60% treatment was the control treatment in the control treatment plants were traditionally grown. Choncho type used hybrid tomato haze, which fruits according to their commercial category (first, second, third) were selected. Growth in height (cm) was also studied. The experimental design used was a randomized complete block, with three replications and four product mix of substrates treatments were evaluated. Each experimental unit consisted of 166 plants, and the experimental area was 1992 plants. Treatment with compost, soil, scale: (C: S: Q) (10: 50: 40)% and compost, soil, scale: (C: S: Q) (10:40:50)% were obtained best results in height, yield and fruit quality due to increased retention and low infiltration of water and nutrients that allow a better development of tomato plants chonto type hybrid Calima, under the study conditions.

Keywords : polyethylene containers , soil , compost ( C ) , soil ( S ) , scale ( Q ) , fertigation

## 1 INTRODUCCIÓN

El sistema de producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L) en contenedores de polietileno genera un impacto importante, por la sanidad, productividad, rentabilidad y calidad del producto. El rendimiento promedio obtenido con este sistema es de 5 a 8 kg/planta promedio. El cultivo de tomate en contenedores requiere de ciertas condiciones y medios para llevarse a cabo. Uno de los principales factores que determinan el éxito del sistema de contenedores, es el sustrato o medio de crecimiento de la planta. (Jaramillo, 2006).

En la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos y su elección dependerá de la especie vegetal a sembrar, sistema de siembra, costo, disponibilidad y características propias del sustrato (Hartmann y Kester, 2002). Sin embargo, desde el punto de vista medioambiental los criterios más importantes para la elección de un material como sustrato en cultivos son: su durabilidad y capacidad para ser reciclado posteriormente (Abad y Noguera, 2000). Por ende el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de las diferentes proporciones de las mezclas de compost, suelo y cascarilla sobre el crecimiento en la variable altura, rendimiento y calidad del tomate (*Solanum lycopersicum* L) en el sistema de contenedores de polietileno.

Una de las funciones principales del medio que se utiliza como sustrato es el de sostener a las raíces, y brindarle las características químicas y físicas para que el sistema radicular funcione correctamente. Este puede ser inorgánico, como la arena, la grava, la perlita, la vermiculita. Entre los sustratos orgánicos más comunes, están: el musgo, la corteza de pino, la fibra de coco, el aserrín, cascarilla arroz, virutas de madera. En esta investigación de opción pasantía se utilizó cascarilla de arroz como complemento del sustrato, ya que la cascarilla de arroz es fácil de conseguir, tiene un precio cómodo, y le da al sustrato unas características fisicoquímicas para el cultivo de tomate en contenedores.

Los diferentes tratamientos fueron: tratamiento 1: (compost (C) 10%, suelo (S) 50%, cascarilla (Q) 40%), Tratamiento 2: (compost (C) 10%, suelo (S) 40%, cascarilla (Q) 50%), tratamiento 3 (compost (C) 10%, suelo (S) 30%, cascarilla (Q) 60%), tratamiento 4 (testigo 100% suelo). Después de tener estas mezclas se

realiza el llenado de contenedores y posteriormente la siembra, una semana después de la siembra se comenzara a tomar datos y medidas, la elección de estos sustratos es por bajo costo y facilidad de adquisición.

Con la realización de este trabajo de grado, opción Pasantía, se pretendió establecer la mezcla y la proporción ideal para un sustrato con cascarilla, ya que el sistema de contenedores de polietileno es una alternativa de producción, para ejecutarse donde se presente un suelo enfermo, con alta presencia de fitopatogenos, por lo que surge la necesidad de sustituirlo por un sustrato en contenedores. Igualmente, un suelo muy agotado, muy pobre por su origen natural o de una mala estructura física (muy arcilloso o pedregoso), justifica su reemplazo por un sustrato en contenedores de polietileno.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes mezclas de sustratos en el crecimiento y rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) híbrido calima en contenedores de polietileno.

### 2.2 Objetivos específicos

1. Establecer el crecimiento en contenedores de polietileno de la variable altura en (cm) de las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) híbrido calima
2. Evaluar el rendimiento y calidad de la producción del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) híbrido calima, en contenedores de polietileno.

### 3 MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 Origen

El tomate es originario de América del Sur, de la Región Andina (Chile, Ecuador, Bolivia, Perú y Colombia), existiendo en esta zona la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres; pero su domesticación se inició en el sur de México y Norte de Guatemala, llegando luego a Europa en el siglo XVI e inicios del siglo XVII, cultivándose en jardines de Italia, Inglaterra, España y Francia, donde fue inicialmente utilizado como planta ornamental por la belleza y color de sus frutos. A finales del siglo XVIII, el tomate empezó a ser producido como un cultivo comestible (Zeidan, 2005).

Las formas silvestres del tomate originarias del Perú, migraron a través de Ecuador, Colombia, Panamá y América Central hasta llegar a México, donde fue domesticado por el hombre. En la lengua Nahuatl de México era llamado *tomatl*, que sin lugar a dudas dio origen al actual nombre del tomate. El tomate alcanzó un estado avanzado de evolución en México y Perú, antes de ser llevado a Europa y Asia en el año 1550 como planta ornamental. (Flores, 1986).

#### 3.2 Clasificación taxonómica

El tomate es una planta dicotiledonea, perteneciente a la familia Solanaceae y al género *solanum*. (*Solanum lycopersicum* L.) Es la especie más cultivada y posee un gran número de especies silvestres relacionadas. (tabla 1)

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
<b>Subreino</b>	Tracheobionta
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Género</b>	<i>Solanum</i>
<b>Nombre científico</b>	<i>Solanum lycopersicum</i> L

**Tabla 1. Descripción taxonómica del tomate (Corpoica 2013)**

### 3.3 Morfología

El tomate es una planta de porte arbustivo. Puede desarrollarse de forma rastrera, semirrecta o erecta y según el hábito de crecimiento las variedades se dividen en determinadas e indeterminadas. En las variedades determinadas su crecimiento es limitado, lo contrario que en las indeterminadas, donde es ilimitado. Las variedades de hábito determinado son de tipo arbustivo, de porte bajo, compactas y su producción de fruto se concentra en un periodo relativamente corto. Las plantas crecen, florecen y fructifican en etapas bien definidas; poseen inflorescencias apicales. Las variedades de hábito indeterminado tienen inflorescencias laterales y su crecimiento vegetativo es continuo. La floración, fructificación y cosecha se extienden por periodos muy largos, Las variedades de tomate para agroindustria son por lo general de hábito determinado, con frutos en forma de pera o ciruela, redondos, alargados acorazonados o cilíndricos. Las variedades de tomate para mesa y tipo chonto y cherry tienen por lo general hábito indeterminado, y las plantas necesitan de tutores que conduzcan su crecimiento (Flores, 1986; Martínez, 2001; Zeidan, 2005).

#### Raíz

El sistema radical del tomate es superficial y está constituido por la raíz principal (figura 1). (Corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Internamente, tienen bien diferenciadas tres zonas: la epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes, especializados en tomar agua y nutrientes; el córtex; y el cilindro central o vascular, donde se sitúa el xilema. La mayor parte de las raíces ocupan los primeros 20 a 25 cm del suelo (Flores, 1986)



**Figura 1. Sistema radicular del tomate (Castellanos. 2014)**

## **Tallo**

El tallo principal de la planta de tomate tiene de 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos que salen de la epidermis. Sobre el tallo se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias, además tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo, característica importante que se aprovecha en las operaciones culturales de aporque dándole mayor anclaje a la planta. Los tallos y ramas son de consistencia herbácea, por lo cual la planta no se sostiene por sí sola, siendo necesario el empleo de tutores para su cultivo, particularmente en las variedades indeterminadas (Jaramillo y Lobo, 1984)

## **Hojas**

La planta presenta hojas compuestas, imparipinadas, con un foliolo terminal y de ocho a nueve foliolos laterales, los cuales generalmente son peciolados, lobulados, con borde dentado y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas compuestas se insertan sobre los diversos nudos en forma alterna (Jaramillo y Lobo, 1984)

## **Flores**

Las flores del tomate son perfectas o hermafroditas, regulares e hipóginas y constan de 5 o más sépalos y de 6 o más pétalos. Tienen un pistilo con cinco estambres, unidos en sus anteras y formando un tubo que lo encierra, conformación que favorece la autopolinización.

El pistilo está compuesto de un ovario, de un estilo largo, simple y levemente engrosado. El ovario tiene entre dos y 20 óvulos, formados de acuerdo con la variedad y que reflejan la forma del fruto que podría desarrollarse. Las flores se agrupan en racimos simples, ramificados, que se desarrollan en el tallo y en las ramas del lado opuesto a las hojas. Un racimo puede reunir de 4 a 20 flores, dependiendo de la variedad cultivada y de las condiciones de desarrollo de la planta; una variedad de fruto pequeño, como Cherry, puede tener hasta 40 flores por inflorescencia. Las flores son amarillas y normalmente pequeñas (1 a 2 cm de diámetro). (Flores, 1986; Zeidan, 2005).

## **Frutos**

El fruto del tomate se denomina baya y presenta diferentes tamaños, formas, color, consistencia y composición, según el tipo de tomate. Está constituido por la epidermis o piel, la pulpa, el tejido placentario y las semillas. Internamente los frutos están divididos en lóculos, que pueden ser bi, tri, tetra o pluriloculares. En los lóculos se forman las semillas. Los frutos uniloculares son escasos, y los maduros

pueden ser rojos, rosados o amarillos; su maduración puede ser uniforme, pero existen algunas variedades que presentan hombros verdes debido a un factor genético. (Jaramillo y Lobo, 1984)

### **Semillas**

La semilla del tomate es pequeña, generalmente de forma lenticular y con un diámetro de 3 a 5 mm. Puede ser de forma globular, ovalada, achatada o casi redonda, ligeramente elongada, plana, arriñonada, triangular y con la base puntiaguda; y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, la cual está recubierta de pelos. En un fruto se pueden encontrar entre 100 y 300 semillas dependiendo, proporcionalmente, del tamaño del fruto. Un gramo de semillas contiene entre 300 a 400 unidades. La semilla de tomate puede presentar latencia, la cual puede romperse por exposición a la luz, con tratamientos alternos de bajas y altas temperaturas o remojándolas en una solución de nitrato de potasio ( $KNO_3$ ) (Jaramillo ,1984).

### **3.4 Fenología del cultivo**

La fase de desarrollo vegetativo de la planta comprende cuatro subetapas que se inician desde la siembra en semillero, seguida de la germinación; posteriormente la formación de tres a cuatro hojas verdaderas y finalmente el trasplante a campo, con una duración aproximada de 30 a 35 días del trasplante hasta la aparición de la primera inflorescencia. Una vez florece la planta se inicia la fase reproductiva, que incluye la etapa de floración que se inicia a los 25 - 30 días después del trasplante, desde la formación del fruto y su llenado hasta la madurez para su cosecha, entre los 85 a 100 días después del trasplante. La etapa reproductiva tiene una duración cercana a los 180 días. El ciclo total del cultivo es de aproximadamente siete meses cuando el cultivo se lleva a diez racimos. (Figura 2) (Martínez, 2001).

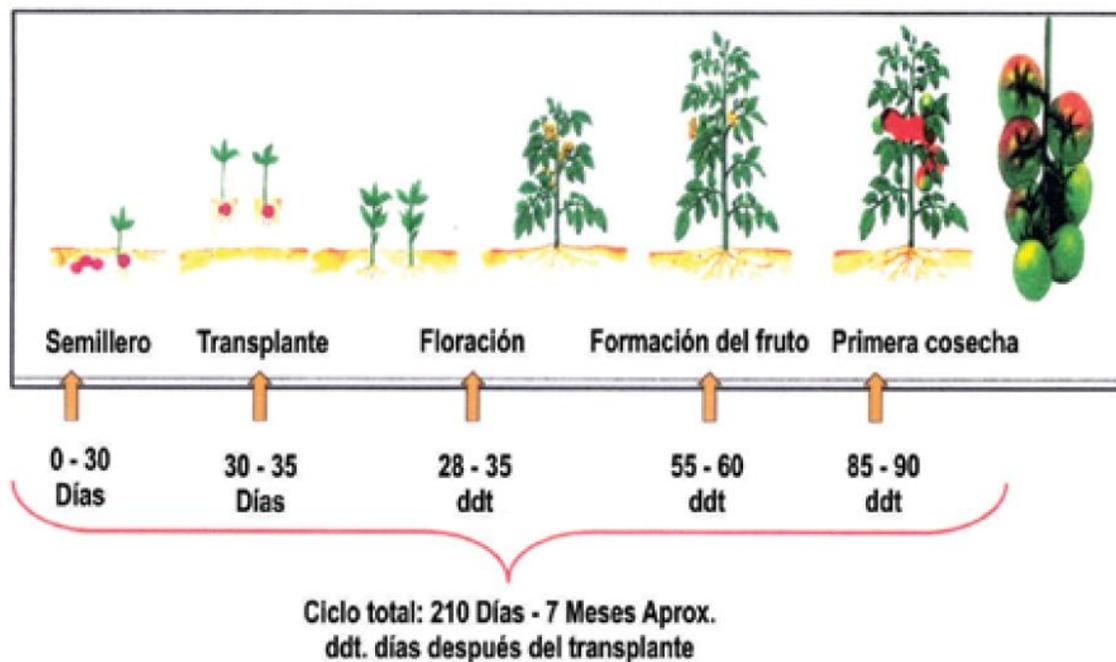


Figura 2. Fases fenológicas de un cultivo de tomate (Corpoica, 2013)

### 3.5 Híbrido calima

Material de crecimiento indeterminado, muy precoz; se adapta a climas cálidos y medios, presentando plantas vigorosas, con hojas verde oscuro y frutos grandes (150 a 190 g), rojos, muy firmes y brillantes (Figura 3). Resistente al virus del mosaico del tabaco (TMV), nematodos, *Verticillium* y *Fusarium* 1 y 2 (Impulse semillas, 2009).



Figura 3. Tomate chonto híbrido calima (Castellanos 2014)

### **3.6 Sustratos**

En condiciones protegidas, las plantas se pueden establecer en, sustratos orgánicos, sustratos artificiales o con una mezcla apropiada de estos. Siempre se debe lograr un sustrato con características físicas, químicas y biológicas adecuadas, que faciliten un buen desarrollo y crecimiento (Avidan, 2004).

Las cualidades del sustrato son definitivas para garantizar un adecuado contacto entre este y las raíces, y por lo tanto, una adecuada absorción de agua y nutrientes. Cuando el suelo a utilizar en la producción de plantas presenta condiciones inadecuadas como deficiencias de nutrientes, mal drenaje, poca retención de humedad, textura poco favorable para el desarrollo y funcionamiento de las raíces o presencia de plagas o enfermedades, es frecuente reemplazarlo por sustratos de origen diverso, que en alguna o en todas las fases de un cultivo permiten superar condiciones limitantes y acercar el sistema radicular de la planta completa a una situación óptima para satisfacer sus requerimientos hídricos y nutricionales (Jaramillo, 2001).

