

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**  
**“ANTONIO NARRO”**  
**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**” EFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN EN 20 PLANTAS /M<sup>2</sup>,  
NIVEL DE DESPUNTE Y DISTRIBUCIÓN EN TOMATE (*Lycopersicum  
esculentum* MILL) CULTIVADO A CAMPO ABIERTO BAJO  
FERTIRRIGACIÓN Y ACOLCHADO”**

**Por**

**EZEQUIEL RAMÍREZ MENA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**MARZO DEL 2008**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**” EFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN EN 20 PLANTAS /M2,  
NIVEL DE DESPUNTE Y DISTRIBUCIÓN EN TOMATE (*Lycopersicum  
esculentum* MILL) CULTIVADO A CAMPO ABIERTO BAJO  
FERTIRRIGACIÓN Y ACOLCHADO”.**

**Por**

**EZEQUIEL RAMÍREZ MENA**

**APROBADA POR:**

**ASESOR PRINCIPAL**

---

**DR. JOSÉ LUIS PUENTE MANRÍQUEZ**

**ASESOR**

---

**ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA**

**ASESOR**

---

**DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ**

**ASESOR**

---

**DR. JORGE ARNALDO OROZCO VIDAL**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

---

**M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**MARZO DEL 2008**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TESIS DEL C. EZEQUIEL RAMÍREZ MENA QUE SE SOMETE A  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_  
**DR. JOSÉ LUÍS PUENTE MANRÍQUEZ**

**VOCAL**

\_\_\_\_\_  
**ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA**

**VOCAL**

\_\_\_\_\_  
**DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ**

**VOCAL**

\_\_\_\_\_  
**DR. JORGE ARNALDO OROZCO VIDAL**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

\_\_\_\_\_  
**M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**MARZO DEL 2008**

## DEDICATORIAS

A mi Señor **Jesucristo** quien es el primero y del que procede todo. Te doy gracias Jesús por permitirme realizar y concluir una etapa más en mi vida, así como por rodearme de una gran y hermosa familia que siempre ha estado a mí lado. Gracias Dios por tu amor sin condiciones y sin límites el cual me mostraste al dejarlo todo para venir a morir en la cruz dándome el regalo mas grande que el hombre puede recibir la “salvación” y que cada día se hace presente con la vida misma, gracias por estar siempre a mi lado, por ser mi maestro y amigo; por todo esto y mucho más “MUCHAS GRACIAS”.

A mis padres **Secundino Ramírez y Sara Mena**, por todo su amor y apoyo sin los cuales esto no hubiese sido posible, gracias por darme la oportunidad de elegir mi propio camino, por todos sus consejos, oraciones y por ese gran deseo y empeño por ver que un sueño se hiciera realidad, pero sobre todo, gracias por guiarme en el camino de nuestro señor Jesús al que le pido que me los guarde por muchos años mas. Este triunfo no es sólo mío sino también es de ustedes, ¡felicidades!. LOS AMO.

A todos mis **hermanos y hermanas** que siempre estuvieron conmigo apoyándome de forma incondicional, por esas palabras de ánimo para seguir adelante y por sus oraciones que les puede asegurar fueron escuchadas, los QUIERO y ¡LO LOGRAMOS!.

## AGRADECIMIENTOS

A mi señor Jesús por su misericordia y amor que me ha dado todo lo que necesito para seguir adelante.

A mi familia por su comprensión, amor y apoyo en todo momento.

A mi novia, Yacel por todo su amor, paciencia y por estar a mi lado, eres una gran bendición para mi vida. Te Quiero.

De forme muy especial a la familia Hinostroza Quiroz por abrirme su casa cuando más la necesitaba y sin conocerme, por su amistad brindada de forma incondicional, siempre los llevare en mi corazón, que Dios la bendiga siempre.

Al Dr. José Luis Puente Manríquez por permitirme realizar este trabajo a su lado, por la paciencia, amistad y por todo su apoyo brindado, que Dios lo bendiga.

A el Dr. Alejandro Moreno Rezéndes por su amistad y apoyo durante mi estancia en la Universidad y durante la realización de este trabajo, al Ing. Juan de Dios por brindarme todo lo necesario para realizar la tesis y al Dr. Jorge Arnaldo por su comprensión y apoyo recibido de su parte para concluir este proyecto.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, mi “Alma Terra Mater” por darme la oportunidad de formarme como profesional.

Al pastor David y su familia por su amistad, consejos que siempre estarán presentes en mi vida y por su apoyo espiritual, se que su recompensa los espera en el cielo, Dios los colme de bendiciones.

A todos los chavos “ñieros” (David “vichi”, Jonatan “marro”, Otoniel “rostro”, Daniel “chutu”, David “jalapa”) con los que compartimos casa, amistad, tristezas y alegrías durante la carrera, siempre estarán presentes en mi vida.

A todos mis compañeros de carrera, gracias por darme su amistad, especialmente a Javier, Esgardo, Maria, Ariana, Fredy, Samuel y Rene.

A los chavos que forman la Comunidad Cristiana, siempre fueron una bendición y apoyo en los momentos difíciles, que Dios los bendiga.

A Elva, Apolonia, y a Jesús (chuy), por esas experiencias que compartimos al trabajar juntos en la obra de Dios, son y serán una bendición, que el todopoderoso los guíe por su senda de justicia y verdad. En forma muy especial le doy las gracias a Dios por la vida de mi tocayo, hermano y amigo Ezequiel Pérez el cual es y seguirá siendo una bendición para mi vida, “cheque” gracias por darme el ejemplo de la persistencia y fe en Dios, por mostrarme que cuando se quieren hacer las cosas si se pueden lograr confiando en el todopoderoso. Que las bendiciones de Dios siempre estén presentes en su vida.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo general .....	4
1.2 Objetivo específico .....	4
1.3 Hipótesis .....	5
1.4 Metas .....	5
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Generalidades del tomate.....	7
2.1.1 Origen .....	7
2.1.2 Importancia .....	7
2.1.3 Clasificación taxonómica .....	10
2.2 Desarrollo morfológico .....	11
2.2.1 Raíz .....	11
2.2.2 Tallo .....	11
2.2.3 Hojas .....	12
2.2.4 Flores .....	12
2.2.5 Semilla .....	13
2.2.6 Frutos .....	13
2.3 Requerimientos climáticos y edáficos .....	14
2.3.1 Temperatura .....	14
2.3.2 Humedad relativa .....	14
2.3.3 Radiación .....	15
2.3.4 Suelos .....	15
2.4 Tipos de crecimiento .....	15

2.5	Acolchado plástico .....	16
2.6	Fertirriego .....	18
2.7	Elementos esenciales .....	19
2.7.1	Macroelementos .....	19
2.7.1.1	Nitrógeno .....	20
2.7.1.2	Fósforo .....	21
2.7.1.3	Potasio .....	21
2.7.1.4	Calcio.....	22
2.7.1.5	Azufre .....	22
2.7.1.6	Magnesio .....	23
2.7.2	Microelementos .....	23
2.7.2.1	Boro .....	24
2.7.2.2	Manganeso .....	24
2.7.2.3	Zinc .....	24
2.7.2.4	Hierro .....	25
2.8	Manejo de la planta.....	25
2.8.1	Tutorado.....	25
2.8.2	Poda de brotes.....	26
2.8.3	Poda apical.....	26
2.9	Densidad de población.....	26
2.10	Niveles de despunte y densidad de población.....	27
2.11	Producción de jitomate en hidroponía mediante la formación de doses escaleriformes .....	29
2.12	Análisis de crecimiento.....	31
2.12.1	Tasa de crecimiento del cultivo (TCC).....	32
2.12.2	Tasa de asimilación neta (TAN) .....	33
2.12.3	Índice de área foliar (IAF).....	34
2.12.4	Área foliar específica (AFE).....	35
2.13	Análisis de savia.....	35
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>37</b>
3.1	Localización geográfica de la Comarca Lagunera .....	37
3.2	Localización del experimento.....	38

3.3 Características del suelo.....	38
3.4 Características de agua.....	38
3.5 Diseño experimental.....	39
3.6 Preparación del terreno.....	41
3.7 Preparación de las camas.....	41
3.8 Instalación del sistema de riego .....	41
3.9 Acolchado de las camas.....	41
3.10 Siembra en charolas .....	42
3.11 Descripción de la variedad de tomate Loreto.....	42
3.12 Trasplante.....	42
3.13 Estacado.....	43
3.14 Colocación de la rafia .....	43
3.15 Poda de axilares .....	43
3.16 Poda apical .....	43
3.17 Deshierbes .....	44
3.18 Riego .....	44
3.19 Fertilización.....	44
3.20 Control de plagas y enfermedades .....	44
3.21 Variables a evaluar .....	45
3.21.1 Rendimiento total.....	45
3.21.2 Rendimiento comercial y número de frutos comercial.....	46
3.21.3 Calidad y números de frutos comercial.....	46
3.21.4 Calidad.....	46
3.21.4.1 Peso del fruto.....	46
3.21.4.2 Diámetro polar y ecuatorial.....	47
3.21.4.3 Color externo.....	47
3.21.4.4 Color interno.....	47
3.21.4.5 Número de loculos.....	48
3.21.4.6 Espesor de la pulpa.....	48
3.21.4.7 Sólidos solubles.....	48
3.22 Análisis de crecimiento.....	49
3.22.1 Área foliar.....	49
3.22.2 Análisis de materia seca .....	49
3.22.2.1 Materia seca foliar.....	49