Los sustratos son materiales orgánicos o inorgánicos usados como soporte en cultivos; pueden ser de origen industrial, mineral o agropecuario y generalmente se emplean en mezclas buscando reemplazar el suelo para evitar los problemas físicos, químicos y/o biológicos (sanitarios) que este pueda presentar en el desarrollo de las plantas. Pueden estar compuestos por elementos naturales o modificados por reacciones físicas y químicas; también pueden ser totalmente inertes o tener actividad química (Avidan, 2004). El pH del suelo o sustrato debe estar entre 5,5 y 6,8 (valores superiores o inferiores a estos disminuyen la disponibilidad de algunos nutrientes y afectan la actividad de microorganismos importantes en el suelo como las micorrizas y las bacterias noduladoras). Un suelo o sustrato ácido puede corregirse agregando cal, y su cantidad varía dependiendo del análisis químico. Para suelos alcalinos se emplea el yeso o azufre, y la adición abundante de materia orgánica. Es recomendable que el contenido de materia orgánica este por encima del 5% (Jaramillo, 2001).

#### **Características de los sustratos**

Químicamente el sustrato debe contener una fertilidad apropiada y disponible, teniendo especial atención en los contenidos excesivos de sales y las sustancias tóxicas como herbicidas o residuos vegetales. Cuando se utilizan inertes o

inactivos como la turba, se debe nutrir a través del fertirriego o mezclando nutrientes orgánicos o inorgánicos a la mezcla. (Jaramillo, 2001).

### **Propiedades físicas.**

Las propiedades físicas constituyen el conjunto de características que describen el comportamiento del sustrato en relación con su porosidad, que ha de determinar las fracciones sólida, líquida y gaseosa del mismo y por tanto las cantidades de agua y aire de las que va a disponer la planta. Por consiguiente, de dichas características dependen tanto la nutrición de la planta como la respiración radicular y todos los procesos afectados por ellas. Para la definición y determinación de estas propiedades es extremadamente importante establecer métodos normalizados, sin ellos es muy difícil cuantificar la calidad de los sustratos y prever tanto sus aplicaciones como su comportamiento. Una vez que el sustrato ha sido ocupado por las raíces dentro de un contenedor, no es posible modificar sus propiedades físicas si el medio es inadecuado para la vida de los órganos subterráneos de la planta. Este es un asunto importante que solo se resuelve tomando la elección acertada (Martínez, 2001).

Las siguientes son las propiedades físicas más importantes que debe tener un sustrato:

- Elevada capacidad de retención de agua. Mantener un volumen de agua fácilmente disponible mayor al 20% después de saturar el sustrato y drenarlo.
- Suficiente suministro de aire. Porosidad entendida como el volumen total del medio no ocupado por partículas sólidas superior al 85%.
- Distribución del tamaño de las partículas que posibilite las dos condiciones precedentes. Granulometría de 0,25 a 2,5 mm de índice de grosor, entendido como el porcentaje de partículas con diámetro superior a 1 mm (30 - 45%).
- Baja densidad aparente, sólido + espacio poroso, inferior a 0,2 gr/cc. Densidad Real: solo material sólido 1,4 a 2 gr/cc (tiene que ser un material liviano con alto porcentaje de espacio poroso (>80%) y un volumen de aire a capacidad de campo mayor al 20%).
- Elevada porosidad.

- Contar con un buen drenaje y capacidad de infiltración.
- Estructura estable que impida la contracción o expansión (Franco, 2001).

### **Características químicas:**

Se distinguen dos tipos de materiales: los químicamente activos, en los que tienen lugar intercambios de minerales entre el sustrato y la solución (los sustratos que llevan componentes orgánicos en los que las sustancias húmicas tienden a retener cationes de la solución) y los materiales inertes desde el punto de vista de su actividad química, lo que significa que los intercambios de materia entre las fases sólida y líquida deben ser nulos o muy reducidos; la inactividad química del sustrato garantiza que la solución nutriente no sea alterada por el mismo en su equilibrio iónico, razón por la que estos materiales son empleados para el cultivo en sustratos (Martínez, 2001).

Las siguientes son las propiedades químicas más importantes que debe tener un sustrato:

- Baja o suficiente capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de la fertilización que se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente. Cuando no se aplica fertirrigación de forma constante es importante que sea  $>20$  meq/100 gr.
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables
- Baja salinidad. Conductividad eléctrica de 0,15 y 0,5 dS/m.
- Elevada capacidad tampón: retener o soltar protones.
- pH ligeramente ácido: 5,3 - 6,5. pH  $< 5$ : deficiencias de N, K, y Ca. pH  $> 6$ : disminuye la asimilabilidad de Fe, P, Mn, B, Zn y Cu.
- Mínima velocidad de descomposición y la posibilidad de reutilización en un nuevo cultivo. (Martínez, 2001).

### **Otras propiedades son:**

- Libres de semillas de malas hierbas, nematodos, hongos, otros patógenos, insectos y sustancias fitotóxicas.
- Reproducibilidad y disponibilidad del material en el mercado.
- Bajo costo del precio del material y de la preparación.
- Fácil de desinfectar y estable frente a los procesos de desinfección.

- Resistencia a cambios extremos físicos, químicos y ambientales (Franco, 2001).

### **Propiedades mecánicas.**

El material debe mantener su estructura estable a lo largo del cultivo sin degradarse, pero al mismo tiempo es preferible que no sea aristado y pueda lesionar las raíces. Un material excesivamente frágil puede fragmentarse en partículas finas que reducirán la porosidad y la capacidad de aireación, sobre todo en las capas del fondo del contenedor; esto limitara la supervivencia de las raíces en las zonas afectadas, disminuyendo el volumen aprovechable de sustrato (Martínez, 2001).

La posibilidad de aprovechar como sustrato hortícola la diversidad de materiales disponibles en nuestro entorno está supeditada a un buen conocimiento de sus propiedades, ya que a partir de esto es posible saber el tipo de preparación que requiere previo a su uso, sus aplicaciones y las técnicas de manejo pertinentes. Es necesario también tener en cuenta el contenido de nutrientes y algunas características químicas del sustrato que puedan afectar el buen desarrollo de las plantas, por lo que el análisis fisicoquímico del suelo o sustrato es una herramienta valiosa para conocer su composición. Por otra parte, para favorecer un adecuado desarrollo de raíces se recomienda la aplicación de un fertilizante rico en fosforo tipo roca fosfórica (Fosforita Huila) o superfosfato triple, los cuales deben incorporarse homogéneamente a la mezcla antes de iniciar el proceso de desinfección del suelo por el método de la solarización, garantizando de esta manera un adecuado nivel de fertilidad durante el proceso de enraizamiento (Jaramillo, 2006).

### **Sustratos orgánicos:**

#### **Compost**

Son residuos orgánicos de estructura fina y descompuesta, como excrementos de animales, residuos de plantas. Físicamente aumentan la aireación y el contenido de humedad, y químicamente absorben los nutrientes evitando su lavado (nitrógeno y potasio) y liberando lentamente la solución en forma de nutrientes. Deben contener entre 35% y 50% de materia orgánica con relación al peso volumétrico, y se emplean en mezcla con sustratos inactivos o inorgánicos como la turba, la perlita, la fibra de coco o la cascarilla de arroz. (Corpoica 2013).

**Materia orgánica:**

La materia orgánica aumenta la capacidad de almacenamiento del agua, mejora la relación aire agua en el suelo, amplifica la acción de intercambio catiónico, permite la desintoxicación de metales pesados, libera compuestos químicos que estimulan el desarrollo de raíces, estimula el crecimiento de micro y macroorganismos favorables al desarrollo de las plantas y amortigua la liberación de nutrientes en la solución del suelo mejorando su estructura y composición nutritiva (Florez, 1987).

**Lombricompost:**

Resulta de los excrementos de lombrices (*Eisenia foetida*) después de digerir residuos vegetales o excrementos animales fermentados, luego se seca y se pasa a través de un tamiz para obtener una buena textura. Sirve de fertilizante y reemplaza el compost, al tiempo que ofrece muy buenas características químicas. (Corpoica 2013).

**Cascarilla de arroz**

Sustrato orgánico de baja descomposición por su alto contenido de sílice que aumenta la tolerancia de las plantas contra insectos y organismos patógenos. Se debe usar en mezcla y hasta en un 30% al 40%. Favorece el buen drenaje y la aireación, presenta baja retención de la humedad y baja capilaridad. Para evitar el “enmalezamiento” es necesario hacer germinar previamente las semillas de arroz y otras plantas que siempre contiene mediante el humedecimiento; igualmente, se requiere realizar pruebas previas de germinación de semillas para verificar que no haya presencia de residuos de herbicidas en ella (Palacios, 1992).

**Fibra de coco**

Sustrato bajo en su contenido de nitrógeno y alto en potasio; contiene cerca de 2 ppm de boro y debe llevarse hasta 0,2 ppm para utilizarlo en hortalizas, que son muy sensibles al exceso de boro, lo que exige lavado previo. Adecuándolo es una buena alternativa para países como el nuestro, donde abunda esta planta (especialmente en la costa Atlántica) y por los altos costos de los otros sustratos importados como la turba. Es el sustrato que más ha aumentado su uso en la producción de plántulas. (Avidan, 2004).

**Aserrín y virutas**

Tiene un pH ácido y, dependiendo del tipo de árbol del cual provenga, puede ser tóxico para algunas plantas; por lo tanto, debe probarse antes de usarlo en cada especie hortícola.

Tiene el problema del desconocimiento de su origen, lo que implica un alto riesgo por la eventual presencia de compuestos tóxicos en la madera. Este sustrato es un compuesto biológico con una descomposición que depende del tipo de madera y que hace que este proceso haya una alta tasa de consumo de nitrógeno, el aserrín empleado solo tiene un pésimo drenaje, aumenta su peso proporcionalmente al agua que retiene y es muy difícil de mojar inicialmente, y además causa problemas por encharcamiento. De ahí que es necesario mezclarlo con otros sustratos para mejorar su drenaje, (Palacios 1992.)

### **Turba**

Las turbas son los sustratos orgánicos naturales de uso más generalizado en horticultura. Son resultado de la descomposición completa de árboles (especialmente del género *Sphagnum*) y se producen en países de las zonas templadas como Canadá, Alemania, Finlandia, Suiza, Irlanda y Rusia, entre otros, variando según su edad y su origen. Se encuentran dos tipos de turbas: las poco descompuestas, que son materiales de reacción ácida, pobres en minerales (por estar muy lavadas, debido a su origen de zonas altas de precipitaciones abundantes) y que conservan parcialmente su estructura y un buen equilibrio entre agua y aire después del riego; y las turbas muy descompuestas, llamadas turbas negras, sin estructura, con frecuencia muy salinas y que presentan menor aireación que las anteriores, siendo apropiadas para mezclas con materiales que mejoren sus propiedades deficientes. El conjunto de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (presencia de hormonas y sustancias húmicas) es la causa de su amplia difusión en el cultivo de plantas en sustrato. Su empleo se extiende tanto a la producción de plántulas en semilleros como al cultivo de plantas en contenedores, y de la misma forma al cultivo sin suelo en general; sin embargo, su uso está siendo revaluado debido al impacto medioambiental que implica, ya que este es un material natural no renovable y es importado al país con un alto costo. (Palacios, 1992).

### **Sustratos minerales:**

#### **Arena y grava**

La arena, de granulometría comprendida entre 0,2 y 2 mm, y la grava entre 2 y 20 mm, tienen composición y propiedades dependientes de su material de origen. Para su empleo en horticultura se recomienda atender a dos aspectos: su contenido de carbonato cálcico total no superior al 10% y su distribución granulométrica, debido al efecto de la misma sobre la disponibilidad de agua y

aire. Desde este punto de vista, se recomienda emplear arena de grano entre 0,5 y 2 mm, que tiene buena porosidad aun cuando su retención hídrica es pequeña. Las granulometrías inferiores a 0,5 mm son peligrosas por el riesgo de asfixia radicular, y las superiores a 5 mm no retienen agua, lo que obliga a un rígido control o supervisión de la frecuencia del riego. Las arenas y arcillas que no contienen carbonato cálcico tienen una Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) inferior a 5 meq/100 g, pero es conveniente someterlas a un lavado ácido antes del cultivo para eliminar contenidos minerales que pueden liberarse lentamente de modo incontrolado. Las que si contienen carbonato cálcico poseen reacción química y es preferible desecharlas. Entre las ventajas más importantes de las arenas y gravas se encuentran su bajo costo, su estabilidad estructural, facilidad de limpieza y de tratamiento desinfectante, y la inactividad química en el caso de materiales no calcáreos; entre sus inconvenientes están su alta densidad (que dificulta su manejo) y su baja retención de agua.(Corpoica 2013).

### **Rocas volcánicas**

Según su origen tienen características diversas. Conviene distinguir algunos grupos que han sido más estudiados en aplicación hortícola y que difieren en sus propiedades más importantes, como lo son las zeolitas y las puzolanas, aun cuando todos los grupos son ricos en minerales. Las zeolitas son silicatos hidratados, cristalinos, con alta porosidad abierta; debido a esto su capacidad para absorber agua, nutrientes y aire es muy elevada. Las puzolanas, en cambio, tienen una alta porosidad gruesa y cerrada al exterior (hasta el 10%), por lo que su capacidad de retención de agua y nutrientes es muy baja, con alta aireación. En un material de 2 a 5 mm de partículas, la microporosidad apta para la retención hídrica es del 10% y la capacidad de aireación mayor del 50%, o puede descender a menos del 20% en el caso de partículas más finas. La porosidad total de las zeolitas de 2 a 5 mm es de alrededor del 64% frente a un 55% a 70% en las puzolanas, pero el reparto de esta porosidad es del 36% de micro poros de alta retención de agua y solo el 28% de capacidad de aireación. Las capacidades de contenedor respectivas son del 47% en las zeolitas y del 19% en la puzolana. Una parte importante del agua, un 30%, es retenida por las zeolitas a una tensión excesiva para ser aprovechada por las plantas. Esta fracción de agua se almacena en los poros más pequeños y también es atrapada higroscópicamente. Se considera, por ende, que las puzolanas son materiales químicamente inertes, en tanto que las zeolitas tienen actividad química para los cationes de cambio. Ambos sustratos son interesantes para el cultivo, aunque requieren aplicaciones y, sobre todo, manejo diferente. (Corpoica 2013)

### **3.7 Ventajas y desventajas de los contenedores de polietileno**

#### **Ventajas**

##### **Protección contra condiciones clima:**

Permite un control contra las lluvias, bajas temperaturas, vientos, en el cultivo de tomate, lo que implica una disminución del riesgo en la inversión realizada.

##### **Conservación del suelo:**

En ambientes protegidos, como el de sistema de contenedores de polietileno el suelo permanece bien estructurado y firme, no sufre las consecuencias de la erosión a causa de las lluvias y el viento ya que las labores de labranza son mínimas. Y disminuye el lavado de nutrientes dentro del contenedor de polietileno, por tanto las plantas obtienen mayor disponibilidad de los mismos, lo que se refleja en mayor productividad por unidad de área. (Corpoica 2013)

##### **Disminución en la utilización de agroquímicos.**

Dentro del sistema de contenedores de polietileno utilizan menos agroquímicos para el control de enfermedades y plagas ya que área que explora el sistema radicular es menor, por ende se disminuye el número de aplicaciones el volumen y las concentraciones de los productos.

##### **Aprovechamiento del área**

En los contenedores se puede utilizar más eficientemente el área del cultivo, ya que se, pueden sembrar más plantas por metro cuadrado. Y los Obstáculos como piedras no impiden el aprovechamiento del terreno.

##### **Control de malezas:**

La competencia por malezas es menor que en los cultivos tradicionales por que el contenedor le genera una altura mayor respecto a las malezas, la emergencia de malezas en el contenedor es muy baja ya que a las mezclas del sustrato se les hace un tratamiento para evitar la germinación de estas.

##### **Eficiencia del agua y nutrientes:**

Este sistema permite hacer un uso racional del Agua y de los nutrientes, porque cuenta con un sistema de riego por goteo.

**Otras ventajas:**

Realizar una programación en las labores de cultivo y de producción; la primera cosecha es mucho más precoz, lo que permite un mayor periodo de producción y, con esto, mayor productividad por planta y por unidad de área.

**Desventajas.****Alta inversión inicial:**

Para iniciar el sistema de contenedores de polietileno, se requiere necesariamente una infraestructura cuyo costo en materiales y mano de obra es alta en comparación con el sistema de siembra tradicional (tabla 12 y 13), se requiere, además, una inversión para el sistema de fertirrigación.

**Riego por goteo:**

Para el sistema de contenedores de polietileno solo sirve los sistemas de riego localizado, como el del riego por goteo, el sistema de riego tiene que tener uniformidad y eficiencia, ya que por el sistema de riego se enviara la nutrición, tiene que ser bien diseñado para que a todas las plantas les llegue la misma cantidad y concentración de la solución.

**Personal especializado**

Es necesario tener personal capacitado en las diferentes labores del cultivo, manejo del clima y la fertirrigación. Ya que cualquier actividad mal realizada se ve reflejada en la producción

**Supervisión permanente**

El sistema requiere monitoreo constante de las condiciones ambientales dentro del cultivo para un mejor control de plagas y enfermedades y del desarrollo productivo.

**3.8 Factores climáticos**

El empleo integral y racional de los factores climáticos es fundamental tanto para el desarrollo como para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto; por tal razón, el manejo del clima es uno de los pasos fundamentales para alcanzar altas productividades. La producción de tomate

depende principalmente de dos factores: las condiciones fisiológicas de la planta y las condiciones externas de ella. Entre las condiciones externas se encuentran la humedad del suelo y del aire, la radiación y la temperatura, observándose que estas tienen influencia sobre las condiciones fisiológicas de la planta. Se considera que el desarrollo del racimo, la flor, la viabilidad del polen, la forma del fruto, el crecimiento de la planta y el cuajamiento del fruto, son afectados por la temperatura y por tanto afectan la producción (Flores, 1986).

### **3.9 Manejo agronómico.**

#### **Semillero:**

##### **Manejo y preparación de semilleros**

En la producción de hortalizas la tendencia es adquirir las plántulas a productores especializados en propagación, cuyo costo es muy similar al que incurriría el productor normal al producir sus propios semilleros (ya que igual tendría que adecuar una infraestructura para ello) y además evita las pérdidas ocasionadas por un desconocimiento en el manejo y preparación de semilleros. En el caso de producir sus propias plántulas, es importante recordar que el semillero es el lugar de inicio de la vida productiva y reproductiva de una planta; este se debe hacer en recipientes (bandejas, vasos) debidamente adecuados para depositar las semillas y poder brindarles las condiciones óptimas de luz, temperatura, fertilidad y humedad, buscando obtener la mejor emergencia durante sus primeros estados de desarrollo hasta el trasplante al campo (Palacios 1992).

##### **Preparación del terreno**

El terreno para la siembra deberá prepararse con anticipación; esta preparación puede realizarse en forma mecánica, con tracción animal o laboreo mínimo, dependiendo de las condiciones en donde se siembre. (Corpoica 2013).

##### **Riego y drenaje**

Existen diversos sistemas de riego (aspersión, microaspersión, y goteo) (figura 4) observamos el riego por goteo. Y su uso depende de la disponibilidad de recursos, pendiente del terreno, textura del suelo, abastecimiento y calidad de agua. Con cualquiera de los sistemas seleccionados, se debe evitar someter el cultivo a deficiencias o excesos de agua. Es importante la buena distribución del riego durante todo el ciclo del cultivo, principalmente antes de la formación de frutos. Es fundamental revisar las condiciones de drenaje al interior y exterior del cultivo

para evitar aquellos excesos de humedad en el suelo que puedan ocasionar problemas de productividad y enfermedades al cultivo (Corpeno, 2004).



**Figura 4. Sistema de riego y drenajes (Castellanos 2014)**

#### **Distancias de siembras**

La densidad de siembra a utilizar depende del material a cultivar y sus características de crecimiento (determinado o indeterminado), ciclo de producción, tipo de cultivo, tipo de poda, arreglo espacial (surco sencillo o doble), tutorado y fertilidad del suelo, condiciones agroecológicas de la zona, disposición y tipo de riego, y la posibilidad de mecanización de las labores. La siembra del tomate puede realizarse en surcos sencillos o dobles. La siembra en surco sencillo se realiza con una distancia entre surcos de 1,10 a 1,30 m y una distancia entre plantas de 30 a 40 cm, (figura 5) lo que da una densidad de 1,9 a 3 plantas por  $m^2$  con podas a un solo tallo. (Jaramillo, 2007).



**Figura 5. Siembra en surco sencillo (Castellanos 2014)**

### **Trasplante**

Es el paso de las plántulas del semillero al sitio definitivo el cual se realiza aproximadamente entre 30 y 35 días después de sembrado el semillero de acuerdo con la calidad de la planta. Para esto es necesario tener en cuenta algunas consideraciones que se describen a continuación:

- Una semana antes del trasplante, disminuir el riego para endurecer las plantas, trasplantando plántulas con cuatro hojas verdaderas de altura entre 10 y 15 cm.
- Realizar el trasplante en horas de la mañana o en la tarde (con menos sol).
- Regar abundantemente el semillero dos o tres horas antes del trasplante con el fin de facilitar el arranque sin dañar las raíces y que las plantas lleguen con suficiente humedad al sitio definitivo.
- Trasplantar plantas uniformes, sanas, con hojas bien desarrolladas, de color, verde y erguidas.
- No trasplantar plantas con coloración purpura en las hojas, ya que esto indica una deficiencia de fósforo.
- Las plantas listas para el trasplante deben tener un sistema de raíces bien desarrollado que permita contener el sustrato y que este no se desmorone en el momento que la plántula sea sacada de la bandeja, buscando que cuando la planta sea trasplantada a campo el medio de crecimiento se mantenga alrededor de las raíces.
- Es preciso que las plantas listas para el trasplante tengan raíces blancas y delgadas que llenen toda la celda de arriba a abajo. Cuando las raíces son de un color marrón y no se extienden hacia la parte inferior del contenedor, es síntoma de que han estado creciendo bajo un estrés de humedad o tienen problemas de pudriciones radicales, lo cual puede retardar el enraizamiento en campo (Corpoica 2013).

## **Poda**

La poda se realiza con el fin de potencializar las partes de la planta que tienen que ver con la producción y eliminar aquellas que no tienen incidencia con la cosecha para, de esta forma, concentrar energía y lograr frutos de mayor calibre, sanos, vigorosos, precoces y firmes. La poda tiene por objeto balancear el crecimiento reproductivo y vegetativo, permitiendo que los fotoasimilados se canalicen hacia los frutos e indirectamente ayuden a mejorar la aireación del cultivo; a su vez, la poda y tutorado se hacen en función del tipo de cultivar, diseño de plantación y ciclo productivo. En materiales de tomate de crecimiento indeterminado es indispensable realizar la poda de diferentes partes de la planta (como tallos, chupones, hojas, flores y frutos) y así permitir mejores condiciones a las partes que quedan en ella y que tienen que ver con la producción, eliminando a la vez las plantas que no tienen incidencia con la cosecha y que pueden consumir energía necesaria para lograr frutos de mayor tamaño y calidad (Lobo y Jaramillo, 1984).

## **Tipos de poda**

### **Poda de formación**

El tomate presenta la característica que en la intersección entre cada hoja y el tallo emite una yema axilar, también llamada brote. El vigor del brote siempre es diferente, es decir, el brote que está justo por debajo de la primera inflorescencia es más vigoroso que los que están en la parte inferior o superior del mismo. La poda de formación es la primera que se le realiza a la planta entre los 20 y 30 días después del trasplante, y es la que define el número de tallos a desarrollar. Se pueden trabajar plantas a uno, dos, tres y hasta cuatro tallos. La decisión del número de tallos depende de la calidad del suelo, la distancia de siembra, el material utilizado y el tipo de tutorado empleado; no obstante, lo más recomendable en condiciones protegidas es trabajar la planta a un solo tallo para facilitar su tutorado y manejo (Zeidan, 2005).

### **Poda de yemas o chupones**

Los objetivos de esta poda son: reducir competencia entre órganos en crecimiento, racimos y brotes vegetativos; mejorar ocupación del volumen aéreo; y facilitar la aireación de la planta y la incidencia de la luz en las hojas. Una vez se define el número de tallos a dejar en la planta se eliminan todos los brotes que se desarrollan en el punto de inserción entre el tallo principal y los peciolos de las hojas. Los brotes se deben eliminar manualmente antes de que tengan un tamaño no mayor de 3 cm con el objetivo de que no absorban los nutrientes que se

requieren para la formación y llenado del fruto; además, este tamaño permite eliminar los brotes sin dejar heridas evidentes en las plantas (Martínez, 2001).

### **Poda de hojas o deshojado**

Cuando el follaje es muy intenso o se ha presentado alguna enfermedad foliar conviene hacer una poda de hojas para mejorar la ventilación e iluminación del cultivo. Las hojas viejas, amarillentas, senescentes o enfermas, deben ser removidas. Con esto se busca mejorar la entrada de luz en la planta; lograr mayor floración, y cuaje y homogeneidad en el tamaño, calidad y maduración de frutos; así como aumentar la ventilación y bajar la humedad relativa en la base de las plantas, rompiendo el microclima que favorece el desarrollo de enfermedades. Por otro lado, es esencial eliminar las hojas enfermas que sean fuente de inóculo de plagas y enfermedades (Zeidan, 2005).

### **Poda de flores y frutos**

El objetivo de este tipo de poda es balancear el número, tamaño y daño de los frutos en el racimo y a lo largo de la planta (figura 6). La poda de flores y frutos va a depender del tipo de mercado que tenga el productor y de la variedad utilizada, pues algunas variedades producen gran número de flores por inflorescencia, los frutos no se desarrollan bien y son de calibres tan pequeños que no satisfacen la demanda del mercado. En este caso, se recomienda eliminar flores antes de que sean polinizadas. (Terán 2007).



**Figura 6. Poda de frutos con daño fisiológico (castellanos 2014)**

## **Tutorado y amare**

El tutorado permite un crecimiento vertical de las plantas y facilita las labores del cultivo. Consiste en guiar verticalmente las plantas a lo largo de una cuerda evitando que las hojas, y sobre todo los frutos, toquen el suelo. Entre las ventajas de la instalación de un adecuado tutorado se encuentran las siguientes:

- Evita daños mecánicos a la planta tanto por el peso de los frutos como durante las prácticas culturales.
- Obtiene frutos de mejor calidad, ya que estos no tienen contacto con el suelo.
- Mejora la aireación general de la planta, factor importante para una mayor sanidad del follaje.
- Facilita el control fitosanitario y la cosecha de los frutos.
- Favorece el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales.

Generalmente el tutorado puede hacerse con estacones de madera o guadua, diseñándolo de tal manera que tenga el menor número de estacones para evitar el sombrío sobre las plantas. También puede ser parte de la estructura en el caso de los invernaderos metálico siempre y cuando en los cálculos de diseño del mismo se tengan en cuenta las cargas que debe soportar, las cuales están alrededor de 30 kg/ <sup>2</sup>. (Corpoica 2013).

## **Control de malezas:**

### **Control Manual**

Con herramientas manuales (cuma, azadón, machete, etc.). Se recomienda hacer controles manuales únicamente en la línea de siembra, donde va la manguera de goteo, teniendo cuidado de no romperla. (Corpoica 2013)

### **Control químico:**

Se utilizan herbicidas selectivos o quemantes. Se aconseja usar Metribuzina (Sencor) aplicándolo 20 a 40 días después del trasplante (figura 7), cuando el tomate este bien establecido y las malezas tengan 4 o 5 hojas (el control es más eficiente en malezas de menos de 4 cm). El tipo de malezas que controla son las anuales de hoja ancha y angosta. Cuando se aplica el herbicida, el terreno debe estar húmedo pero sin charcos; no es conveniente en suelos salinos, arenosos o en condiciones adversas (Corpiño, 2004).



**Figura 7. Cultivo de tomate libre de malezas, aplicación de sencor (Castellanos 2014)**

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1 Localización

La investigación se realizó en la finca “el hatu” en el municipio de Arbeláez en el departamento de Cundinamarca georeferenciado bajo coordenadas 4° 16' 203" latitud norte y 74° 24' 511" longitud oeste, ubicada a una altura de 1432 m.s.n.m, temperatura promedio de 23° C y humedad relativa promedio de 75%. La finca el hatu presenta un suelo arcilloso limoso, textura gruesa

### 4.2 Levantamiento topográfico

Este se realizó por medio de un GPS, con un área de 1907 metros cuadrados y unas coordenadas citadas anteriormente. También se midió por medio de cinta métrica el cual cita un área similar (figura 8).

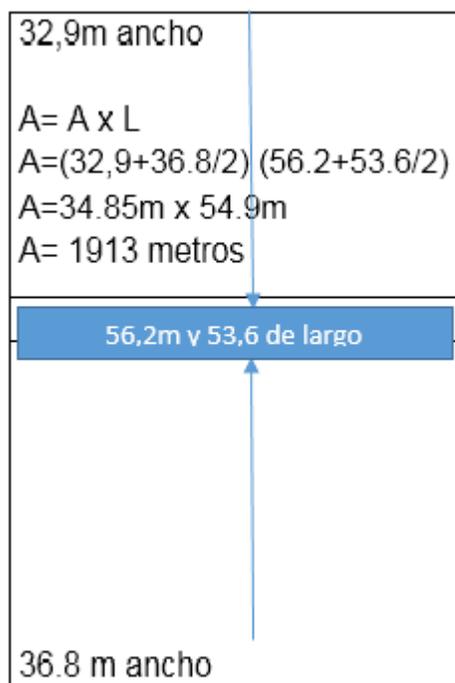


Figura 8. Mapa del lote experimental.

### 4.3 Preparación de sustrato y llenado de contenedores

#### Características de los contenedores:

Los contenedores utilizados en el ensayo fueron de color negro (figura 9), con unas medidas de 25 cm de ancho, 30 cm de alto y un volumen de 14,7 litros



**Figura 9. Contenedores de polietileno (Castellanos 2013).**

Antes de iniciar la preparación de los diferentes sustratos, se ubicaron en lotes 4 sitios estratégicos para la mezcla de los diferentes tratamientos (sustratos), el primer paso fue calcular el total de metros cúbicos demandados para esta área (Anexo 1).

Cada línea tenía una longitud de 25 metros lineales. La distancia entre plantas fue de 0.3, y 1.30 metros entre línea (surco) 83 plantas por línea (surco) y 2075 plantas por tabla, el lote tiene 2 tablas de la misma área para un total de 4150 plantas o (contenedores). Los metros cúbicos del sustrato se calcularon de la siguiente forma: (Anexo 1) Cada unida experimental estaba constituido por 166 plantas y tres repeticiones para un total de 664 plantas por repetición, la población de plantas del área experimental fue de 1992 plantas.