3.22.2.2	Matéria seca de tallos.....	50
3.22.2.3	Matéria seca de los frutos.....	50
3.23	Análisis de nutrientes en pecíolo foliar.....	52
3.23.1	Análisis de nitrógeno y fosforo.....	52
3.23.2	Análisis de potasio.....	52
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>54</b>
4.1	Rendimiento y sus componentes.....	54
4.2	Calidad del fruto.....	59
4.3	Análisis de crecimiento.....	61
4.3.1	Tasa de crecimiento (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN).....	61
4.3.2	Estructura del follaje.....	63
4.3.3	Aparato fotosintético .....	65
4.4	Análisis de elementos nutritivos.....	67
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>69</b>
<b>VI.</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>71</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADROS</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>PAG.</b>
Cuadro 2.1	Principales países productores de tomate en el mundo.....	8
Cuadro 2.2	Consumo per cápita de tomate a nivel mundial.....	8
Cuadro 2.3	Contenido de minerales y vitaminas en una porción de 100 g. de tomate.....	9
Cuadro 2.4	Valor de la producción de tomate en México.....	9
Cuadro 2.5	Superficie cosecha de tomate en México.....	9
Cuadro 2.6	Niveles de suficiencia de N-NO <sub>3</sub> y K de tomate.....	35
Cuadro 3.1	Análisis del suelo del campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro –UL.....	39
Cuadro 3.2	Análisis de agua de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- UL.....	39
Cuadro 3.3	Descripción de tratamientos utilizados en el experimento.....	40
Cuadro 3.4	Descripción de los productos utilizados para el control de pla- gas y enfermedades en tomate.....	45
Cuadro 4.1	Comparación de medias del efecto de despuntes tempranos, dosel uniforme y dosel piramidal de 20 plantas por metro cuadrado en las variables de rendimiento total y rendimiento comercial de tomate.....	55
Cuadro 4.2	Cuadrados medios de contrastes ortogonales de producción (ren- dimiento total y rendimiento comercial) de tomate en despun- tes tempranos, doseles uniformes y doseles piramidales de 20 plantas por metro cuadrado.....	57
Cuadro 4.3	Comparación de medias del efecto de despuntes tempranos dosel uniforme y dosel piramidal de 20 plantas por metro cuadrado en las variables de número de frutos totales y número comerciales de tomate.....	57

<b>CUADROS</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>PAG.</b>
Cuadro 4.4	Cuadrados medios de contrastes de producción (frutos totales y frutos comerciales) de tomate en despuntes tempranos, doseles uniformes y doseles piramidales de 20 plantas por metro cuadrado.....	59
Cuadro 4.5	Comparación de medias del efecto de despuntes tempranos, dosel Uniforme y dosel piramidal de 20 plantas por metro cuadrado en las variables de calidad de tomate.....	60
Cuadro 4.6	Modas de colores externo e interno de tomate.....	60
Cuadro 4.7	Comparación de medias de Tasa de Crecimiento (TCC), Tasa de Asimilación Neta (TAN) en tomate en 20 plantas por metro cuadrado y diferentes doseles y despuntes.....	61
Cuadro 4.8	Comparación de medias de Área Foliar Específica (AFE) e Índice de Área Foliar (IAF) en tomate en 20 plantas por metro cuadrado y diferentes tipos de dosel y despuntes.....	64
Cuadro 4.9	Comparación de medias de Relación Área Foliar (RAF), Relación Peso Foliar (RPF) en tomate en 20 plantas por metro cuadrado y diferentes tipos de dosel y despuntes.....	66
Cuadro 4.10.	Resultados obtenidos de NPK en savia de tomate.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>PAG.</b>
Figura 4.1	Rendimiento total y comercial de tomate.....	56
Figura 4.2	Número de frutos totales y comerciales.....	58
Figura 4.3	Comparación de medias de tasa de crecimiento del cultivo (TCC) en tomate en 20 plantas por metro cuadrado y diferentes tipos de dosel y despuntes.....	62
Figura 4.4	Comparación de medias de tasa de asimilación neta (TAN) en tomate en 20 plantas por metro cuadrado y diferentes tipos de dosel y despuntes.....	63
Figura 4.5	Comparación medias de área foliar específica (AFE) en tomate en 20 plantas por metro cuadrado y diferentes tipos de dosel y despuntes.....	65
Figura 4.6	Comparación de medias de índice de área foliar (IAF) en tomate en 20 plantas por metro cuadrado y diferentes tipos de dosel y despunte.....	65
Figura 4.7	Comparación de medias de relación área foliar (RAF) en tomate en 20 Plantas por metro cuadrado y diferentes tipos de dosel y despunte.....	67
Figura 4.8	Comparación de medias de relación peso foliar (RPF) en tomate en 20 plantas por metro cuadrado y diferentes tipos de dosel y despuntes.....	67

## RESUMEN

Dado la gran demanda del tomate a nivel nacional e internacional es indispensable su producción en todo el año, sin embargo las condiciones climáticas para una producción a campo abierto no son las más favorables durante el año, por lo que se necesita concentrar toda la producción de tomate en un corto periodo en el que las condiciones se han las adecuadas para su cultivo, por lo que es indispensable el desarrollo, adaptación y generación de tecnologías adecuadas para aprovechar dicho lapso de tiempo, lo que implica investigación orientada hacia una producción más intensiva buscando altos rendimientos por superficie y reduciendo el ciclo del cultivo.

Por lo antes expuesto, se realizó el presente trabajo con el objetivo de incrementar el número de racimos permitidos por unidad de superficie (a través del manejo de la densidad de 20 plantas por metro cuadrado, distribución de plantas y niveles de despunte o configuración del dosel), con tal que se manifieste un mayor rendimiento por unidad de superficie, sin afectar la calidad del fruto, así como estimar bajo un análisis de crecimiento la mejor combinación de despuntes para optimizar el aprovechamiento de la radiación fotosintética activa para un mayor rendimiento. La realización se llevó acabo en terrenos del campo experimental de la U. A. A. N. Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, durante el varano del año 2007. Los tratamientos fueron distribuidos boja un diseño completamente al azar con tres repeticiones y siete tratamientos los cuales son: dosel uniforme a uno, dos y tres racimos; dosel piramidal a un racimo en las orillas, dos y tres racimos en el centro, dosel piramidal con dos racimos en las orillas y tres racimos en el centro y el testigo, sin poda. El genotipo evaluado fue la variedad Loreto de crecimiento indeterminado

sembrado el 24 de febrero y transplantado el 3 de abril. Las variables evaluadas de rendimiento fueron: rendimiento y número de frutos total y comercial, y calidad de estos; para el análisis de crecimiento las variables fueron: tasa de crecimiento del cultivo, tasa de asimilación neta, relación de área foliar, área foliar específica, relación de peso foliar e índice de área foliar. Los resultados mostraron que el tratamiento uniforme a tres racimos obtuvo el mayor rendimiento total y número de frutos con  $6.75 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  y  $103.13 \text{ frutos}\cdot\text{m}^{-2}$  respectivamente, el análisis de crecimiento determinó además que fue el que durante todo el ciclo obtuvo la mayor acumulación de biomasa con un valor de  $23.07 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ , además con valores más altos en la relación de área foliar y con una mejor magnitud del aparato fotosintético en la relación de peso foliar. En la variable de calidad del fruto todos los tratamientos son estadísticamente igual excepto el testigo el cual presentó los valores más bajos para diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor de pulpa, sólidos solubles, número de loculos, excepto en peso unitario.

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), es una de las hortalizas que a nivel mundial genera grandes cantidades de recursos económicos, lo cual va aunado a la gran superficie sembrada alrededor del mundo y como resultado una producción de miles de toneladas. Según un estudio realizado en el 2004 por investigadores de Israel, la cantidad de toneladas cultivadas de tomate a nivel mundial superaron las 120 mil (Sandoval y Amador, 2002).

El tomate en México representa la principal hortaliza que se cultiva, ya que es la que más superficie de cultivo ocupa, la que más divisas genera por sus exportaciones. Aunque se cultiva aproximadamente en 28 estados de la República, sólo 5 de estos concentran más del 60% en superficie sembrada, cosechada y en valor de producción los cuales son: Sinaloa, Baja California, San Luís Potosí, Jalisco y Michoacán (SAGARPA, 2003).

Actualmente, las exportaciones de tomate de México pueden acumular un promedio de 750 mil toneladas anuales que en su mejor año (1998), llegaron a ser de casi 800 mil toneladas, de las cuales el 93% van al mercado norteamericano, un 3% a Canadá (más de 25 mil toneladas) y el resto a otros países de Centroamérica (Sandoval y Amador, 2002).

En México, el ciclo otoño-invierno es cuando el tomate concentra sus mayores volúmenes de exportación cubriendo principalmente las ventas a Estados Unidos en el periodo de Enero - Abril, época en que Florida tiene bajos niveles de producción, sin embargo en los estados del norte en esos meses las condiciones climáticas a campo abierto aun no son las adecuadas para una producción de tomate, además de un periodo de cosecha escalonada susceptible a los ataques de enfermedades y plagas por lo que se necesita concentrar toda la producción de tomate en campo abierto para el mes de abril con el objetivo de alcanzar las mejores demandas de mercado.