El compost de gallinaza adicionado a la mezcla, fue tratado durante 65 días, a este compost se le manejo la humedad y temperatura, el contenido de humedad se controlaba empíricamente con la prueba de puño y la temperatura interna del compost se controlaba con un termómetro (figura 10) si la temperatura era mayor de 60 grados centígrados, se realizaba el volteo. A mayor tiempo del compostaje la temperatura era menor.



**Figura 10. Termómetro para medir temperatura del sustrato ( Castellanos 2014)**

Después de tener listas las diferentes proporciones de los tratamientos para preparación de sustrato y llenado de contenedores, se realizó la mezcla física incorporando compost, suelo, cascarilla. Esta mezcla se realizó de forma manual. En momento de la mezcla y los volteos se aplicó (figura 11) un bactericida a base de yodo (Agrodine ® 2 cc/ litro de agua) y un fungicida de ingrediente activo captan (Orthocide ® 2 gramos / litro de agua).



**Figura 11. Mezcla del sustrato (castellanos 2014)**

Después de mezclar se realizó los correctivos de pH de acuerdo con la recomendación del laboratorio (Anexo 2). Se incorporó cal dolomita, roca fosfórica, se dejó 15 días, luego se procedió a llenar los contenedores.

#### **4.4 Diseño experimental.**

Se empleó un diseño de bloques completos al azar con cuatro (4) tratamientos, y tres (3) repeticiones (tabla 2); los tratamientos consistieron en diferentes porcentajes compost, suelo, cascarilla (tabla 3 y 4). El área experimental estaba

constituida por 1992 plantas y cada unidad experimental estaba representada por 166 plantas.

Se seleccionaron y se marcaron, 5 plantas al azar por tratamiento a estas plantas se les registraron la variable altura en centímetros cada 7 días, a las 166 plantas por tratamiento y repetición se les tomaron los registros de cada cosecha en kg, y los porcentajes de tamaño.



**Tabla 2. Mapa del diseño experimental en campo. (Castellanos 2014)**

Nombre del tratamiento	Compost (C)	Suelo (S)	Cascarilla (Q)	Densidad aparente
T1 C:S:Q (10:50:40)	10%	50%	40 %	0.75
T2 C:S:Q (10:40:50)	10%	40%	50 %	0.65
T3 C:S:Q (10:30:60)	10%	30%	60 %	0.55
T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0)	-	100%	-	1.22

**Tabla 3. Descripción de los diferentes tratamientos (Castellanos 2014)**

<b>Nombre del tratamiento</b>	<b>Tratamiento 1</b>	<b>Tratamiento 2</b>	<b>Tratamiento 3</b>
<b>kg compost</b>	1.04	1.04	1.04
<b>V. compost (litros)</b>	1.47	1.47	1.47
<b>Densidad de compost (g/m<sup>3</sup>)</b>	0.71	0.71	0.71
<b>Kg suelo</b>	8.96	7.17	5.38
<b>V. suelo (litros)</b>	7.35	5.88	4.41
<b>Densidad suelo (g/m<sup>3</sup>)</b>	1.22	1.22	1.22
<b>Kg cascarilla</b>	1.17	1.47	1.76
<b>V. cascarilla (litros)</b>	5.88	7.35	8.82
<b>Densidad cascarilla (g/m<sup>3</sup>)</b>	0.22	0.22	0.22
<b>Peso de cada contenedor (kg)</b>	11.17	9.68	8.18
<b>Volumen contenedor</b>	14.7	14.7	14.7
<b>Densidad de la mezcla (g/m<sup>3</sup>)</b>	0.75	0.65	0.55

**Tabla 4. Descripción de los diferentes tratamientos (Castellanos 2014)**

#### **4.5 Diseño y ejecución del sistema**

Una vez establecido el diseño experimental se ubicaron los contenedores con su respectivo sustrato y se marcaron, se sortearon a la azar las repeticiones y los diferentes tratamientos, El lote del área experimental está dividido en dos áreas iguales (2 tablas o sublotes) (figura12). Cada tabla tenía 25 surcos. Para ubicar los contenedores se trazó un hilo para que cada línea de contenedores hiciera una recta, para no tener problemas con las labores del cultivo, las distancias de los contenedores fueron de 0,3 metros de centro de contenedor a centro de contenedor y las distancias de líneas es de 1,30 metros. Luego de tener el 100% de los contenedores ubicados en el área experimental, se ubicaron las líneas de riego, que para este estudio fueron cintas, en sistema de riego por goteo.



**Figura 12. Diseño y ejecución del sistema (Castellanos 2014)**

#### **4.6 Trasplante**

Las plántulas híbrido calima fueron compradas a Impulse semillas, estas plantas llegaron empacadas en cajas de cartón, cada caja contenía 1000 plantas. Luego se marcaron los sitios en los contenedores en los cuales fueron ubicadas las plantas. En los contenedores se hizo un hueco de tamaño ligeramente mayor al volumen ocupado por el sistema radicular que contiene la planta que se va a trasplantar. Al momento del trasplante, fue necesario que todas las plantas de los diferentes tratamientos y repeticiones tuvieran la misma altura (10 cm). Una vez trasplantadas (figura 13), se inició las descargas de agua por el sistema de riego por goteo.



**Figura 13. Trasplante (Castellanos 2014)**

#### 4.7 Labores agronómicas

**Podas:** la primera poda que se realizó a los 18 días después del trasplante, de ahí en adelante se realizaban podas 2 veces por semana. Las podas consistían en eliminar todos los brotes axilares (chupones) y hojas viejas, amarillentas, senescentes o enfermas. Se trabajó plantas a un tallo en toda el área experimental. Lo más recomendable es trabajar la planta a un solo tallo para facilitar su tutorado y manejo (Zeidan, 2005). Todo el material vegetal eliminado (figura 14) de las plantas era recogido y sacado del área del cultivo.



**Figura 14. Podas y material vegetal eliminado (castellanos 2014)**

**Tutorados y amarre:** el sistema de tutorado del área experimental es el vertical sencillo más emparrado (Castellanos 2014). Utilizando una sola línea de alambre para la siembra a surco sencillo, y otros alambres para formar el emparrado. El primer amarre se hizo a los 20 días después del trasplante de ahí en adelante se realizaban cada 10 a 15 días se realizaron 6 amarres al alambre sencillo (figura 15) y 1 amarres al emparrado, los primeros 3 amarres se hicieron con hilaza referencia: 8,3 y el resto de amares se hicieron con fibra ya que esta es más resistente. Porque en ese momento las plantas comenzaron hacer el llenado de fruto y el peso se incrementó.



**Figura 15. Amare de la planta al sistema de tutorado (Castellanos 2014)**

#### **Control de malezas:**

Se realizó una aplicación química post-emergente para controlar malezas, bledo (*Amarantus dubluis*); lengua de vaca (*Rumex crispus*); entre otras (figura 16) con un herbicida selectivo de ingrediente activo Metribuzina (Sencor 1 cc/ lt de agua) se aplicó a los 30 días después del trasplante, cuando el tomate estaba bien establecido. El otro control de maleza fue manual en cada uno de los contenedores a los 25 días después del trasplante.



**Figura 16. Plantación después de la aplicación de sencor (Castellanos 2014)**

### Fertilizaciones:

La fertilización edáfica se realizó antes del trasplante 30 gramos de una mezcla física. (Tabla. 5) y por medio del sistema de riego, las fertilizaciones se realizaban con concentraciones, bajas (tabla 6) y frecuencias de aplicaciones cortas, en la etapa vegetativa se fertilizo 1 vez por semana (tabla. 6) y en la fase de floración, y cosecha se fertilizo 2 veces por semana. (tabla.7)

Fuente	Proporciones	Kilos	Aporte de elementos kilos	Gramos por contenedor
Dap	40	50	N= 9 P= 23	12
Agrimins	20	25	N=2 P=1.25 Ca= 4.5 Mg= 1.5 S= 0.4 B= 0.25 Zn= 0.625	6
10-30-10	40	50	N= 5 P= 15 K= 5	12
total	100	125	67.5	30

**Tabla 5. Primera fertilización solida al llenado del contenedor.**

fuentes	% del elemento	Litro de agua	g/litro De agua	Kilos por aplicación	Total	Numero de aplicaciones	Aporte de elemento en kilos
<b>Ácido fosfórico</b>	P= 61	2000	0.326	0.652	9.8 kilos (o) 6.1 lt	15	P=5.9
<b>Raizal</b>	N= 9 P= 45 K= 11	2000	2	4	4 kilos	1	N= 0.36 P= 1.8 K= 0.44
<b>MASTER 13-40-13</b>	N= 13 P= 40 K= 12	2000	6	12	60	5	N= 7.8 P= 24 K= 7.8

**Tabla 6. Fertilización del día 1 al día 30 después del trasplante.**

Fuente	% de elemento	Litros de agua	g/ litro de agua	Kilos por aplicación	Total de kilos	Numero de aplicaciones	
Fosfato mono amónico	N=11 P=50	4000	4	16	80	5	N= 8.8 P= 40
Nitrato de calcio	N=15 Ca= 19	4000	2	8	50	6	N= 7.5 Ca= 9.5
Nitrato de potasio	N=13 K= 46	4000	4	16	112	7	N= 14.5 K= 51.5
Sulfato de magnesio	S= 13 Mg= 16	4000	6	24	144	6	S= 18.7 Mg= 23
Master producción	N= 15 P= 5 K= 30	4000	1.25	5	100	20	N= 15 P= 5 K= 30
Riego menores	Elementos menores	4000	0.25	1	6	6	

**Tabla 7. Fertilización a partir del día 30 después del trasplante.**

### Riego

El riego del área experimental, estaba dividido por cuatro (4) módulos de riego, el riego se realizó 2 veces al día .con un tiempo de 10 a 40 minutos según el estado de desarrollo de la planta. (Tabla 8) y las condiciones de clima.

Aplicación diaria (contenedor/ litro/ día)

Semana	Estado de Desarrollo	Aplicación mínima		Aplicación máxima	
		T. menor de 19 grados	Promedio de 19	T. mayor de 20 grados	Promedio de 20
1	Enraizamiento	0.3 litro		0.5 litro	
2 - 5	1 a 4 racimo floral	0.4 litro		0.7 litro	
6 - 9	5 a 9 racimo floral	0.8 litro		1.5 litro	
10 - 26	Cosecha	1 litro		2.2 litro	

**Tabla 8. Descargas de agua por contenedor.**

## Cosecha

Las cosechas iniciaron el 22 de diciembre del 2014 y finaliza 20 de abril del 2015, se hicieron 33 recolecciones, estas recolecciones se hacían dos veces en la semana. Cada tratamiento por repetición era recolectado en canastillas diferentes para luego pesar y clasificar por tamaño. El tamaño está determinado por el diámetro máximo ecuatorial. Para todas las variedades de tomate, exceptuando el Cherry, se utiliza la clasificación por tamaño, establecida según la norma técnica colombiana NTC 1103-1, después del registro de los datos eran empacados en canastillas con un peso neto de tomate de 25 kilos (figura 17) la clasificación fue 1, 2, 3, (grueso, semigrueso y parejo). (Tabla 9)

clasificación	Peso en gramos	Diámetros ecuatorial (cm)
<b>Grueso (1)</b>	Mayor de 140	Mayor 5
<b>Semigrueso (2)</b>	De 70 a 139	De 4 a 4.9
<b>Parejo (3)</b>	Menor de 69	Menor de 4 a 3

**Tabla 9. Clasificación del tomate por peso y tamaño NTC 1103-1 (Corabastos 2014)**



**Figura 17. Tomate cosechado (castellanos 2014)**

### 4.8 Registro de datos

Los datos eran registrados en campo por medio de un registro y luego eran copiados en una hoja de Excel. Los datos de crecimiento en la variable altura en cm se medían cada 7 días, para esta variable se marcaron 5 plantas al azar por tratamiento, los datos se comenzaron a registrar desde el momento de trasplante hasta la semana 9. La obtención de los datos se hizo con una cinta métrica desde la base del tallo hasta la parte apical de la planta. Los datos de cosecha se registraban 2 veces por semana, para esta variable se tomaron el total de plantas por tratamiento cuyo número era de 166 plantas. Se registró kilogramos por

tamaño para tener porcentaje de grueso semigrueso y parejo por cada tratamiento. Cada tratamiento por repetición era recolectado en canastillas diferentes para luego pesar y clasificar por tamaño los frutos, el registro de los datos de cada uno de los tratamientos era citado en las tablas de los Anexos (3 y 4)

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Altura de planta.

Los tratamientos T1 C:S:Q (10:50:40), T2 C:S:Q (10:40:50), T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0) presentaron las mayores alturas alcanzadas en los muestreos, en el día 63 después del trasplante. Una altura promedio de T1 C:S:Q (10:50:40) (172,9 cm), tratamiento 2 (172,5 cm) y tratamiento 4 (173,1 cm) los resultados dan a entender una altura menor en el tratamiento 3 T3 C:S:Q (10:30:60), porque las características físicas de la mezcla como infiltración, retención, afectan la toma de agua y nutrientes por la planta, y es debido a la proporción 60% de cascarilla, Por su parte (Palacios, 1992) menciona que la cascarilla de arroz, Favorece el buen drenaje y la aireación, pero presenta baja retención de la humedad y baja capilaridad,

En la figura (18) se observa la dinámica de crecimiento en la variable altura en cm de las plantas en los diferentes tratamientos durante su cultivo. El análisis de varianza para la variable altura en los tratamientos muestra diferencia significativa (figura 19), porque ( $p$  valor  $< 0,0001$ ). El tratamiento 3. T3 C:S:Q (10:30:60), en este tratamiento las plantas registraron un menor crecimiento respecto a los otros tres tratamientos, por su parte (Martínez 2001) menciona que la mezcla del sustrato a un mayor porcentaje de cascarilla, pierde propiedades físicas como, retención de humedad y una infiltración alta.

Las curvas que describe la altura de las plantas de tomate en los diferentes tratamientos, en el sistema de contenedores de polietileno muestran un crecimiento continuo y sostenido desde el momento del trasplante. Es notoria la diferencia de altura del tratamiento 3 y los otros tratamientos (tabla 3). Siendo las plantas del tratamiento 3 las menor altura en los muestreos realizados.

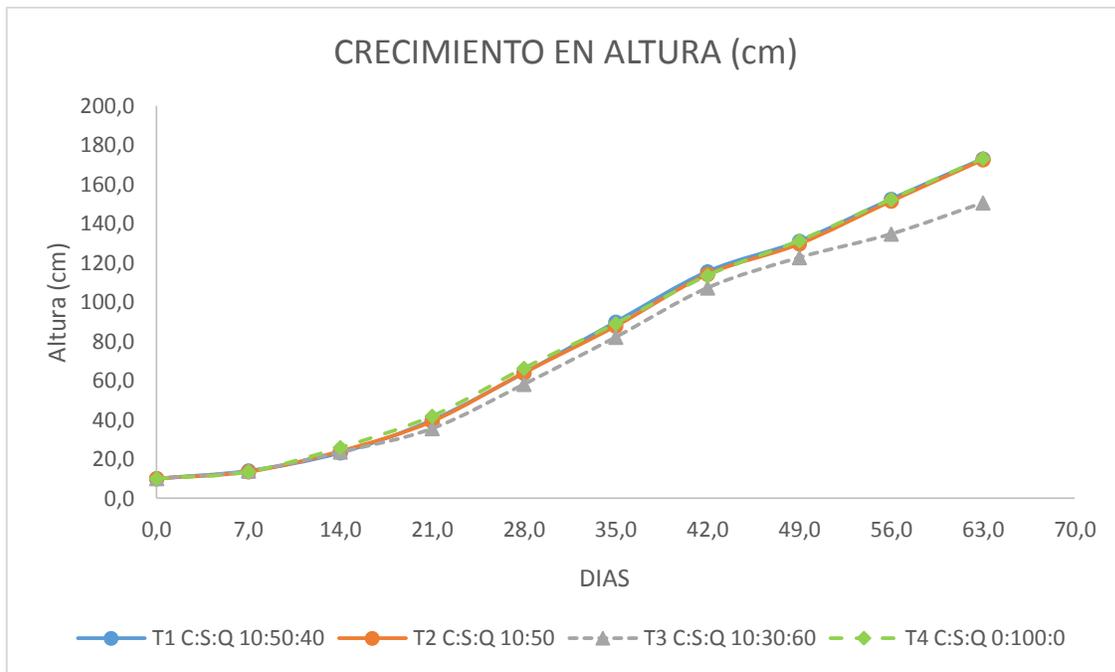


Figura 18. Grafica altura de plantas en los 4 tratamientos.

**Análisis de la varianza para la variable altura de las plantas.**

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
LONGITUD	Cm 600	0,98	0,98	10,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	1776121,17	6	296020,19	4047,93	<0,0001	
TTO	6175,37	3	2058,46	28,15	<0,0001	
REPETICIONES	73,80	2	36,90	0,50	0,6040	
DIAS	1769872,00	1	1769872,00	24202,14	<0,0001	2,70
Error	43365,35	593	73,13			
Total	1819486,52	599				

Figura 19. Tabla de Análisis de la varianza (altura)

## Prueba de tukey para los tratamientos y las repeticiones en la variable altura

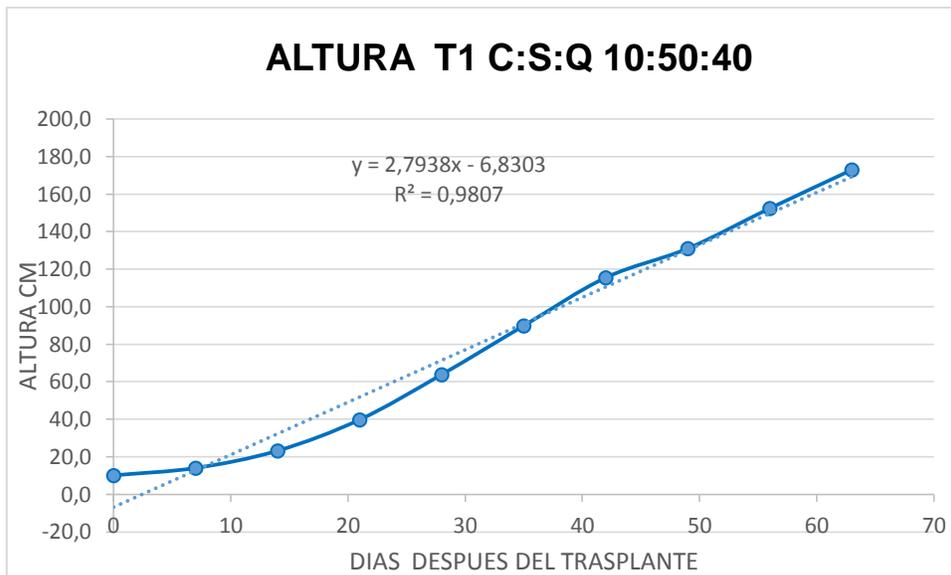
```
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,58485
Error: 73,1288 gl: 593
TTO Medias n
-----
3      73,76 150  A
2      80,56 150  B
1      81,17 150  B
4      81,62 150  B
-----
Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,03779
Error: 73,1288 gl: 593
REPETICIONES Medias n
-----
2              78,88 200  A
1              79,23 200  A
3              79,73 200  A
-----
Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)
```

**Figura 20. Tabla prueba de tukey variable altura**

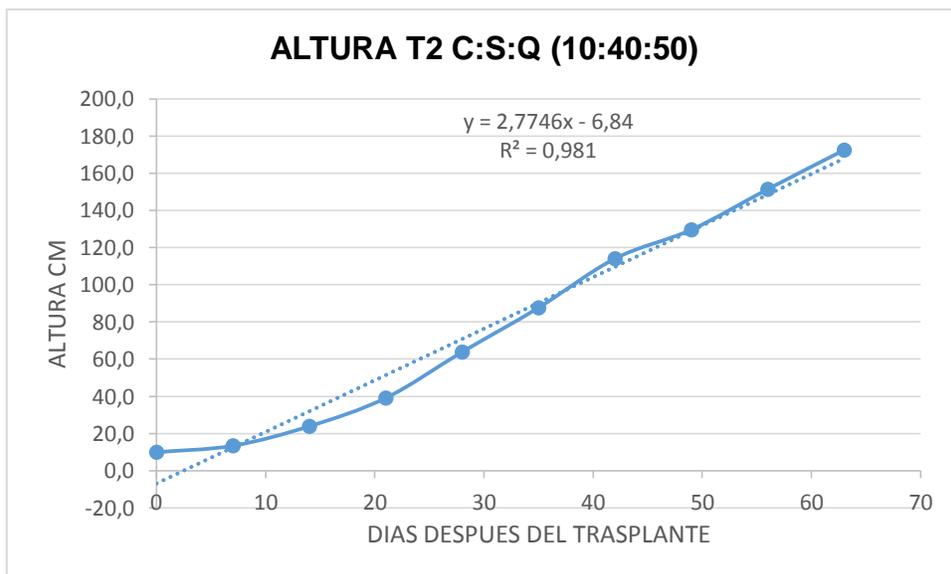
La prueba de tukey (figura 20) registro diferencia entre el T3 C:S:Q (10:30:60). Los tratamientos T1 C:S:Q (10:50:40), T2 C:S:Q (10:40:50), T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0) estadísticamente en la variable altura son iguales (figura 20), las tres repeticiones en la variable altura en cm no arrojan diferencia significativa.

En la figura (21) se observa el crecimiento promedio en altura de las plantas del tratamiento T1 C:S:Q (10:50:40), el análisis de varianza muestra diferencia significativa con el tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60). (figura 19), al día 63 después del trasplante no supera en altura al tratamiento testigo, el crecimiento promedio diario en altura del tratamiento 1 es de 2,74 cm.



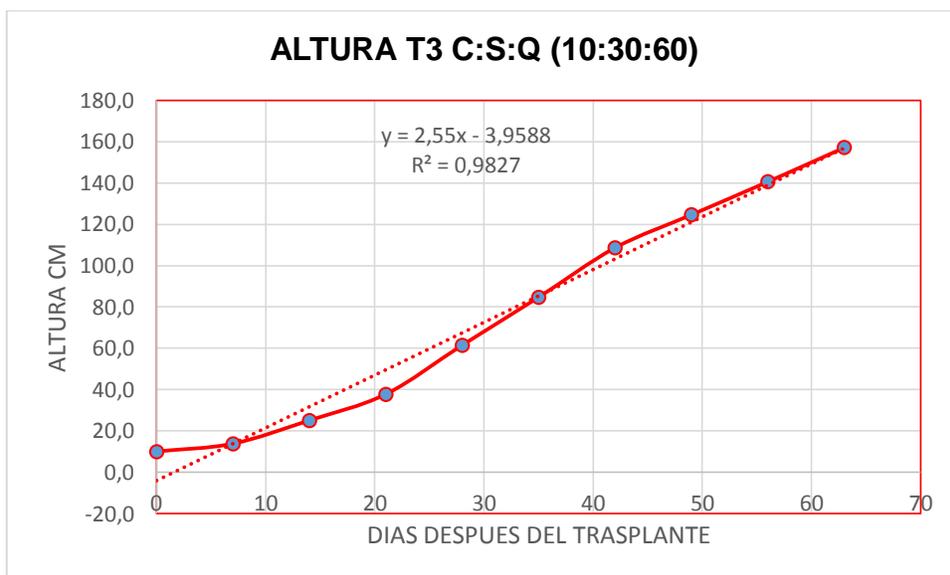
**Figura 21. Grafica altura tratamiento**

En la figura (22) se observa la dinámica de crecimiento del tratamiento T2 C:S:Q (10:40:50), el cual tiene un promedio de crecimiento en altura de 2,7 cm día, no tiene diferencia significativa con los tratamientos T1 C:S:Q (10:50:40) y T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0), pero si arrojo diferencia significativa con el tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60).



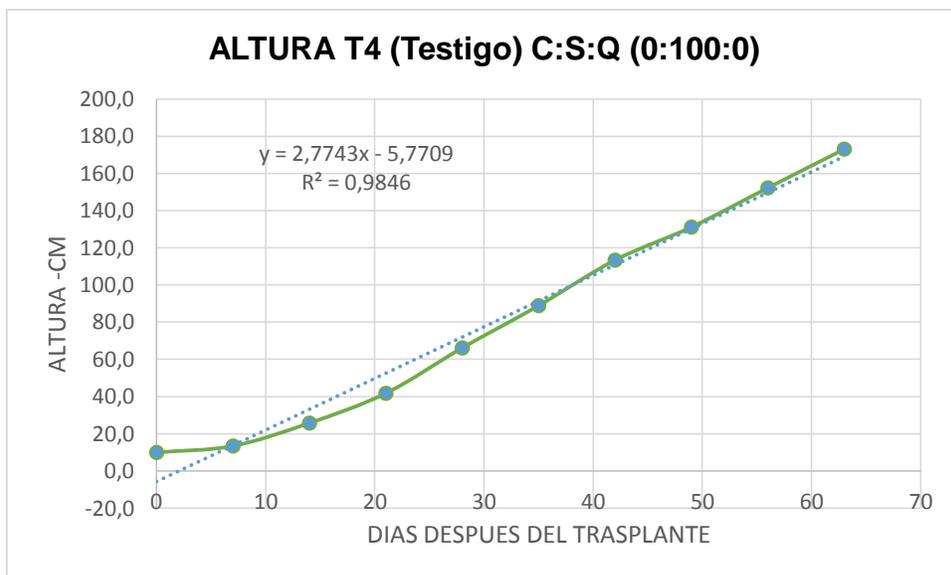
**Figura 22. Grafica altura tratamiento 2**

En la figura (23) se observa el crecimiento de la variable altura del tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60). El análisis de varianza muestra diferencia significativa con los demás tratamiento, lo que indica que fue el peor tratamiento por que las proporciones de la mezcla no le generaban adecuadamente algunas condiciones como retención de húmeda, intercambio cationes y aniones (palacios 1992) y la infiltración se daba muy rápido ya que el porcentaje de cascarilla es muy alto. Este hecho incita a decir que dichas proporciones de la mezcla del tratamiento 3 no poseen ni retienen nutrientes suficientes que desfavorecen el crecimiento en altura de las plantas de tomate, por su parte Jacobo (1973) menciona que al utilizar una mezcla esta debe ser favorable, debido que tiene que tener la capacidad de activar los procesos microbiológicos y químicos fomentando simultáneamente su estructura, aireación y capacidad de retención de humedad. El crecimiento promedio en este tratamiento es de 2,5 cm día.



**Figura 23. Grafico altura tratamiento 3**

En la (figura 24) se observa la altura de las plantas en el tratamiento T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0) las plantas en este tratamiento estaban sembradas directamente en el suelo, por ende las condiciones físicas y químicas eran de forma natural. El crecimiento en altura promedio fue de 2,74 cm día.



**Figura 24. Grafica altura tratamiento 4**

El análisis de regresión (anexo 5) para los tratamientos en la variable altura muestran una buena relación entre los días y el crecimiento en altura, esto indica que los datos fueron bien tomados en campo y por ende son confiables. En los cuatro tratamiento (F) fue mayor al (valor crítico de F), en este caso la regresión explica que los datos fueron significativos.

## 5.2 Rendimiento

Estos resultados (tabla 10) están estrechamente relacionados con las características fisicoquímicas del sustrato como retención de humedad, infiltración intercambio catiónico y Ph (franco 2001). Las propiedades físicas constituyen el conjunto de características que describen el comportamiento del sustrato en relación con su porosidad, que ha de determinar las fracciones sólida, líquida y gaseosa del mismo y por tanto las cantidades de agua y aire de las que va a disponer la planta. Por con siguiente, de dichas características dependen tanto la nutrición de la planta como la respiración radicular y todos los procesos afectados por ellas. Una vez que el sustrato ha sido ocupado por las raíces dentro de un contenedor, no es posible modificar sus propiedades físicas si el medio es inadecuado (Martinez,2001).

Numero de cosecha	Kilos		kilos		kilos		kilos	
	T1 (10:50:40)	C:S:Q	T2 (10:40:50)	C:S:Q	T3 (10:30:60)	C:S:Q	T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0)	
1	16,8		15,8		13,4		15,6	
2	20,6		21,1		17,9		20,8	
3	33,7		30,9		26,4		33,1	
4	31,3		31,9		26		29,8	
5	38		37,7		28,3		37,6	
6	36,3		33,4		28,3		34,2	
7	35,5		32,3		26		31,1	
8	32,4		29,8		22,4		33,9	
9	28		27,2		19,2		27,6	
10	27,1		25,6		20,8		26,5	
11	41,8		44,4		27		40,2	
12	38,8		39,8		25,3		36,3	
13	41,1		41,5		23,5		40,5	
14	34,5		38,7		23,9		37,8	
15	54,5		52,5		26,5		57,6	
16	54		52,7		21,3		53,1	
17	43,7		45,8		19,1		40,8	
18	37,7		38,7		14,9		35,7	
19	32,9		34,3		10,6		30,4	
20	28,8		28		6,9		26,5	
21	23,1		24,1		3		26,1	
22	24,5		26,2		3,3		25	
23	19,9		20,6		2		20,8	
24	19,5		20,5		1,6		18,9	
25	19,6		19,6		1,1		17,7	
26	18,5		18,4		0,8		15,2	
27	18,2		16,8		0,4		13,9	
28	15,7		15,6		0		13	
29	10,3		9,8		0		9,5	
30	9,3		8,5		0		8,4	
31	7,9		6,9		0		6	
32	5,9		5,1		0		3,6	
33	3,7		3,3		0		3,9	

**Tabla 10. Numero de cosechas en cada tratamiento.**

Otro factor que puede modificar la variable producción es el agua y la nutrición de la plantación (Fuentes, 1991) teniéndose que a mayor cantidad de suelo en el contenedor, mayor retención y menos infiltración, estas condiciones se ven reflejadas en la producción de frutos, Para este experimento la densidad de siembra fue de 2,5 plantas por metro cuadrado.