Ante la situación arriba mencionada se considera importante aprovechar dicho pico de mercado, mediante el desarrollo, adaptación y generación de tecnologías adecuadas para afrontar esta ventana de demanda del producto, lo que implica investigación orientada hacia una producción más intensiva (altos rendimientos por unidad de superficie).

Las plantas desarrollan respuestas a las condiciones promedio de radiación, conforme se incrementa gradualmente el nivel de luz, la fotosíntesis se va incrementando hasta alcanzar el punto de compensación por luz. Mock y Pearce (1975) señalan que aún las hojas de las especies más eficientes alcanzan el 80% de su fotosíntesis máxima con menos del 50% de la intensidad plena de luz y que la fotosíntesis máxima del dosel se logra cuando el mayor número de hojas interceptan luz a una irradiación media; es decir, cuando la distribución de luz sea más uniforme en el dosel. El índice de área foliar (IAF), es un buen indicador de la

superficie del follaje disponible para la captura de la radiación solar y útil para conocer el potencial fotosintético de un cultivo (Mitchell, 1970; Hunt, 1978).

Si un cultivo pudiera llegar muy pronto a un IAF óptimo y de ahí hasta el final de su ciclo y éste se mantuviese constante, la intercepción diaria de radiación fotosintética activa (RFA) sería máxima por un mayor intervalo de tiempo, lo que se reflejaría en un mayor acumulación diaria de biomasa y probablemente en un mayor rendimiento económico (Loomis y Williams, 1969; Monteith, 1981; Gardner *et al.*, 1985). Al aumentar el IAF aumenta la intercepción de RFA por dosel, y en consecuencia, hay un aumento en la producción de materia seca por unidad de superficie y por unidad de tiempo (Koning, 1996).

El tomate presenta índices de cosecha que oscilan entre 0.4 y 0.5; es decir, que del 40 al 65% de la materia seca producida por una planta es canalizada hacia los frutos (Srinivasa y Bhatt, 1989).

Papadopoulos y Ormrod (1990), estudiaron el efecto del espaciamiento entre planta sobre el rendimiento de tomate, manejando distancias entre plantas de 23, 30, 38, 45, 53, y 60 cm; se tuvieron densidades de 11300, 64,000, 31,000, 25,000 plantas por hectárea respectivamente, encontraron que el rendimiento total por planta disminuyó conforme aumentaban las densidades, pero el rendimiento total por hectárea aumentaba conforme las densidades de plantas por unidad de superficie se incrementaban. Hurd y Cooper (1970) indican que es factible lograr incrementos en el rendimiento por unidad de superficie en un periodo corto

eliminando la competencia entre racimos posteriores, mediante el despunte de las plantas para dejar un solo racimo utilizando altas densidades.

McAvoy *et al.* (1989) manejaron un sistema de producción continua de tomate en hidroponía, en el cual realizaron despuntes para dejar un solo racimo por planta; manejaron densidades de 12 plantas por metro cuadrado, logrando de esta manera producir seis ciclos por año a partir de plántulas transplantadas a 45 días de edad; encontraron que la remoción del meristemo apical, dos hojas arriba del racimo antes de la antésis, redujo la competencia entre órganos demandantes durante el desarrollo inicial del fruto favoreciendo su amarre y crecimiento.

### 1.1 Objetivo General

Incrementar el número de racimos permitidos por unidad de superficie (a través de manejo de densidades, distribución de plantas y niveles de despunte o configuración del dosel) dejando 20 racimos por  $m^2$  tal que se manifieste en un mayor rendimiento por unidad de superficie, sin afectar la calidad de fruto.

### 1.2 Objetivos Específicos

- a) incrementar la densidad de plantas por metro cuadrado, para aumentar el rendimiento por unidad de superficie, sin afectar de manera importante el tamaño y peso del fruto, en el híbrido Loreto de crecimiento indeterminado.

- b) comparar el rendimiento por unidad de superficie, en una densidad de 20 plantas por metro cuadrado de superficie útil con diferente distribución y despunte de plantas.
  
- c) estimar bajo un análisis de crecimiento la mejor combinación en la densidad de 20 plantas por metro cuadrado, distribución y nivel de despunte, para optimizar el aprovechamiento de la radiación fotosintética activa para un mayor rendimiento.

### 1.3 Hipótesis

Ho. La media de producción en tomate es la misma de un manejo de densidades, distribución de plantas y niveles de despunte o configuración de dosel.

Ha. La media de producción en tomate es diferente a través de un manejo de densidades, distribución de plantas y niveles de despunte o configuración de dosel.

### 1.4 Metas

- a) obtener información del número de racimos de tomate permitidos por metro cuadrado en relación al rendimiento por unidad de superficie.

- b) obtener información del aprovechamiento de la radiación fotosintética activa en altas densidades de poblaciones de tomate en relación al rendimiento y calidad del fruto.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades del tomate

#### 2.1.1 Origen

Nuez (1995) menciona que el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es una planta originaria de la planicie costera occidental de América del Sur, que comprende; Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. El tomate actualmente en cultivo, se derivó de una de las especies pertenecientes al género *Lycopersicon* y la opinión científica se inclina hacia el tomate - cereza (*L. esculentum* var. *ceraciforme*) como el más probable ancestro inmediato, que es la forma silvestre común, abundante en América tropical y subtropical (Leon y Arosemena, 1980).

#### 2.1.2 Importancia

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo (cuadro 2.1), gracias a que goza de una gran versatilidad en su forma de consumo, sobre todo en forma fresca (ensalada, cocido o frito). En mucha menor escala se utiliza en forma de curtido, esta ventaja le da un mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada (Infoagro, 2007).

Cuadro 2.1 Principales países productores de tomate en el mundo (Toneladas).

PAÍS	AÑO			
	2000	2001	2002	2003
China	22,324,767	24,116,211	27,151,121	28,851,121
Turquía	11,558,800	10,001,720	12,238,000	10,382,000
India	8,890,000	8,425,000	9,450,000	9,750,000
Egipto	6,785,640	6,328,720	6,350,000	6,350,000
Otros	51,579,990	50,019,231	50,386,054	50,386,054
<b>TOTAL</b>	<b>108,569,197</b>	<b>106,170,882</b>	<b>112,995,175</b>	<b>1,133,082,298</b>

Fuente: FAO (2003).

Desde el punto de vista alimenticio, el tomate es la hortaliza que por su versatilidad de consumo es una de las más importantes. A nivel de Norte y Centroamérica, el consumo per cápita•año<sup>-1</sup> es alrededor de los 26.9 kg mientras que a nivel mundial es de 12.6 (cuadro 2.2).

Cuadro 2.2 Consumo per cápita de tomate a nivel mundial.

REGIÓN	Área sembrada (miles de ha)	producción (millones de t)	Rendimiento (t•ha <sup>-1</sup> .)	Consumo per cápita(año <sup>-1</sup> •kg <sup>-1</sup> )
Mundial	2 588	60.8	23.5	12.6
África	445	6	13.6	10.8
Norte y Centroamérica	311	10.8	34.8	26.9
Sur América	133	3.4	25.7	12.7
Asia	198	15.2	19	5.4
Europa	506	18.1	35.8	36.8
Oceanía	15	0.3	23.5	15
USSR	380	6.9	18.1	24.2
Países desarrollados	1 108	35.3	31.9	29.2
Países en desarrollo	1 480	25.5	17.2	7

Otro de los motivos por el cual el tomate tiene una gran demanda es gracias a su contenido nutricional, el cual contiene vitaminas y minerales, lo que la hace una hortaliza indispensable en la alimentación humana (cuadro 2.3).

Cuadro 2.3 Contenido de minerales y vitaminas en una porción de 100 g de tomate.

Ca (mg)	Vit. A (UI)	Tiamina (ug)	Riboflavina (ug)	Fe (mg)	P (mg)	Niacina (mg)	Ac. Ascórbico (mg)
13	900	60	40	0.5	27	0.7	23

Fuente: Bolaños, 1998

En México el cultivo del tomate tiene una importancia superior a cualquier otra hortaliza cultivada. Tal importancia está basada en las divisas generadas y en la superficie utilizada para su producción, (cuadro 2.4 y 2.5). Aunque más del 60% de la producción se genera sólo en 5 estados de nuestra República.

Cuadro 2.4. Valor de la producción de tomate en México (Miles de pesos)

ESTADO	AÑO			
	2000	2001	2002	2003
Sinaloa	3,164,547	2,271,531	1,932,187	2,312,311
Baja California	1,084,179	834,341	800,922	1,630,417
Michoacán	913,397	755,606	645,973	1,120,200
San Luís Potosí	730,252	381,240	197,163	1,002,774
Jalisco	572,066	623,859	642,064	784,240
Otros	3,337,101	3,368,845	3,465,949	4,385,110
<b>TOTAL</b>	<b>9,765,542</b>	<b>8,235,422</b>	<b>7,984,258</b>	<b>11,235,052</b>

SAGARPA, (2003)

Cuadro 2.5 Superficie cosechada de tomate en México (Hectáreas).

ESTADO	AÑO			
	2000	2001	2002	2003
Sinaloa	35,761	35,685	28,976	36,848
Jalisco	10,156	8,683	10,424	9,485
Michoacán	12,604	9,400	10,569	9,440
San Luís Potosí	7,518	8,061	8,729	7,422
Baja California	6,421	7,065	5,620	6,414
Otros	52,114	52,426	19,451	52,079
<b>TOTAL</b>	<b>124,574</b>	<b>121,350</b>	<b>114,793</b>	<b>121,688</b>

SAGARPA, (2003)

En México se ha reportado que la producción de tomate cultivado a cielo abierto es de 25 t•ha<sup>-1</sup> rendimiento muy bajo, comparado con la producción obtenida en invernaderos. Se considera que las condiciones climáticas y edáficas

adversas, tales como heladas, bajas temperaturas, los excesos de humedad, los riegos insuficientes, la salinidad del suelo y del agua, así como suelos mal drenados por mencionar solo algunos, son los que mantienen limitada la producción de tomate en el país (INCAPA, 2000).

La producción de tomate en la Comarca Lagunera en 2005 alcanzó las 1048 hectáreas bajo cielo abierto representando el 5.38 % del total nacional, con un rendimiento promedio regional de  $26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  con un poco más de 78.5 millones de pesos en valor de la producción y alrededor de 85 hectáreas bajo condiciones de invernadero. La producción bajo cielo abierto se realiza durante el ciclo primavera-verano en los meses de junio a agosto, obteniéndose bajos rendimientos (SAGARPA, 2005)

### 2.1.3 Clasificación Taxonómica

Según Flores (1981) el tomate ha sido clasificado de la siguiente manera:

Reino.....Vegetal

División.....Tracheophyta

Subdivisión.....Pteropsidae

Clase.....Angiospermae

Subclase.....Personatae

Familia.....Solanácea

Género.....*Lycopersicon*

Especie.....*esculentum*

## 2.2 Desarrollo morfológico

Las plantas de tomate cultivadas a condiciones de cielo abierto requieren de mucho manejo, por ello es importante conocer su morfología, que a continuación se describe de forma breve.

### 2.2.1 Raíz

El sistema radical del tomate consta de: una raíz principal, raíces secundarias y las adventicias (Edmond *et al*, 1984). Generalmente se extiende superficialmente sobre un diámetro de 1.5 m y alcanza más de 0.5 m de profundidad; sin embargo, el 70% de las raíces se encuentran a 0.20 m de la superficie (Muños y Castellanos, 2003).

### 2.2.2 Tallo

Por su hábito de crecimiento, las variedades de tomate pueden ser: de crecimiento indeterminado y de crecimiento determinado. El tallo en las variedades de crecimiento indeterminado es producido a partir de la penúltima yema la cual empuja a la inflorescencia terminal hacia afuera, de tal manera que el tallo lateral parece continuación del tallo principal que le dio origen (CENTA).

La planta de tomate es herbácea, perenne y relativamente de vida corta, aunque es cultivada como anual, es ramificada de tallos sarmentosos pubescentes en toda su superficie, semileñosos sin dominancia apical. El tallo es el eje sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y frutos; el diámetro puede ser de 2 a 4 cm.

En las axilas de las hojas del tallo principal surgen los tallos secundarios que son eliminados mediante poda para una buena conformación de la planta (Muños y castellanos, 2003).

### 2.2.3 Hojas

Las hojas de la planta de tomate son sencillas, pecioladas de limbo muy hendidos, dan la impresión de ser compuestas sin serlo, de foliolos lobulados, ovales y acuminados, de color verde intenso en el haz y de un color verde claro en el envés de ésta. Sobre el tallo las hojas surgen de modo alterno. Están cubiertas de pelos glandulares. Normalmente aparecen tres hojas por ramillete. Dada la importancia de las hojas como responsables de realizar la fotosíntesis es necesario que presenten una buena disposición para interceptar la mayor radiación posible. Por ello es importante que la estructura para el tutorado, quede simétricamente establecido y además que no interfiera con las labores de manejo del cultivo (Muños y Castellanos, 2003).

### 2.2.4 Flores

La flor del tomate es perfecta, de color amarillo, consta de 5 ó más sépalos, 5 ó más pétalos y de 5 a 6 estambres; se agrupan en inflorescencias de tipo racimo cimoso, compuesto por 4 a 12 flores (CENTA).

Las flores aparecen en racimos, siendo estos sencillos en la parte baja y después más divididos y ramificados. Las flores de tomate son pequeñas, pedunculadas formando corimbos axilares; los 5 pétalos de la corola conforman un

tubo pequeño, los 5 estambres están soldados en estilo único que a veces sobresale de los estambres, el ovario tiene una gran cantidad de óvulos (Muños y Castellanos, 2003).

#### 2.2.5 Semilla

La semilla de tomate es aplanada y de forma lenticular con dimensiones aproximadas de 3 x 2 x 1 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión está formado por una yema apical, dos cotiledones, el hipocotilo y la radícula. La cubierta seminal es de un tejido duro impermeable (Muños y Castellanos, 2003).

#### 2.2.6 Frutos

El fruto del tomate es una baya de forma muy variada compuesta por varios lóculos pudiendo constar de dos o hasta tres lóculos (multiloculares); el color más común del fruto es el rojo, pero existen amarillo, naranjas y verdes ( Valadez, 1998). Este puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. Según Namesny y Alicia, (2004), la superficie de la baya puede ser lisa o acostillada, así como también su diámetro varía entre 3 y 16 cm.

## 2.3 Requerimientos climáticos y edáficos

### 2.3.1 Temperatura

La temperatura óptima para el desarrollo de la planta de tomate se ubica entre los 30 °C para el día y 16 °C para la noche (Valadez, 1998). El crecimiento máximo se obtiene con una temperatura diurna de 23 °C y una nocturna de 17 °C, estos factores fluctúan de la intensidad de luz, la edad y el balance de agua en la planta (Folquer, 1979; Rodríguez *et al.*, 1989).

La temperatura óptima para el desarrollo y color del fruto de jitomate oscila entre 18 a 24 °C, cuando se supera esta temperatura un buen porcentaje de los frutos pueden presentar maduración deficiente (Cásseres, 1984).

### 2.3.2 Humedad relativa

Guenkov (1974) señala que la humedad relativa favorable para el cultivo de tomate, oscila alrededor del 50 al 60%, debido a que cuando ésta es mayor, las anteras sufren una alteración en su tamaño y el polen no puede liberarse y caer en el estigma, por lo tanto no hay formación de frutos. Sin embargo Hurd y Sheard (1981) mencionan que la humedad relativa conveniente para el cultivo del tomate esta entre los 70 y 80%, los valores superiores favorecen al desarrollo de enfermedades del follaje especialmente.

### 2.3.3 Radiación

El tomate es un cultivo exigente en cuanto a radiación solar, cuando se desarrolla en condiciones de baja radiación, el ciclo vegetativo se prolonga significativamente, la planta se alarga y el tallo es delgado. Cuando se combinan baja irradiación con temperatura alta, la planta llega a presentar hasta 18 hojas antes del primer racimo (Castro, 1992). La planta de tomate requiere de buena iluminación, la cual se modifica por la densidad de siembra, sistema de poda, tutorado y prácticas culturales que optimizan la recepción de los rayos solares (Calvert, 1973)

### 2.3.4 Suelos

En los suelos profundos el cultivo de tomate se desarrolla mejor, aunque no es exigente siempre y cuando estén bien drenados. Prefiere suelos con un pH entre 5 a 7 (Nonnecke, 1989). En lo referente a la salinidad se clasifica como medianamente tolerante, teniendo valores de 6400 ppm. Se desarrolla mejor en los suelos arenosos, limo-arenosos (Valadez, 1998).

## 2.4 Tipos de crecimiento

Basados en el hábito de crecimiento la planta de tomate se divide en dos tipos: determinados e indeterminados.

- **Determinados:** Las plantas determinadas son de tipo arbustivo, de porte bajo (0.5 a 1.5 m), pequeñas y de producción precoz. Se caracteriza por la formación de inflorescencias en el extremo del ápice (Van Haeff, 1983).

- Indeterminados: La planta de tipo indeterminada crece hasta alturas de 2 metros, o más, según el tutorado que se aplique. El crecimiento vegetativo es continuo. Unas seis semanas después de la siembra inicia su comportamiento generativo produciendo flores en forma continua y de acuerdo a la velocidad de su desarrollo. La inflorescencia no es apical sino lateral. Este tipo de planta tiene tallos axilares de gran desarrollo. Según las técnicas culturales, se eliminan todos o se dejan algunos (Van Haeff, 1983).

## 2.5 Acolchado plástico

En la actualidad el uso de las coberturas plásticas para la producción está ganando popularidad, gracias a que brinda una serie de beneficios, tales como: aumento de la temperatura del suelo, conservación de la humedad, la eliminación o control de las malezas, menos lixiviación de los elementos nutritivos, menos compactación del suelo debajo del plástico como entre otra ventajas; lo cual ayuda a un desarrollo favorable de los cultivos protegidos (La Molina, 1999).

El acolchado consiste en colocar una barrera (Filme plástico) de separación entre el suelo y el ambiente atmosférico Robledo y Martín (1988). Sus beneficios principales están asociados con la reducción de la pérdida de agua en la superficie del suelo, evitando en esta forma la concentración de sales alrededor de las plántulas en germinación, así como la homogeneidad de la humedad bajo la cubierta sobre todo a una profundidad de 0-30cm, teniendo así la planta mejores condiciones para su desarrollo (La Molina, 1999).