El análisis de varianza para la variable rendimiento, muestra diferencia significativa entre los tratamiento por que el ( $p$ - valor  $< 0,0001$ ) y entre las repeticiones no se da diferencia significativa ya que el ( $p$ - valor  $>0,5933$ ) (Figura 25)

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Columna3	12	1,00	1,00	1,48

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	459005,70	5	91801,14	695,83	$<0,0001$
Columna1	150,46	2	75,23	0,57	0,5933
Columna2	458855,25	3	152951,75	1159,34	$<0,0001$
Error	791,58	6	131,93		
Total	459797,28	11			

**Figura 25. Análisis de la varianza variable rendimiento.**

La prueba de tukey registro diferencia entre tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60), y los demás tratamientos. El tratamiento T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0) y el tratamiento T1 C:S:Q (10:50:40) registran diferencia . Y el tratamiento T2 C:S:Q (10:40:50) en la variable rendimiento es igual al tratamiento 1 y 4. (Figura 26)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=32,46774

Error: 131,9297 gl: 6

Columna2 Medias n

t3	440,00	3	A
t4	870,93	3	B
t2	897,60	3	B C
t1	903,57	3	C

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

**Figura 26. Prueba de tukey variable rendimiento.**

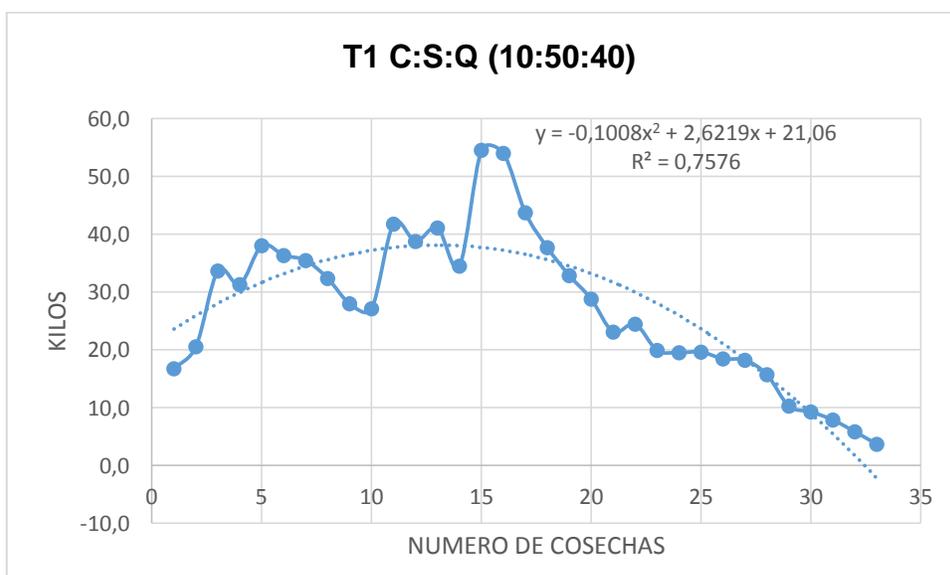
Los resultados de kilogramos de tomate por tratamiento y por planta se pueden atribuirse a las características físicas y químicas de la mezclas del sustrato (tabla 11). En condiciones protegidas, las plantas se pueden sembrar en suelo, sustratos orgánicos, sustratos artificiales o con una mezcla apropiada de estos. Siempre se debe lograr un sustrato con características físicas, químicas y biológicas adecuadas, que faciliten el crecimiento y desarrollo de la planta (Avidan, 2004).

tratamiento	T1 (10:50:40)	C:S:Q T2 (10:40:50)	T3 (10:30:60)	C:S:Q T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0)
<b>Proporciones</b>	(40% cascarilla, 50 % suelo, 10% compost)	50% cascarilla 40% suelo 10% compost	60% cascarilla 30% suelo 10% compost	100 suelo Tradicionalmente
<b>infiltración</b>	media	media	alta	Media
<b>Retención de humedad</b>	Media	media	baja	Media
<b>K de tomate / tratamiento</b>	903,6	887,6	446,3	870,9
<b>Kilos de tomate/ planta</b>	5,44	5,40	2,68	5,24

**Tabla 11. Rendimiento en kilos de cada tratamiento.**

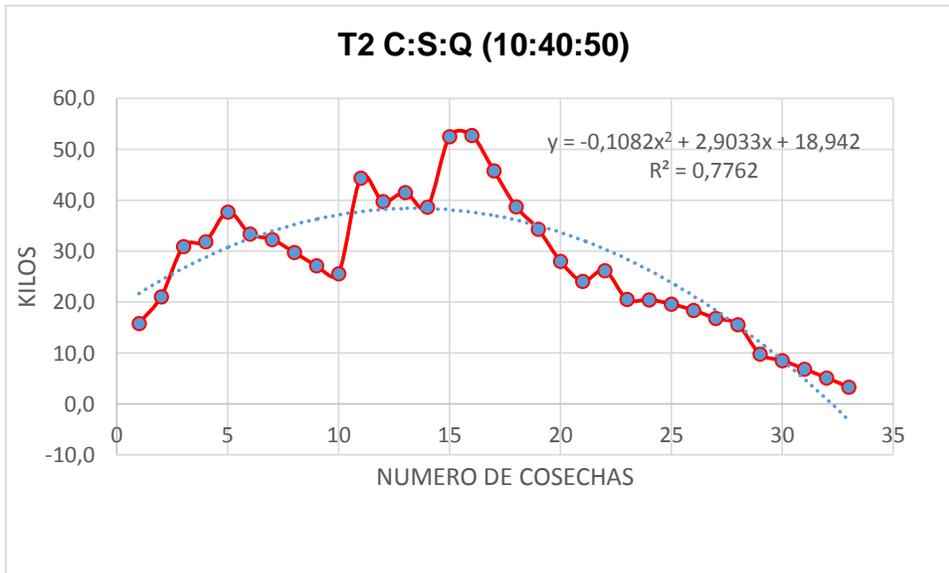
La razón de obtener los mejores resultados en los tratamientos 1, 2 y 4 se debe posiblemente al efecto constante de la solución nutritiva y la retención de la mezcla de los sustratos. (Tabla 5 y 6), la solución nutritiva para el tratamiento 3 fue igual, pero el alto contenido de cascarilla, no favoreció la retención de humedad, (Martinez, 2001).

En la (figura 27) se muestra los rendimientos de producción en el tratamiento T1 C:S:Q (10:50:40), la línea de tendencia en la gráfica del tratamiento 1 es polinómica. 903.6 kilos en el ciclo de la plantación para este tratamiento, y un rendimiento por planta de 5.44 kilos, y por metro cuadrado 13,6 kilos.



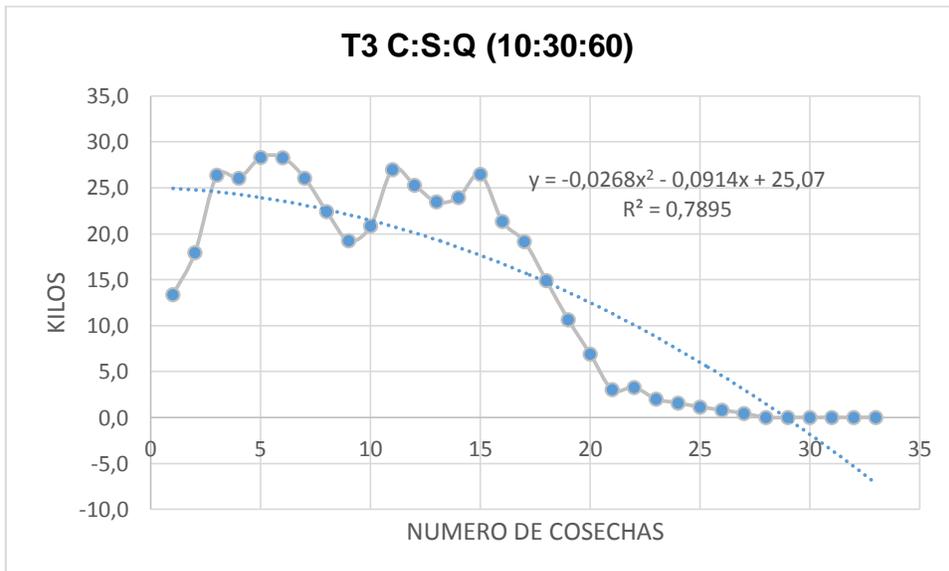
**Figura 27. Grafica de producción tratamiento T1 C:S:Q (10:50:40)**

En la (figura 28) se muestra los rendimientos de producción en el tratamiento T2 C:S:Q (10:40:50) la línea de tendencia en la gráfica del tratamiento 2 es polinómica. 897,6 kilos en el ciclo de la plantación para este tratamiento, y un rendimiento por planta de 5.4 kilos y por metro cuadrado 13,5 kilos



**Figura 28. Grafica de producción tratamiento T2 C:S:Q (10:40:50)**

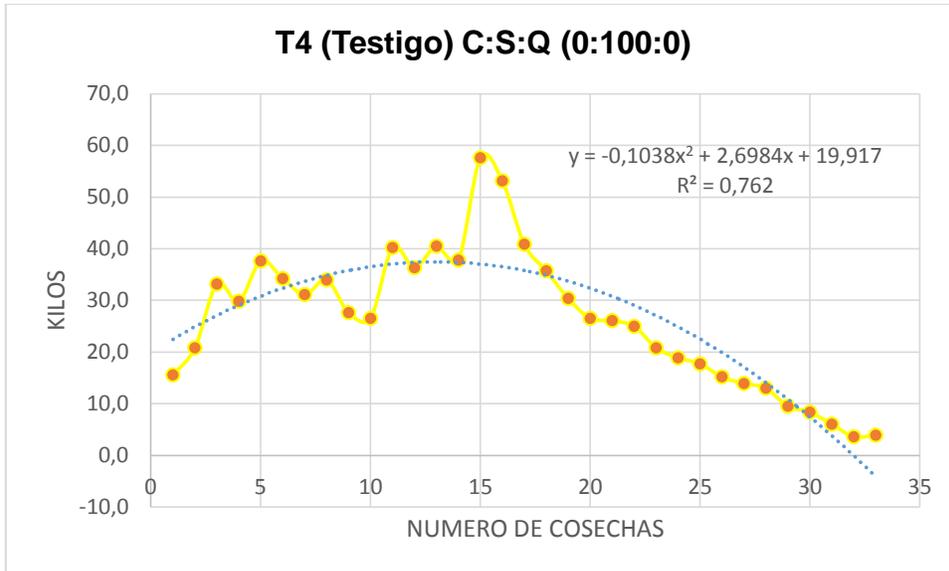
En la (figura 29) se muestra los rendimientos de producción en el tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60) la línea de tendencia en la gráfica del tratamiento 3 es polinómica. 440 kilos en el ciclo de la plantación para este tratamiento, y un rendimiento por planta de 2,65 kilos y por metro cuadrado 6.62 kilos



**Figura 29. Grafica de producción tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60)**

En la (figura 30) se muestra los rendimientos de producción en el tratamiento T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0) la línea de tendencia en la gráfica del tratamiento 4 es

polinómica. 870,9 kilos en el ciclo de la plantación para este tratamiento, y un rendimiento por planta de 5.24 kilos y por metro cuadrado 13.1 kilos



**Figura 30. Grafica de producción tratamiento T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0)**

El rendimiento promedio obtenido con el sistema de contenedores de polietileno es de 130 ton/ha ciclo de cultivo, el sistema de producción bajo invernadero en los últimos años ha tenido rendimientos entre 100 y 150 ton/ha ciclo de cultivo, mientras que a libre exposición pueden ser de tan solo 40 ton/ha) (corpoica 2013). De otro lado, el sistema de producción de tomate en contenedores de polietileno se ajusta a las producciones de tomate (*solanum lycopersicum* L) en otros sistemas, como el de tomate bajo cubierta.

### 5.3 Calidad del fruto

Calidad primera:

El análisis de varianza (figura 31) para la calidad primera (grosso) arrojó diferencia significativa entre los tratamientos con un (p valor 0,0015) y entre repeticiones no se registró diferencia, con un (p valor 0.8570)

## Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
KG GRUESO	12	0,91	0,84	15,10

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	158583,89	5	31716,78	12,46	0,0040
TTO	157777,61	3	52592,54	20,66	0,0015
REPETICION	806,28	2	403,14	0,16	0,8570
Error	15272,85	6	2545,47		
Total	173856,74	11			

### Figura 31. Análisis de la varianza calidad 1 (grosso)

La prueba para promedios de tukey en la calidad primera (figura 32) indica que el tratamiento. T2 C:S:Q (10:40:50) es el mejor con un valor de 408.1 kilogramos de tomate grosso, seguido del tratamiento T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0) con un valor de 398.1 kilogramos. Seguido del tratamiento T1 C:S:Q (10:50:40) con un valor de 394.3 kilogramos, y el inferior fue el tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60) con un valor de 135.6 kilogramos.

La prueba de promedios tukey en la calidad primera, no registro diferencia entre las repeticiones.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=142,61498

Error: 2545,4743 gl: 6

TTO Medias n

3	135,62	3	A
1	394,30	3	B
4	398,12	3	B
2	408,08	3	B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=109,45712

Error: 2545,4743 gl: 6

REPETICION Medias n

3	328,08	4	A
1	328,39	4	A
2	345,62	4	A

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

**Figura 32. Prueba de tukey para los tratamientos en la variable clasificación 1 (grueso).**

Calidad segunda

El análisis de varianza para los tratamientos en la calidad semigrueso (figura 33) presenta un valor (p valor 0,0003) arrojo diferencias significativas entre el tratamientos. Entre las repeticiones estudiadas no se registraron diferencias estadísticas (p valor 0,1046).

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
KG SEMIGRUESO	12	0,95	0,91	9,08

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	84014,29	5	16802,86	23,77	0,0007
TTO	79253,44	3	26417,81	37,37	0,0003
REPETICION	4760,85	2	2380,42	3,37	0,1046
Error	4241,83	6	706,97		
Total	88256,12	11			

**Figura 33. Análisis de la varianza calidad (semigrueso)**

La prueba para promedios de tuckey en la calidad segunda indica que el tratamiento

T2 C:S:Q (10:40:50) fue el mejor con un valor de 365,89 kilogramos seguido del tratamiento T1 C:S:Q (10:50:40) con un valor de 353,09,kilogramos, seguido del tratamiento T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0) con un valor de 291,44 kilogramos y el tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60) con un valor de 160,75 kilogramos. La prueba tukey no registro diferencia entre las tres repeticiones.

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=75,15910**

Error: 706,9710 gl: 6

TTO	Medias	n	
3	160,75	3	A
4	291,44	3	B
1	353,09	3	B
2	365,89	3	B

*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)*

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=57,68468**

Error: 706,9710 gl: 6

REPETICION	Medias	n	
2	273,31	4	A
3	284,92	4	A
1	320,15	4	A

*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)*

**Figura 34. Prueba de tukey para los tratamientos y las repeticiones en la variable clasificación segunda**

Calidad de tercera:

El análisis de varianza para los tratamientos en la calidad tercera (figura 35) presenta un valor (p valor 0,2560) no hay diferencias significativas entre el tratamientos y entre las repeticiones estudiadas no se registraron diferencias estadísticas (p valor 0,2194)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
KG PAREJO	12	0,61	0,28	20,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9220,11	5	1844,02	1,84	0,2394
TTO	5263,47	3	1754,49	1,75	0,2560
REPETICION	3956,64	2	1978,32	1,97	0,2194
Error	6012,45	6	1002,08		
Total	15232,56	11			

**Figura 35. Análisis de la varianza calidad tercera**

La prueba para promedios de tukey en la calidad tercera (figura36) indica que el tratamiento T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0) fue el mejor con un valor de 181,4 kilogramos seguido del tratamiento T1 C:S:Q (10:50:40) con un valor de 156,17, kilogramos, seguido del tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60) con un valor de 143,64 kilogramos y el tratamiento T2 C:S:Q (10:40:50) con un valor de 123,63 kilogramos.

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=89,48103					
Error: 1002,0754 gl: 6					
TTO Medias n					
2	123,63	3	A		
3	143,64	3	A		
1	156,17	3	A		
4	181,40	3	A		

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=68,67677					
Error: 1002,0754 gl: 6					
REPETICION Medias n					
1	125,53	4	A		
2	163,72	4	A		
3	164,38	4	A		

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

**Figura 36. Prueba de tukey para los tratamientos y las repeticiones en la variable clasificación tercera.**

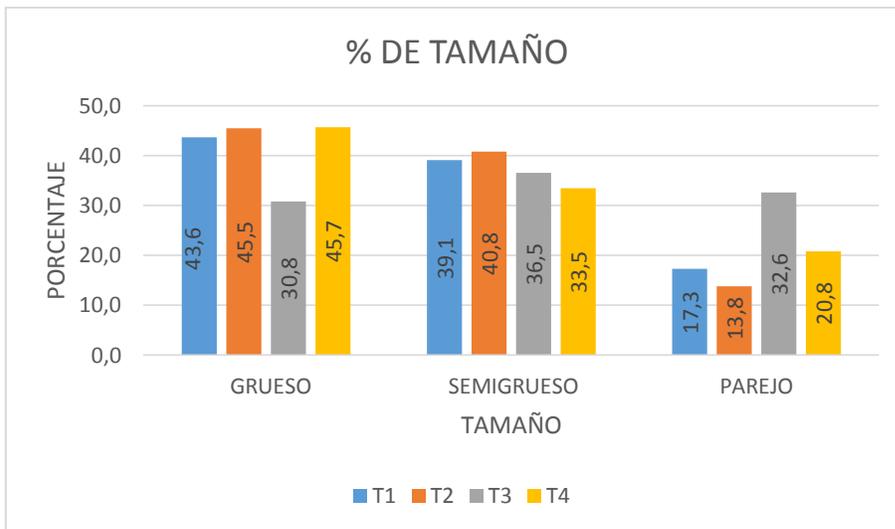
La calidad de fruto se intercede por varios factores del manejo agronómico como:

**La poda:** se realiza con el fin de potencializar las partes de la planta que tienen que ver con la producción y eliminar aquellas que no tienen incidencia con la cosecha para, de esta forma, concentrar energía y lograr frutos de mayor calibre. La poda tiene por objeto balancear el crecimiento reproductivo y vegetativo, permitiendo que los fotoasimilados se canalicen hacia los frutos e indirectamente ayuden a mejorar la aireación del cultivo; a su vez, la poda se hace en función del tipo de cultivar, diseño de plantación y ciclo productivo. En materiales de tomate de crecimiento indeterminado como el híbrido Calima es indispensable realizar la poda de diferentes partes de la planta (como tallos, chupones, hojas, flores y frutos) y así permitir mejores condiciones a las partes que quedan en ella y que tienen que ver con la producción, manejando la planta a un solo tallo, para lograr frutos de mayor tamaño y calidad (figura 37 y 38) (Lobo y Jaramillo, 1984).

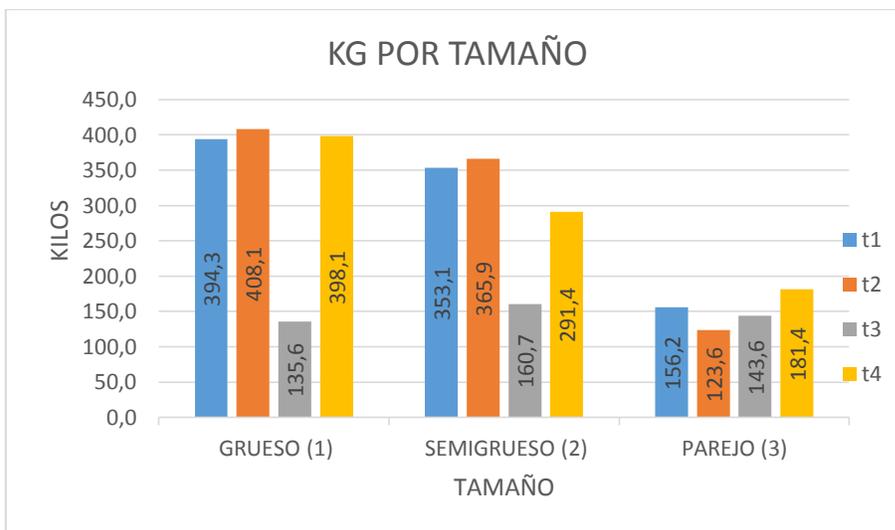
### **Fertilización:**

#### **fertirriego**

Es la aplicación de agua combinada con fertilizantes a través del sistema de riego, en la que se inyecta una solución de fertilizante al sistema para que ambos se distribuyan de la forma más uniforme posible en el volumen de sustrato en el contenedor húmedo. El objetivo es mantener la disponibilidad de agua y elementos nutritivos en la zona radicular a niveles óptimos (Guzmán y López, 2004) según lo que mencionan estos autores la cascarilla, en altos porcentajes como la mezcla del tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60) no cumple con el objetivo de la disponibilidad de agua en el contenedor.

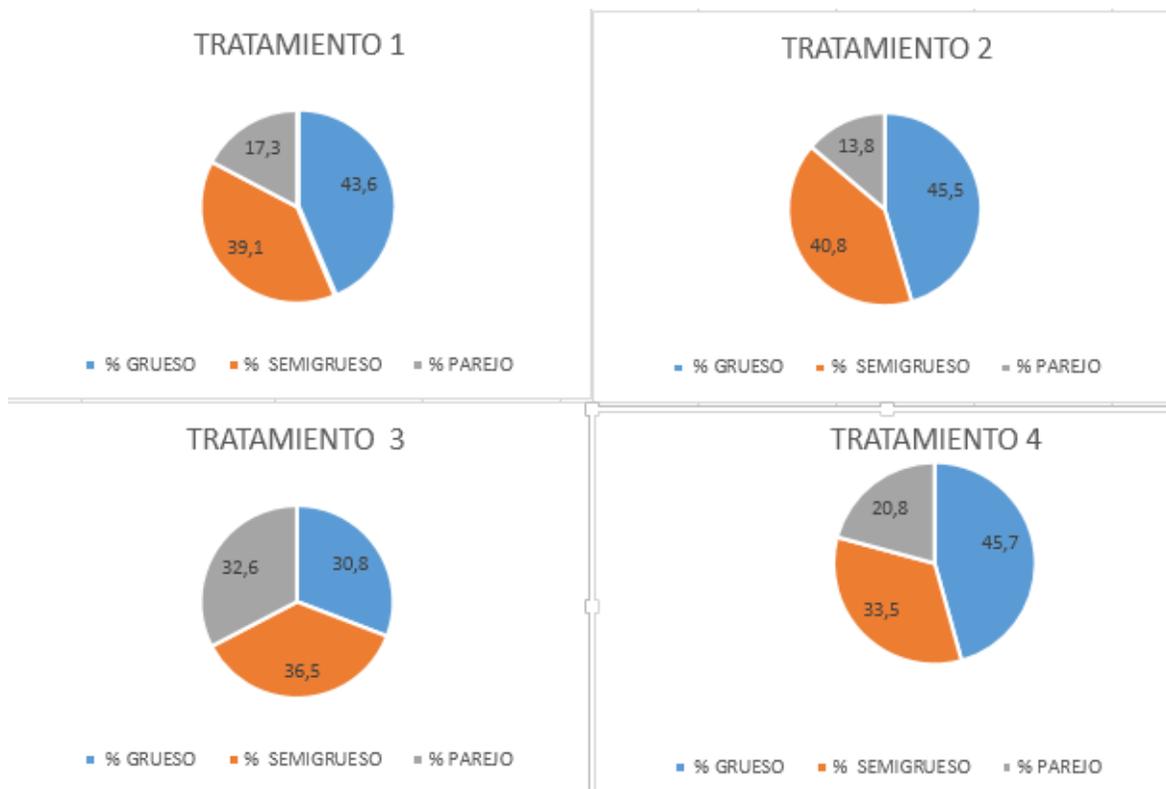


**Figura 37. Porcentaje de las calidades en cada tratamiento**



**Figura 38. Cantidad en kilos de la Calidad de frutos en cada tratamiento**

La (figura 39) deja observar como fue el comportamiento de la calidad de los frutos en cada tratamiento. Los porcentajes de grueso en el tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60) es de 30,8% este porcentaje es directamente afectados por que la mezcla tiene mucha cascarilla. Según lo mencionado por (Palacios, 1992). Se debe usar en mezcla y hasta en un 40%. Favorece el buen drenaje y la aireación, presenta baja retención de la humedad y baja capilaridad.



**Figura 39. Porcentaje de tamaño de la calidad.**

Con los resultados obtenidos en las variables evaluadas en este trabajo se determina que una adecuada textura y densidad aparente proporcionada por la mezcla del sustrato, como la presentada en los tratamientos T1 (C:S:Q 10:50:40) y T2 (C:S:Q 10:40:50), se optimiza la toma de agua y nutrientes, lo que maximiza el rendimiento potencial del cultivo, como lo manifiestan Tracy et al., (2013) en la evaluación de estos factores sobre el crecimiento y rendimiento del tomate.

#### **5.4 Costos de Producción**

##### **Costos de producción del tomate en contenedores de polietileno**

En la (Tabla 12) se presenta un resumen de la estructura de costos de producción del tomate en el sistema de contenedores de polietileno. El costo de producción de tomate en contenedores para un área de  $1907 m^2$  por ciclo es de \$ 13644000 de ellos el 46,40% corresponde a costos de mano de obra y el 53,6% a los demás costos plasmados en la (tabla 12).

Concepto	Valor	% sobre el costo total	Costo por planta	Costos / hectárea
mano de obra	6330000	46,40	1525	38000000
Plantas	456500	3,34	110	2750000
fertilizantes	1280000	9,38	308.43	7710000
Fungicidas	976000	7,15	235.18	5879500
Insecticidas	814000	5,96	196.14	4903500
Otros insumos (hilaza, fibra gasolina )	720000	5,27	173.49	4337250
Contenedores	539500	3,95	130	3250000
Cascarilla	375000	2,74	90.36	2259000
Gallinaza	252000	1,84	60.72	1518000
Análisis de suelo	200000	1,46		200000
Depreciación del (riego, tutorado, arriendo.....)	525000	3,84	126.50	3162500
Transporte	1176000	8,61	283.37	7084000
<b>Total</b>	<b>13644000</b>	<b>100</b>	<b>3287</b>	<b>81044750</b>

**Tabla 12. Costo de producción contenedores de polietileno.**

### **Costos de producción del cultivo de tomate en siembra tradicional.**

En la (Tabla 13) se presenta un resumen de los costos de producción del tomate en siembra tradicional. El costo de producción del tomate en siembra tradicional para un área de 1907 m<sup>2</sup> por ciclo es de \$ 11150967 de ellos el 42,20% corresponde a costos de mano de obra y el 57,8 % a los demás costos plasmados en la (tabla 13).

Concepto	Costos / hectárea	% sobre el costo total	Costo por planta
<b>Mano de obra</b>	28350000	42,20	1134
<b>plantas</b>	2750000	4,09	110
<b>fertilizantes</b>	8300000	12,35	332
<b>Fungicidas</b>	6270000	9,33	250,8
<b>Insecticidas</b>	5341000	7,95	213,6

<b>Otros insumos (hilaza, fibra gasolina )</b>	4200000	6,25	168
<b>Material organico</b>	1518000	2,25	60,72
<b>Análisis de suelo</b>	200000	0,29	8
<b>Depreciación del (riego, tutorado, empaque arriendo.....)</b>	3162500	4,70	126,5
<b>Transporte</b>	7084000	10,54	283,36
<b>total</b>	67175500	100	2686,98

**Tabla 13. Costos de producción sistema tradicional.**

Según los números que muestran las (tablas 12 y 13) el sistema de tomate en contenedores de polietileno tienen un incremento en costos de producción del 22%, según estos números en suelos con condiciones ideales no se justifica implantar el sistema de contenedores.

## 6 CONCLUSIONES

Según el experimento realizado en contenedores de polietileno el tratamiento T1 C:S:Q (10:50:40) y el tratamiento T2 C:S:Q (10:40:50) presentan los mejores rendimientos ya que superan por el doble al tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60) en cuanto el, rendimiento en producción y calidad del fruto. Por ende se puede concluir que las mezclas deben tener ideales características físicas y químicas, como retención de humedad, aireación, infiltración, pH, intercambio de elementos.

El crecimiento de las plantas de tomate en los cuatro (4) tratamiento muestran una tendencia lineal y con un valor promedio de crecimiento día de 2,6 cm, ya que las plantas en todos los tratamientos se manejaron a un solo tallo y la labores agronómicas como podas, fertilizaciones, amares, aplicaciones, se realizaron en el momento indicado. Lo anterior nos indica que se dio una buena relación fuente vertedero. Por que el objetivo de las labores agronómicas mencionadas anteriormente, es balancear el crecimiento reproductivo y vegetativo, permitiendo que los fotoasimilados se canalicen hacia un solo tallo y a sus respectivos frutos e indirectamente ayuden a mejorar la aireación del cultivo.

Los porcentajes de clasificación efectuados concluyen que la recolección, clasificación es más eficiente, en los tratamientos T1 C:S:Q (10:50:40), y tratamiento T2 C:S:Q (10:40:50) en las primeras cosechas cuando la mayor proporción es de frutos de calidad primera (grosso).

La mejor mezcla para este ensayo fue la del T1 C:S:Q (10:50:40) y T2 C:S:Q (10:40:50) debido a que presentó significativamente los mejores resultados en las variables altura, tamaño de frutos y rendimiento.

La desventaja del sistema es que se incrementa los costos de producción aproximadamente en un 22% pero se garantiza la sanidad a nivel del sistema radicular. Un suelo enfermo, con alta presencia de hongos, bacterias, nematodos, etc., puede alcanzar un nivel de inoculo en el cual ningún tratamiento asegure su desinfección, por lo que surge la necesidad de sustituirlo por un sustrato en contenedores. Igualmente, un suelo muy agotado, muy pobre por su origen natural o de una mala estructura física (muy arcilloso o pedregoso), justifica su reemplazo por un sustrato en contenedores.

El sistema de contenedores de polietileno permite hacer un uso racional del suelo agua y nutrientes, realizar una programación en las labores de cultivo y de producción.

La primera cosecha es más precoz en el sistema de contenedores lo que permite un mayor periodo de producción y con esto, mayor productividad por planta y por unidad de área.

Los costos de producción en contenedores de polietileno se incrementan un 22% respecto a los costos de producción de sistema de siembra tradicional.

Los rendimientos durante las 33 cosechas por tratamiento presentan inferioridad en el tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60) frente a los demás tratamientos, esto se debe por los altos contenidos de cascarilla en el sustrato.

## **7 RECOMENDACIONES:**

Los resultados del sistema de tomate en contenedores de polietileno se establecen como introducción, a futuras investigaciones para realizar y medir más variables, respecto a diferentes sustratos, pruebas de adaptabilidad de diferentes variedades e híbridos y su manejo agronómico.

El cultivo de tomate en el sistema de contenedores de polietileno es una alternativa para suelos con problemas físicos, químicos, biológicos y sanitarios, ya que con el sistema se modifican y se solucionan estos problemas de suelo.