Beneficios adicionales se consiguen con el uso del acolchado, como al reducir la pérdida de elementos nutritivos solubles, particularmente del N por lixiviación e incremento de la actividad microbiológica relacionada con la mineralización y con esto se logran cambios significativos en la reducción de las necesidades de fertilización nitrogenada; en experimentos realizados después de la cosecha se encontraron altos niveles de N en el suelo en las parcelas cubiertas con plástico en comparación con el testigo sin cubierta. Otra condición del suelo que se mejora, mediante el uso de cubiertas plásticas, es el ambiente catiónico.

Los colores de los plásticos utilizados en la agricultura son diversos, tales como los transparentes, negro opaco, gris humo, metalizados, así como los plásticos de color verde y marrón. Cada uno brinda algunas ventajas en especial, mas todos pertenecen al grupo de los termoplásticos. Respecto a sus colores, los más comerciales son negros opacos y los transparentes.

El efecto más importante que proporciona el plástico negro opaco, es la eliminación total de malas hierbas. Esto trae como consecuencia el mejor aprovechamiento de los elementos nutritivos y de la humedad del suelo por el cultivo. Otra ventaja de este plástico, es con lo referente a la temperatura; ya que esta, es menor durante el día que la producida por el plástico transparente, lo que restringe a un efecto mínimo el movimiento ascendente de las sales. Ello permite su exitosa utilización en zonas con problemas de aguas salinas.

En una investigación realizada en Louisiana EE.UU. en donde se evaluó el efecto de utilizar diferentes colores de plástico en la temperatura del suelo y la

producción de un determinado cultivo en este caso el melón, los tratamientos de cobertura blanco, negro y gris presentaron el mayor rendimiento temprano en número de frutas y en peso por hectáreas, mientras que el tratamiento temprano del tratamiento suelo desnudo, marrón fueron bajos. El número total de frutos y producción por hectáreas que resultaron de los tratamientos blanco, negro y gris fueron los más altos en la producción de temperatura en el suelo y producción, y el negro pintado de azul fueron los más bajos (La Molina, 1999).

En general los plásticos con colores oscuros conservan el suelo con mayor temperatura que los plásticos de colores claros (Ibarra y Rodríguez, 1991).

## 2.6 Fertirriego

Según Muños-Ramos (2003), la fertirrigación es la aplicación simultánea del agua de riego y los fertilizantes, generalmente de manera localizada y con elevada frecuencia. Ayudando este sistema al ahorro del líquido, reduciendo las pérdidas de éste por efecto de la evaporación, así como la reducción de la mano de obra, fertilizantes, labores culturales y brindando cierta protección al ambiente.

Otras ventajas de la fertirrigación son: (1) El ahorro de energía y trabajo, (2) la flexibilidad del momento de la aplicación (los elementos nutritivos pueden ser aplicados al suelo cuando el cultivo o condiciones del suelo no permita la entrada al campo con equipo convencional), (3) uso conveniente de compuestos y soluciones nutritivas de mezcla-preparada conteniendo también pequeñas concentraciones de microelementos que de otra manera sería muy difícil para aplicar exactamente al suelo, y (4) el abastecimiento de los elementos nutritivos puede ser más

cuidadosamente monitoreado y regulado. Cuando los fertilizantes son aplicados por medio del sistema de riego de goteo, el follaje del cultivo se puede mantener seco y así evitar quemaduras de hoja y retrasando el desarrollo de patógenos de la planta (Avidan, 1998).

Se recomienda que el sistema de riego por goteo se use con el acolchado plástico para obtener los máximos beneficios, ya que tiene sentido desde el punto de vista ecológico y económico fertilizar el cultivo a través del sistema de riego por goteo, según se vaya requiriendo. Esto resulta en un uso más eficiente de los fertilizantes y probablemente menos contaminación por lixiviación debajo de la zona radicular (García *et al.*, 1999).

## 2.7 Elementos esenciales

Para FitzPatrick (1996) los macroelementos se requieren en cantidades relativamente grandes y los microelementos se requieren en cantidades muy pequeñas. Además, estos elementos deben estar presentes en proporciones adecuadas, ya que tanto una deficiencia como un exceso de alguno de ellos afecta seriamente el desarrollo de la planta y provoca síntomas de desnutrición o toxicidad.

### 2.7.1 Macroelementos

Es un grupo de elementos químicos que toda planta necesita de forma indispensable, en cantidades considerables para un buen desarrollo. Rodríguez *et al* (2006), menciona que los macroelementos intervienen, aunque no exclusivamente, en la estructura de las moléculas, lo cual implica su necesidad en

grandes cantidades. La falta de uno o varios de estos elementos puede causar un pobre crecimiento o hasta la muerte de las plantas.

#### 2.7.1.1 Nitrógeno (N)

El Nitrógeno favorece el desarrollo, la producción y el tamaño del fruto. Su exceso puede ocasionar problemas de esterilidad de las flores y crecimientos anómalos de los frutos, favoreciendo el ahuecado y agrietado de los mismos, por lo que su dosificación debe estar en consonancia con las aportaciones de fósforo y potasio, pues un equilibrio entre los tres elementos es fundamental para lograr, además de altos rendimientos, buena calidad comercial.

El tomate es sensible a la deficiencia de nitrógeno en la fase vegetativa y durante la maduración. La falta de este elemento afecta el desarrollo de la planta, el follaje se vuelve verde pálido o amarillo, las hojas jóvenes y las ramificaciones son finas. Se produce un florecimiento tardío y disminución de los frutos (CENTA).

En las primeras tres semanas posteriores al trasplante, las necesidades de nitrógeno son muy bajas, absorbiendo sólo un 2% aproximadamente, de las extracciones. Pero a partir del incremento del desarrollo vegetativo y el engorde del primer racimo el ritmo de absorción se incrementa, llegando a ser en plena recolección del orden de los 5-7 kg de nitrógeno por hectárea por día.

### 2.7.1.2 Fósforo (P)

El Fósforo contribuye al desarrollo de un potente sistema radicular, favorece el grosor y consistencia del tallo y es imprescindible para lograr una buena floración. La falta de fósforo disminuye la absorción de nitrógeno, su deficiencia al inicio del cultivo puede originar retrasos importantes en la cosecha (CENTA).

Los síntomas más característicos de la deficiencia de fósforo son la coloración rojiza o púrpura en el haz de las hojas jóvenes y en el envés o parte dorsal de las hojas. El ritmo de absorción del fósforo es similar al del nitrógeno, coincidiendo las mayores necesidades con la floración y engorde de los frutos (CENTA)

### 2.7.1.3 Potasio (K)

El potasio tiene una gran influencia sobre la calidad de los frutos. Así como es necesario para la formación de tallos y frutos, síntesis de carbohidratos, aumento de sustancias sólidas, coloración y brillantes de los frutos, aumenta la cantidad de sólidos disueltos en el jugo; su peso, consistencia, mejora el sabor y, junto al magnesio, contribuye a la formación y homogénea distribución de los pigmentos colorantes sobre su superficie (CENTA).

La carencia del potasio en la planta de tomate se manifiesta en la reducción del crecimiento de los tallos. El K juega un papel importante en la cantidad de azúcares que acumula el fruto; al igual que el fósforo, el K ayuda a aumentar la cantidad de materia seca y vitamina C en el tomate. La máxima demanda de este elemento se

inicia a los 60-75 días de trasplante, fecha que coincide, aproximadamente, con el engorde del primer racimo y donde existe una intensa actividad vegetativa (CENTA).

#### 2.7.1.4 Calcio (Ca)

Este elemento estimula la formación de raíces y hojas. Es esencial para las paredes celulares, provee energía a las células y regula el flujo de elementos hacia ellas. La deficiencia de calcio provoca marchitamiento de la planta, muerte de la parte superior de tallo y de los puntos de crecimiento. Investigaciones realizadas indican que la pudrición apical se debe a una deficiencia localizada de calcio, los frutos en estado verde sazón muestran el tejido de la base hundido y duro, su color cambia de verde a negro (CENTA).

#### 2.7.1.5 Azufre (S)

Este elemento es vital para el crecimiento de la planta y para el desarrollo de proteínas y semillas. Participa en la formación de ácidos amínicos, vitaminas y clorofila. Facilita la asimilación del N. Los síntomas visuales de deficiencia de azufre son amarillamiento intervenas sobre todo en las hojas jóvenes y próximas a las yemas, se enrojecen los pecíolos y tallos, hay entrenudos más cortos y hojas más pequeñas (CENTA).

#### 2.7.1.6 Magnesio (Mg)

Es un componente de la clorofila, la cual es esencial para el proceso de fotosíntesis, en el cual las plantas combinan dióxido de carbono y agua para formar azúcares. La deficiencia de magnesio se presenta en la etapa de crecimiento apareciendo clorosis en la punta de las hojas inferiores, evidenciándose entre las nervaduras, pero en estados avanzados toda la hoja se torna de color amarillo. Este síntoma se extiende a las hojas medias, en la etapa de fructificación, la clorosis se hace más evidente, y las hojas más bajas de la planta adquieren un color morado (CENTA).

#### 2.7.2 Microelementos.

Es un grupo de elementos químicos necesarios para el buen desarrollo de las plantas. La carencia de un microelemento puede ser provocada por el exceso de otro, que realiza sobre la planta una acción de bloqueo. El pH del suelo también influye: un pH alto (7.5) provoca la carencia de manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), boro (B), molibdeno (Mo) en la planta; un pH bajo (<5.5) puede provocar carencia de molibdeno. Los microelementos que más exige el tomate son: boro, manganeso, zinc y hierro. Según Rodríguez *et al* (2006) los microelementos son requeridos en cantidades muy pequeñas y tienen funciones catalíticas o reguladoras.

### 2.7.2.1 Boro (B)

Es esencial para la buena polinización, favorece el cuajado de flores y frutos y el desarrollo de la semilla. Su carencia perturba el crecimiento celular, provocando la muerte en los puntos de crecimiento, tanto en el tallo como en la raíz. El exceso de boro produce clorosis y quemaduras en los bordes de las hojas y los tejidos adquieren un color negro oscuro, corteza hinchada, frutos deformes que maduran prematuramente (CENTA).

### 2.7.2 2 Manganeseo (Mn)

El manganeso actúa como catalizador en las acciones enzimáticas y fisiológicas; además de fomentar resistencia contra plagas y enfermedades, también se relaciona con la respiración y la síntesis de clorofila. La deficiencia se observa como una decoloración verde pálido y manchas cloróticas de tejido muerto entre las nervaduras de las hojas jóvenes. En las hojas viejas, aparecen manchas intervenales bastante difusas, no se observa una separación entre el tejido sano y el clorótico (CENTA).

### 2.7.2.3 Zinc (Zn)

Es un elemento de gran importancia en el crecimiento y producción; puede llegar a actuar como limitante en la realización de estas funciones si la disponibilidad es escasa. Actúa como elemento regulador de crecimiento, su deficiencia puede llegar a causar reducción en la longitud de los entrenudos lo que hace aparecer hojas de crecimiento terminal agrupadas en forma de roseta, su

ausencia también provoca alteraciones en el tamaño y forma de las hojas, así como la total deformación en las hojas nuevas (CENTA).

#### 2.7.2.4 Hierro (Fe)

El hierro tiene funciones específicas en la activación de los meristemáticos; la formación de la clorofila está relacionada con la presencia de este elemento; interviene en los procesos enzimáticos y se encuentra asociado con la síntesis de la proteína cloroplasmática (CENTA).

Las deficiencias del hierro se presentan primero en las hojas jóvenes de la planta; se detiene el crecimiento al no haber movimiento del elemento de las hojas adultas a los meristemas. Las hojas jóvenes presentan una clorosis que se extiende a todas ellas. En los suelos de textura gruesa, de bajo contenido de materia orgánica y con elevado pH, es donde más se observa la deficiencia de hierro (CENTA).

### 2.8 Manejo de la planta

#### 2.8.1 Tutorado

Es una práctica imprescindible que se realiza para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales, ya que todo ello, repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades (Howard, 1995).

### 2.8.2 Poda de brotes

El tomate requiere ser podado, ya que esta práctica incrementa el rendimiento y la calidad, cuando se realiza de manera adecuada, las plantas reciben suficiente sol y aire lo que ayuda al control de enfermedades (Tiscornia, 1989). La poda consiste en eliminar los brotes axilares, cuando están pequeños o tienen entre 6 y 10 cm de longitud. Con esta práctica se evita la pérdida de energía, la cual aprovecha la planta en el desarrollo de la flor y fruto (CENTA).

### 2.8.3 Poda apical

Esta actividad consiste en la eliminación de los brotes terminales de los tallos que se han dejado como guías, por encima del piso productivo que se considere económicamente importante. Con el despunte se regula y acorta el ciclo vegetativo, determinando la longitud de la planta. Indirectamente esta práctica puede repercutir en un incremento del tamaño de los frutos formados (Maroto, 1995).

## 2.9 Densidad de población

Se han realizado numerosos trabajos para determinar el número de plantas por superficie adecuado, el cual permite la máxima expresión de los materiales utilizados sin verse afectada la producción y calidad de fruto que es el principal objetivo.

Por lo que respecta a la densidad de población, se están utilizando 1.8 y 3.3 plantas por metro cuadrado, lo que da una densidad de 18, 000 a 33, 000 plantas

por hectárea, pudiendo fijar las siguientes distancias entre surcos: 1.00, 1.20, 1.50 y 1.80 m, dependiendo de la maquinaria disponible y el tipo de crecimiento de la planta; dejando un espacio entre plantas de 25 a 50 cm dependiendo del tipo de cultivar y manejándolo a una hilera (Valadez, 1997).

La tendencia es buscar más altos rendimientos mediante el aumento de poblaciones empleando cultivares enanos determinados que permiten espaciamientos menores, siguiendo esta tendencia, se sugieren poblaciones de 24,000 hasta 37,000 plantas por hectárea. Este aumento de población afecta significativamente el tamaño del fruto. La concentración de plantas por unidad de superficie implica que debe ponerse especial atención a la fertilización, a las labores de cultivo y a las labores de cosecha. Con bajo espaciamiento y alta población, los rendimientos tempranos pueden ser mayores, pero se acorta la época total de producción. Con distancias mayores, la tendencia es hacia el aumento en rendimientos tardíos. En ambos casos la producción tiende a ser similar, (Casares, 1981)

## 2.10 Niveles de despunte y densidades de población

En varios ensayos experimentales y comerciales se han estado comparando tratamientos con diferentes niveles de despunte, para dejar uno, dos o tres racimos por planta y combinado con diferentes densidades de población dentro de cada nivel de despunte; de 6 a 15 plantas•m<sup>-2</sup> de superficie útil en sistema a tres racimos por planta, de 9 a 25 plantas•m<sup>-2</sup> de superficie útil en sistema de dos racimos por planta, y de de 10 a 36 plantas• m<sup>-2</sup> de superficie útil en sistema de un racimo por

planta (Cacino, 1990; Sánchez y Corona, 1994; Sánchez y Ponce, 1998; Sánchez *et al.*, 1998; Sánchez *et al.*, 1999; Jorge, 1999; Muñiz, 2000).

Según Castellanos *et al.* (2000) para cultivares indeterminados conducidos a tres racimos por planta, los mejores rendimientos y calidad se han obtenido con 10 a 12 plantas• m<sup>-2</sup> de superficie útil, para plantas a dos racimos, la mejor densidad ha sido de 16 a 18 plantas• m<sup>-2</sup> de superficie útil y para plantas a un racimo es de 20 a 25 plantas• m<sup>-2</sup> de superficie útil. Para cultivares determinados las mejores densidades han sido de 12 a 15, de 18 a 22 y de 25 a 30 plantas• m<sup>-2</sup> de superficie útil respectivamente. El rendimiento entre cultivares determinados e indeterminados a resultado similar, pero la precocidad ha sido ligeramente mayor en los determinados.

Los rendimientos comerciales promedio por ciclo (considerando un promedio de varios ciclos) han sido de 22, 20 y 18 kg•m<sup>-2</sup> de superficie útil respectivamente, pero el rendimiento potencial es muy similar ya que en los sistemas que se conducen las plantas a un racimo, por su mayor precocidad permiten más ciclos por año que los sistemas a dos y tres racimos por plantas (Castellanos *et al.* ,2000).

Las plantas a un racimo son, en promedio, 10 días más precoces en su ciclo que las de dos racimos y 20 días más precoces en relación a las de tres racimos. Transplantando a los 60 días, el ciclo de transplante a cosecha se cumple en 70 a 75 días lo que en forma teórica se pueden realizar cinco ciclos por año. Con plantas a dos racimos y transplantes de 60 días, es posible obtener 4.5 ciclos por año pues del transplante a fin de cosecha transcurren entre 80 y 85 días. Finalmente con un

sistema a tres racimos por plantas y un transplante a 60 días se puede obtener cuatro ciclos de cultivo por año, considerando que de transplante a cosecha transcurren 90 a 95 días (Castellano *et al.*, 2000).

Se ha logrado definir y validar comercialmente una nueva tecnología de producción de jitomate en hidroponía, que se basa en despuntar (eliminar la yema apical) las plantas para dejar solo una, dos o tres inflorescencias con una o dos hojas arriba de éstas; además se eliminan todos los brotes axilares de las plantas antes, durante y después del despunte, con el propósito de establecer muy altas densidades de población (Castellano *et al.*, 2000).

#### 2.11 Producción de jitomate en hidroponía mediante la formación de doseles escaleriformes.

Según Garder *et al.* (1986) si se mejorara la distribución de la radiación solar en todo el dosel (distribución más equitativa entre las hojas que lo conforman) se podría lograr una mayor producción de materia seca por día y, por lo tanto, un mayor rendimiento por unidad de superficie y tiempo. Según los autores para la misma radiación diaria se produce más biomasa en aquellos doseles en que la radiación incidente se distribuye más uniformemente entre todas las hojas. Es decir, es mejor tener la mayoría de las hojas medianamente iluminadas que la mitad de las hojas muy iluminadas y la otra mitad muy sombradas.

Jorge (1999) realizó un experimento que demuestra que es posible encontrar formas y disposiciones de plantas que permitan acomodar más racimos (inflorescencia) por unidad de superficie y tiempo sin detrimento significativo del

número de fruto ni del peso medio de los frutos para así incrementar el rendimiento y la productividad anual, su experimento lo realizó en tinas orientadas norte-sur buscando una mejor intercepción de luz por dosel; él formó un dosel piramidal manejando 25 plantas• m<sup>-2</sup> de superficie útil distribuidas en cuadro real y despuntando las dos hileras exteriores para dejar un racimo por planta, las hileras intermedias para dejar dos racimos por planta la hilera del centro se le dejó a tres racimo por planta. De esta manera se logró alojar 45 racimos• m<sup>-2</sup> de tina contra 25 que se logró con el sistema despunte a un racimo ó 36 con el esquema a 3 racimos y 12 plantas• m<sup>-2</sup> con esta disposición de plantas, formando un dosel piramidal, obtuvo un rendimiento de 30 kg• m<sup>-2</sup>, contra sólo de 20 kg• m<sup>-2</sup> en los tratamientos testigos de un racimo y 25 plantas• m<sup>-2</sup> y de tres racimos y 12 plantas• m<sup>-2</sup> que son los que se aplican comercialmente.