Para futuras investigaciones se recomienda hacer una evaluación puntual, para el sistema de fertirrigación en los contenedores ya que el agua y la nutrición bien balanceada es el éxito del sistema.

Para el sistema de tomate en contenedores de polietileno, es de vital importancia que el sistema de riego por goteo, sea bien diseñado y ejecutado, ya que por medio de este se busca la mayor eficiencia de la plantación en contenedores.

Se deben realizar aforos al azar en los emisores del sistema de riego, para poder establecer si el sistema de riego descarga la misma cantidad de solución nutritiva a los diferentes contenedores.

Para cualquier sistema de cultivo se recomienda hacer las labores agronómicas, en el momento oportuno, esto baja la mano de obra y favorece la plantación.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Avidan, A. (2004). Sustratos artificiales. Departamento de irrigación y suelos. Servicio de extensión Agrícola, Ministerio de Agricultura. Israel. 10 p.
- Corpeño, B. (2004). *Manual del cultivo de tomate*. Centro de inversión, desarrollo y exportación de agro negocios. 15 p.
- Corpoica (2013) tecnología para el de tomate bajo condiciones protegidas 13-19 – 63- 114-115 -201- 287- 420 -430 y 436 p.
- Flores, I. (1986). *Cultivos de Hortalizas*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Departamento de Agronomía. Monterrey, México. 170 p.
- Franco L, José Antonio. (2001). Los Sustratos Agrícolas en la Región de Murcia. Sustratos Agrícolas/ Murcia. Agrícola Vergel.
- Guzmán Palomino, J. M.; López Gálvez, J. (2004). *Fertirriego: Tecnologías y Programación en Agroplasticultura*. Cyted. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Almería, España. 23 p.
- Jaramillo N., J. E. (2001). *El manejo Agronómico de cultivos como Herramienta de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades tendientes a la producción limpia de hortaliza*. En: *Hortalizas plagas y enfermedades*. Compendio de eventos 1. Corporacion Colombiana de Investigacion Agropecuaria –Corpoica–. Sociedad Colombiana Entomologica, Socolen. P. 5-21.
- Jaramillo N., J. E.; Díaz D., C. A.; Sánchez L., G. D. y Tamayo M., P. J. (2006). *Manejo de semilleros de hortalizas*. Manual técnico 8. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia. 52 p.

- Jaramillo N., J. E.; Rodríguez V. P.; Guzmán A. M. y Zapata C., M. A. (2006). *El cultivo de tomate bajo invernadero*. Boletín técnico No 21. Ministerio de Agricultura y desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia. 48 p.
- Lobo M. A.; Jaramillo V., J. (1984). *Tomate*. En: Hortalizas Manual de Asistencia Técnica. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. P. 41-47.
- Martínez P., F. (2001). *Cultivo del tomate en invernadero frío*. Curso de formación de formadores en horticultura protegida y semiprotegida. Agencia Española de Cooperación Internacional. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Octubre de 2001. 15p.
- Palacios, Y. (1992). *Preparación de semilleros y observaciones sobre la producción de plántulas en condiciones controladas*. En: Primer curso nacional de hortalizas de clima frío. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Tibaitata, Cundinamarca. P. 23-36.
- Terán Ch., C. A.; Valenzuela M., M.; Villaneda V., E.; Sánchez L., G. D. e Hio P., J.C. (2007). *Manejo del riego y la fertirrigación en tomate bajo cubierta en la sabana de Bogotá*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica–. Mosquera (Colombia). 88 p.
- Tracy S.R., Black C.R., Roberts J.A., Mooney S.J. Exploring the interacting effect of soil texture and bulk density on root system development in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Environmental and Experimental Botany*, Vol. 91: 38-47.
- Zeidan. (2005). *Tomato production under protected conditions*. Mashav, Cinadco, Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service. Israel. 99 p.

## ANEXOS

### Anexo 1. Cálculos matemáticos para determinar las mezclas:

Altura del contenedor: 30 cm  
Diámetro del contenedor: 25 cm  
Radio: 12,5 cm

$$V_c = \pi \times r^2 \times h$$

$$V_c = 3,1416 \times (12,5^2 \times 30)$$

$$V_c = 3,1416 \times 156,25 \times 30$$

$$V_c = 14726 \text{ cm}^3$$

$$14726 \text{ cm}^3 = 0,014726 \text{ m}^3$$

Si un contenedor necesita  $0,014726 \text{ m}^3$ , de sustrato, un  $\text{m}^3$  cubico nos alcanza para 70 contenedores. Se realiza una regla de tres de la siguiente manera  $1 \text{ m}^3$  por un contenedor dividido en  $0,014726 \text{ m}^3$  y esto es igual a 70 contenedores por  $\text{m}^3$  de sustrato

El total de contenedores es de 4150 entonces se dice  $1 \text{ m}^3$  nos llenara 70 contenedores

Se realiza la siguiente operación 4150 contenedores por  $1 \text{ m}^3$ , dividido en 70 contenedores; esto es igual  $59,2 \text{ m}^3$

Después de tener el volumen total de sustrato se inicia los cálculos según las proporciones de cada tratamiento.

Tratamiento 1:

40% de cascarilla, = 4 carretillas

50% de suelo, = 5 carretillas

10% compost = 1 carretillas

498 contenedores demandan 7,11 de sustrato.

	<b>7,11 m<sup>3</sup></b>	<b>100%</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Carretillas</b>
<b>cascarilla</b>	x	40%	X=2,84	14.2 cascarilla
	7,11 m <sup>3</sup>	100%		
<b>suelo</b>	x	50%	X= 3,55	17.75 suelo
	7,11 m <sup>3</sup>	100%		
<b>compost</b>	x	10%	X = 0,71	3.55 compost

Tratamiento 2:

50% de cascarilla = 5 carretillas

40% de suelo = 4 carretillas

10% de compost = 1 carretillas

	<b>7,11 m<sup>3</sup></b>	<b>100%</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Carretillas</b>
<b>cascarilla</b>	x	50%	X= 3,55	17.75cascarilla
	7,11 m <sup>3</sup>	100%		
<b>suelo</b>	x	40%	X= 2,84	1,42 suelo
	7,11 m <sup>3</sup>	100%		
<b>compost</b>	x	10%	X= 0,71	3.55 compost

Tratamiento 3:

60% de cascarilla= 6 carretillas

30% de suelo = 3 carretillas

10% de compost = 1 carretillas

	<b>7,11 m<sup>3</sup></b>	<b>100%</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Carretillas</b>
<b>cascarilla</b>	x	60%	X= 4,26	21,3cascarilla
	7,11 m <sup>3</sup>	100%		
<b>suelo</b>	x	30%	X= 2,13	1,06 suelo
	7,11 m <sup>3</sup>	100%		
<b>compost</b>	x	10%	X= 0,71	3.55 compost

Tratamiento 4 (tratamiento testigo)

El tratamiento 4 se trabajó de forma tradicional, directamente en suelo

## Anexo 2. Análisis de suelo

### RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO

No. de Laboratorio **61044**

AGROSOIL  
LAB

Fecha de Recepción 2014 0 25  
Fecha de Resultado 2014 9 5

TEXTURA BOUYOCOS -  
Arena - %  
Limo - %  
Arcilla - %  
TEXTURA AL TACTO **Art.**  
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA - dS/m  
DENSIDAD APARENTE - g/cm<sup>3</sup>  
CAP. INTERCAMBIO CATIONICO EFECTIVA 7,5642 meq/100g

Arenoso	A
Arenoso Franco	A F
Franco Arenoso	F A
Franco	F
Franco Limoso	F L
Franco Arcilloso	F Ar
Franco Arcilloso Limoso	F Ar L
Franco Arcilloso Arenoso	F Ar A
Arcilloso	Ar
Arcilloso Arenoso	Ar A
Arcilloso Limoso	Ar L

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	INTERPRETACION					
			RANGO RECUERDO		RESULTADOS			
pH	6,06	-	-	-	-	-	-	-
MATERIA ORGA.	5,70	%	-	-	-	-	-	-
NITROGENO (N)	0,29	%	0,09	0,17				<b>ALTO</b>
FOSFORO (P)	10,68	ppm	15,00	25,00				<b>MEDIO</b>
POTASIO (K)	0,94	meq/100g	0,20	0,30				<b>ALTO</b>
MAGNESIO (Mg)	1,96	meq/100g	4,00	6,00				<b>BAJO</b>
CALCIO (Ca)	4,40	meq/100g	5,00	10,00				<b>BAJO</b>
ALUMINIO (Al)	-	meq/100g	0,00	1,00				<b>#N/A</b>
SODIO (Na)	0,25	meq/100g	0,00	1,00				<b>MEDIO</b>
AZUFRE (S)	19,26	ppm	5,00	10,00				<b>ALTO</b>
IERRO (Fe)	101,88	ppm	20,00	50,00				<b>ALTO</b>
BOFO (B)	0,27	ppm	0,60	1,00				<b>BAJO</b>
CODRE (Cu)	5,40	ppm	1,50	3,00				<b>ALTO</b>
MANGANESO (Mn)	12,82	ppm	15,00	20,00				<b>BAJO</b>
ZINC (Zn)	7,94	ppm	1,50	3,50				<b>ALTO</b>
RELACIONES CATIONICAS								
Ca/Mg	2,26		3,00	6,00				<b>BAJO</b>
Ca/K	4,69		15,00	30,00				<b>BAJO</b>
Mg/K	2,68		10,00	15,00				<b>BAJO</b>
(Ca+Mg)/K	6,75		20,00	40,00				<b>BAJO</b>
% Sat. De Na	3,36		5,00	15,00				<b>BAJO</b>
% Sat. De K	12,47		2,00	3,00				<b>ALTO</b>
% Sat. De Ca	50,43		50,00	70,00				<b>MEDIO</b>
% Sat. De Mg	25,89		10,00	20,00				<b>ALTO</b>
% Sat. De Base	100,14		35,00	50,00				<b>ALTO</b>

Aluminio Intercambiable \* Expresado en términos de ácido  
Azufre  
Boro  
Base de cambio  
Capacidad de Intercambio catiónico  
Conductividad Eléctrica  
Hefas disponibles  
Micronutrientes  
Materia Orgánica  
pH  
Textura

#### MÉTODOS ANALÍTICOS

Valoración ácido base, Método de Yang (102)  
Turbidimétrico, extracción fosfato monobásico de calcio 0,008M  
Colorimétrico (Kjeldahl H), extracción fosfato monobásico de calcio 0,008M  
Absorción Atómica, Extracción con acetato de amonio  
Valoración ácido base, Extracción con acetato de amonio  
Electrométrico, extracto de saturación  
Colorimétrico, Bray II  
Absorción Atómica, Extracción con DTPA  
Walkley Black  
Potenciométrico, relación suelo-agua 1:1  
Al Tacto e Iloposcos según salidas



AURA MARCELA NIÑO R.  
QUÍMICA PG 2008 - JURE DE OPERACIONES

GLORIA STELLA GUZMAN G.

Cra 49A No 94 - 11 Barrio la Castellana, Bogotá, Colombia. Teléfono: +57 311 45331791  
laboratorio@agrosoil.com.co - www.agrosoil.com.co

### Anexo 3. Formato para toma de datos de crecimiento

#### MUESTREO PARA CRECIMIENTO EN ALTURA

Fecha: \_\_\_\_\_ Número de muestreo: \_\_\_\_\_

Finca: \_\_\_\_\_ Responsable: \_\_\_\_\_

Repeticiones	tratamientos	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 5
R1	T3					
	T4					
	T2					
	T1					
R2	T1					
	T3					
	T4					
	T2					
R3	T4					
	T2					
	T1					
	T3					

### Anexo 4. Formato para tomar los datos de cosecha

#### Registro para cosecha

Fecha: \_\_\_\_\_ Número de cosecha: \_\_\_\_\_

Finca: \_\_\_\_\_ Responsable: \_\_\_\_\_

repeticiones	tratamiento	Kg grueso	Kg <u>Semi. g</u>	Kg parejo	Kg total	% grueso	% <u>semi</u>	% parejo
R1	T3							
	T4							
	T2							
	T1							
R2	T1							
	T3							
	T4							
	T2							
R3	T4							
	T2							
	T1							
	T3							

## Anexo 5. Regresiones de los tratamientos.

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple	0,990280069							
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,980654615							
R <sup>2</sup> ajustado	0,978236442							
Error típico	8,820652991							
Observaciones	10							
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	31552,23709	31552,23709	405,5353177	3,85972E-08			
Residuos	8	622,4313535	77,80391919					
Total	9	32174,66844						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	-6,83030303	5,184372434	-1,317479235	0,224157046	-18,7854873	5,124881242	-18,7854873	5,124881242
días	2,793766234	0,138731705	20,13790748	3,85972E-08	2,473850349	3,113682118	2,473850349	3,113682118

### Regresión tratamiento T1 C:S:Q (10:50:40)

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de correlación múltiple	0,996734665							
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,993479992							
R <sup>2</sup> ajustado	0,992548563							
Error típico	4,939326047							
Observaciones	9							
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>								
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	26022,22585	26022,22585	1066,618352	6,52987E-09			
Residuos	7	170,7785926	24,3969418					
Total	8	26193,00444						
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	-15,72777778	3,588337181	-4,383026729	0,003222587	-24,2128469	-7,242708656	-24,2128469	-7,242708656
0	2,975079365	0,091094893	32,65912356	6,52987E-09	2,759674172	3,190484558	2,759674172	3,190484558

### Regresión tratamiento T2 C:S:Q (10:40:50)

Resumen								
<b>Estadísticas de la regresión</b>								
Coefficiente de correlación múltiple		0,996228829						
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>		0,992471879						
R <sup>2</sup> ajustado		0,991396433						
Error típico		4,848072036						
Observaciones		9						
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>								
	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Valor crítico de F</b>			
Regresión	1	21690,41067	21690,41067	922,8468753	1,08046E-08			
Residuos	7	164,5266173	23,50380247					
Total	8	21854,93728						
	<b>Coefficientes</b>	<b>Error típico</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Inferior 95%</b>	<b>Superior 95%</b>	<b>Inferior 95,0%</b>	<b>Superior 95,0%</b>
Intercepción	-11,32592593	3,52204268	-3,215726485	0,014740502	-19,65423346	-2,997618391	-19,65423346	-2,997618391
0	2,716190476	0,089411916	30,37839488	1,08046E-08	2,504764892	2,92761606	2,504764892	2,92761606

## Regresión tratamiento T3 C:S:Q (10:30:60)

Resumen								
<b>Estadísticas de la regresión</b>								
Coefficiente de correlación múltiple		0,997942749						
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>		0,995889729						
R <sup>2</sup> ajustado		0,995302548						
Error típico		3,899856191						
Observaciones		9						
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>								
	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Valor crítico de F</b>			
Regresión	1	25795,03119	25795,03119	1696,050863	1,2977E-09			
Residuos	7	106,4621481	15,20887831					
Total	8	25901,49333						
	<b>Coefficientes</b>	<b>Error típico</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Inferior 95%</b>	<b>Superior 95%</b>	<b>Inferior 95,0%</b>	<b>Superior 95,0%</b>
Intercepción	-14,09444444	2,833179838	-4,974779311	0,001610453	-20,7938502	-7,39503869	-20,7938502	-7,39503869
0	2,962063492	0,071924181	41,1831381	1,2977E-09	2,791989829	3,132137156	2,791989829	3,132137156

## Regresión tratamiento T4 (Testigo) C:S:Q (0:100:0)