En otro trabajo Vázquez y Sánchez (1999) probaron el formar, en cada una de las tinas de cultivo, doseles escaleriformes en donde se manejaron plantas a distintas alturas y con orientación este-oeste. La forma de escalera se logró podando cada hilera de plantas a diferentes alturas y dejándole un diferente número de racimos por planta. Así la hilera ubicada en el lado sur de cada tina se manejó con despuntes para dejar un racimo por planta (cada planta quedó a una altura de 50 cm aproximadamente) y 10 plantas por metro lineal; la hilera central se despuntó a tres racimos por planta (plantas a un metro de altura) y 6.5 plantas por metro lineal; la hilera ubicada en el lado norte de cada tina se despuntó a 6 racimos por planta (dando plantas de 1.8 m de altura) y 4 plantas por metro lineal. Con esta disposición se lograron acomodar 44 racimos por metro cuadrado de superficie útil, contra solo 30 en el tratamiento testigo con dosel uniforme y 4 hileras de plantas

manejadas a tres racimos y 10 plantas por metro cuadrado de superficie útil. El rendimiento fue de  $29.6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , en tanto que en el testigo manejado con dosel uniforme y cuatro hileras de plantas a tres racimos el rendimiento fue de sólo  $19 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .

En efecto, la densidad de población, que afecta en los agroecosistemas la intercepción de radiación solar y el suministro de agua y elementos nutritivos, es un aspecto de importante estudio en los cultivos, debido a que se encuentra directamente relacionado con eventos fisiológicos que afectan la producción y acumulación de materia seca entre los diferentes órganos.

Por lo anterior, el conocimiento del proceso de crecimiento de un cultivo en un determinado ambiente representa una ventaja para su manejo agronómico (Barraza *et al.*, 2004)

## 2.12 Análisis de crecimiento

Los investigadores necesitan saber más acerca del resultado del rendimiento de materia seca en las plantas, ya que a lo largo de varios eventos este puede tener una marcada influencia en el resultado final del rendimiento del cultivo. Un acercamiento al análisis de rendimiento-influenciar está la influencia de factores en el desarrollo de la planta como la acumulación de fotosintatos en el peso neto de la planta, que naturalmente se logra con el tiempo y es conocido como análisis del crecimiento, para obtener este análisis se requieren sólo dos mediciones, los cuales son: área de la hoja y el peso seco de esta. Otras cantidades necesarias en el análisis son derivadas por cálculo (Gardner *et al.*, 1985).

El peso seco de la hoja es determinado por procedimientos normales. El cálculo del área de la hoja puede ser determinado de varias maneras. Uno de estos métodos incluye trazar una cuadrícula en papel de fotocopia para determinar la proporción del área-peso. El peso de la hoja experimentalmente determinado puede convertirse para obtener el área de hojas por cálculo. Así como el cálculo de otras cantidades para el análisis de crecimiento (Garder *et al.*, 1985).

El análisis de crecimiento se puede realizar con plantas individuales o en comunidades de plantas, cuando éste se realiza en plantas individuales, generalmente se lleva a cabo durante las primeras fases de estas, incluye lo siguiente: (1) tasa de crecimiento del cultivo, (2) tasa de asimilación neta, (3) el área foliar, (4) el área de la hoja específica, y (5) el peso específico de hojas y la relación en el crecimiento (Garder *et al.*, 1985).

#### 2.12.1 Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)

Según Garder *et al.* (1985), la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), es la ganancia de peso de una comunidad de plantas en una unidad de suelo en una unidad de tiempo. Un TCC de  $20\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$  ( $200\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ ) es considerado respetable para la mayoría de los cultivos, particularmente para las plantas de tipo C3. Un TCC de  $30\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$  ( $300\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$  para granos) es obtenido por las plantas de tipo C4 como el maíz.

El TCC de rendimiento económico, como granos o tubérculos, es de igual o de mayor interés. Cuando el peso total y el peso seco económico se comparan, la línea de la regresión lineal se inclina, (cuesta = TCC) la cual es normalmente similar

durante una producción alta. La relación que existe entre  $TCC_{total}$  y  $TCC_{econ}$  es la cantidad de productos útiles, el cual se refiere al coeficiente dividiendo del índice (Duncan *et al.*, 1978). El coeficiente dividiendo de una cosecha expresa la eficiencia de lo asimilado en la conversión del rendimiento económico. Los cultivares modernos de cacahuete separan cerca del 75%, algunos de los cultivares alcanzan sólo 40 a 50% (Duncan *et al.*, 1978).

#### 2.12.2 Tasa de asimilación neta (TAN)

Garder *et al* (1985) añade que la tasa de asimilación neta (TAN) es la ganancia de la energía asimilable neta, la cual es principalmente sintetizada por la fotosíntesis, por unidad de área de la hoja y tiempo. También incluye ganancia en minerales, pero éstos no representan una significancia, pues sólo representa el 5% o menos del peso total.

La ecuación para calcular los valores promedio de TAN asume la relación entre el peso de la planta y hoja, el cual es lineal; esta asunción puede sostenerse para las primeras fases de la planta pero no para las últimas, como proporción de crecimiento de área de la hoja, el de materia seca puede excederse o viceversa. El TAN no es constante con el tiempo pero muestra una tendencia hacia lo genético de la planta mostrando una inclinación a descender con la edad de la planta; la cual es acelerada por un ambiente desfavorable (Hunt 1978), y la ganancia de la materia seca por unidad de hoja decrece mientras que se agregan nuevas hojas sombreando una superficie respectiva, así como por la edad y aumento de la planta y por la competencia por los elementos nutritivos.

### 2.12.3 Índice de área foliar (IAF)

Según Garder *et al.* (1985) la producción del cultivo está basada en la designación de éste en aumentar al máximo la interceptación de luz solar logrando que el suelo se cubra a través de la manipulación de la densidad de población y con esto promoviendo la expansión de el área foliar.

El índice de área foliar (IAF) expresa la proporción de superficie de la hoja en relación con el área del suelo ocupado por el cultivo. Un IAF, es una unidad de área de superficie de hoja por la unidad de superficie de terreno, que teóricamente podría interceptar toda la luz incidente; lo cual raramente sucede, debido a la forma de la hoja, delgadez, inclinación, y las variaciones de la distribución vertical. Un índice de área foliar de 3-5 es normalmente necesaria para la producción máximo de la materia seca en la mayoría de los cultivos (Garder *et al.*, 1985).

Para adquirir la biomasa total, la planta requiere de un índice de área foliar alto, no así el rendimiento económico del cultivo, (la parte del forraje cosechado para el consumo). El índice de área foliar y su distribución varía con la estación y con la especie (Garder *et al.*, 1985).

El IAF es un buen indicador de la superficie del follaje disponible para la captura de la radiación solar y útil para conocer el potencial fotosintético de un cultivo (Mitchell, 1970 y Hunt, 1978).

#### 2.12.4 Área foliar específica (AFE)

Según Garder *et al.* (1985) el área foliar específica (AFE) expresa la parte del área de lámina de la hoja o tejido que es fotosintéticamente activo y el total de los tejidos vivos o la biomasa total de la planta. El AFE refleja el follaje de una planta, mas los valores negativos del área foliar específica no son precisos ni expresados (Hunt 1978). Las plantas como el girasol y la remolacha tienen un AFE altos, comparados con plantas como el pino.

#### 2.13 Análisis de savia

Para Nuez (1995) el análisis del jugo extraído de los tejidos conductores, permite conocer la marcha de la fertilización con posibilidad de correcciones de problemas de nutrición detectadas en el seguimiento del cultivo. Aspectos como: incidencia de la salinidad y excesos o deficiencia de N, P, K, Ca y Mg.

El cuadro 2.6, muestra los niveles recomendados para el nitrógeno, fósforo y potasio obtenido del extracto celular de pecíolo, publicado por la Universidad de Florida (Castellanos *et al.*, 2000).

Cuadro 2.6 Niveles de suficiencia de N-NO<sub>3</sub> y K de Tomate.

Etapa de desarrollo	ECP	
	N-NO <sub>3</sub>	K
	mg•L <sup>-1</sup>	
Primer racimo	1000-1200	3500-4000
Primeras flores abiertas	600-800	3500-4000
Frutos de 2 cm de diam.	500-600	3000-3500
Frutos de 5 cm de diam.	500-600	3000-3500
Primer corte	400-500	2500-3000
Segundo corte	300-500	2000-2500

fuelle: Universidad de Florida

Para Castellanos *et al.* (2000) las ventajas que ofrece el análisis de savia son: (1) información precoz y rápida del potencial nutritivo del medio de cultivo, (2) respuesta rápida a cualquier problema de nutrición en el medio de cultivo, con la posibilidad de correcciones de nutrición desde las primeras etapas del ciclo del cultivo, (3) control de salinidad según la sensibilidad de cada cultivo, y (4) relacionar los elementos nutritivos en savia con las características del suelo o sustrato con el fin de conocer la causa de un problema de nutrición.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera.

La Comarca Lagunera se encuentra comprendida entre los paralelos 24° 10' y 26° 45' de latitud norte y los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud oeste de Greenwich, con una altura de 1,100 msnm. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas (CNA, 2002).

En cuanto al clima de la región, predomina el bWhw (f), es decir, seco con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 21 °C, presentando la más baja en enero y la más alta en julio. Las precipitaciones promedio son de 220 mm anuales; presentándose una precipitación de 36.6 mm en el mes más lluvioso del año y 1.5 mm en el mes más seco. Con respecto a la humedad, esta presenta variaciones durante el año; en primavera se tiene un valor promedio de 30.1 %, en otoño es de 49.3 % y finalmente en invierno un 43.1 %. Las heladas ocurren de noviembre a marzo, teniendo un periodo libre de heladas de abril a octubre. La evaporación promedio mensual es de 178 mm registrándose más intensa en los meses de mayo y junio con 234 y 236 mm respectivamente (CNA, 2002).

### 3.2 Localización del experimento

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en el cruce de la Carretera a Santa Fe y Periférico Torreón-Gómez-Lerdo, en la ciudad de Torreón, Coahuila, dentro de la Comarca lagunera, durante los ciclos primavera-verano del 2007.

La UAAAN-UL se ubica en las coordenadas geográficas de 103° 25' 27" de longitud oeste el meridiano de Greenwich y 25° 31' 11" de longitud norte, con una altura de 1123 msnm (CNA, 2002)

### 3.3 Características del suelo

El cuadro 3.1 muestra las características del suelo, realizado el 12 de febrero del 2004, el propósito fundamental de este análisis fue conocer la composición química para incorporar los elementos nutritivos que hicieran falta en el desarrollo de las plantas.

### 3.4 Características de agua

Se realizó para determinar los aportes previos del agua, y con este conocimiento hacer el ajuste necesario de fertilizantes a utilizar, aparte de la información de salinidad (cuadro 3.2).

Cuadro 3.1 Análisis de suelo del campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – U.L.

PARÁMETROS		RESULTADOS
Textura		migajon-arcilloso
(%) Arena		24.72
(%) Arcilla		30.92
(%) Limo		44.36
CIC	(meq•100 g <sup>-1</sup> )	7
pH		8.01
Fósforo	(ppm)	10.2
Potasio	(meq•100 g <sup>-1</sup> )	0.21
Calcio	(meq•L <sup>-1</sup> )	11.07
Magnesio	(meq•L <sup>-1</sup> )	1.48
Azufre	(meq•L <sup>-1</sup> )	7.88
Cobre	(ppm)	0.88
Fierro	(ppm)	1.7
Zinc	(ppm)	1.98
Manganeso	(ppm)	3.4

Cuadro 3.2 análisis de agua de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

PARÁMETROS		RESULTADOS
PH		6.97
CE	(ms•cm <sup>-1</sup> )	1.176
Nitrógeno	(%)	0.0014 (N <sup>+3</sup> 3.00 meq•L <sup>-1</sup> )
Fósforo	(ppm)	0.40 (P+5 0.064 meq•L <sup>-1</sup> )
Potasio	(meq•L <sup>-1</sup> )	0.13
Carbonatos	(meq•L <sup>-1</sup> )	0
Bicarbonatos	(meq•L <sup>-1</sup> )	1.8
Cloruros	(meq•L <sup>-1</sup> )	2.4
Azufre	(meq•L <sup>-1</sup> )	5.76
Calcio	(meq•L <sup>-1</sup> )	7.53
Magnesio	(meq•L <sup>-1</sup> )	1.15
Sodio	(meq•L <sup>-1</sup> )	2.22

### 3.5 Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques al azar de tal forma que se tuvieron siete tratamientos (incluido el testigo) con 3 repeticiones y una superficie de 1.6 x 1.0 metros por unidad experimental. Esto permite tener 21 parcelas útiles a muestrear por características. Cada una de las parcelas tuvo una longitud de de 3 m y un ancho de 1.60 m, dando un área de 4.8 m<sup>2</sup> en donde se

colocaron 20 plantas• m<sup>-2</sup> con un arreglo topológico de 20 cm entre plantas y 80 cm de separación entre las camas, las unidades experimentales que se colocaron en la misma cama melonera tuvieron una separación de 1 m, para el análisis de materia seca se tomaron dos plantas por parcela. Para parámetros de calidad y rendimientos se utilizaron todas plantas que se encontraban en el metro central de la parcela.

Cuadro 3.3 Descripción de tratamientos utilizados en el experimento.

TRATAMIENTO	ARREGLO				DESCRIPCIÓN
	Hileras				
	1	2	3	4	
DU1 <sub>R</sub> (TRAT. 1)	#	#	#	#	Se transplantaron 20 plantas por metro cuadrado a una distancia de 15.4 cm entre plantas y 26 entre hileras. Todas las plantas se despuntaron a 1 racimo
	#	#	#	#	
	#	#	#	#	
	#	#	#	#	
	#	#	#	#	
DU2 <sub>R</sub> (TRAT. 2)	\$	\$	\$	\$	Se transplantaron 20 plantas por metro cuadrado a una distancia de 15.4 cm entre plantas y 26 entre hileras. Todas las plantas se despuntaron a 2 racimos
	\$	\$	\$	\$	
	\$	\$	\$	\$	
	\$	\$	\$	\$	
	\$	\$	\$	\$	
DU3 <sub>R</sub> (TRAT 3)	&	&	&	&	Se transplantaron 20 plantas por metro cuadrado a una distancia de 15.4 cm entre plantas y 26 entre hileras. Todas las plantas se despuntaron a 3 racimos
	&	&	&	&	
	&	&	&	&	
	&	&	&	&	
	&	&	&	&	
DP1 <sub>R</sub> O2 <sub>R</sub> C (TRAT. 4)	#	\$	\$	#	Se transplantaron 20 plantas por metro cuadrado a una distancia de 15.4 cm entre plantas y 26 entre hileras. la primera hilera se despuntó a un racimo y la segunda y tercera a dos racimos, se cosecharon 30 racimos.
	#	\$	\$	#	
	#	\$	\$	#	
	#	\$	\$	#	
	#	\$	\$	#	
DP1 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT. 5)	#	&	&	#	Se transplantaron 20 plantas por metro cuadrado a una distancia de 15.4 cm entre plantas y 26 entre hileras. la primera hilera se despuntó a un racimo y la segunda y tercera a tres racimos, se cosecharon 40 racimos.
	#	&	&	#	
	#	&	&	#	
	#	&	&	#	
	#	&	&	#	
DP2 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT. 6)	\$	&	&	\$	Se transplantaron 20 plantas por metro cuadrado a una distancia de 15.4 cm entre plantas y 26 entre hileras. la primera hilera se despuntó dos racimo y la segunda y tercera a tres racimos, se cosecharán 50 racimos.
	\$	&	&	\$	
	\$	&	&	\$	
	\$	&	&	\$	
	\$	&	&	\$	
Testigo (TRAT. 7)	%		%		Se transplantaron 4 plantas por metro cuadrado a una distancia de 33.5 entre plantas y 45 cm entre hileras, sin despuntes.
	%		%		

#: planta de tomate, \$: planta de tomate, &: planta de tomate, % planta de tomate.

### 3.6 Preparación del terreno

Consistió en un barbecho, seguido de dos rastreos, con la finalidad de obtener un terreno bien mullido, así como controlar las malezas en el momento de la siembra o al colocar el acolchado, y proporcionarle un suelo adecuado a las plantas para su buen desarrollo radicular.

### 3.7 Preparación de las camas

La preparación de las camas se realizó utilizando una bordeadora seguida de los barbechos, las camas utilizadas en el experimento fueron las llamadas meloneras.

### 3.8 Instalación del sistema de riego

El riego utilizado en el experimento se proporcionó a través del sistema de riego por goteo utilizando dos cintillas por cama, (para tener una mejor homogeneidad en la humedad debido a las altas densidades de población que se manejaron). Las cintillas se colocaron sobre la superficie de las camas; una vez instaladas se conectaron a una manguera de plástico, que a la vez se conectó a la toma principal de agua.

### 3.9 Acolchado de las camas

Se colocaron las películas de plástico de color negro sobre el lomo de la cama buscando que las cintillas quedaran en el lugar adecuado. Al momento de ir

poniendo los plásticos sobre la superficie de las camas se fue cubriendo con tierra ambos lados, posteriormente se trazaron las unidades experimentales con cal, y se perforó la película de plástico con un tubo a una distancia de 20 cm para la densidad de 20 plantas por metro cuadrado y en los testigos los orificios se hicieron a una distancia de 33 cm.

### 3.10 Siembra en charolas.

La siembra en charolas se realizó el día 24 de febrero, para ello se utilizaron charolas de poliestireno, Pet moss, semillas de tomate del híbrido Loreto y agua.

### 3.11 Descripción de la variedad de tomate Loreto.

La especie vegetal utilizada fue tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), variedad Loreto el cual es un tomate saladette indeterminado de pedúnculo unido. La planta es alta y vigorosa, con una excelente cobertura de fruto y un amarre excelente y uniforme. Los frutos son de excelente pared y firmeza, manteniendo su tamaño y forma estable en cosechas sucesivas, y de color rojo muy atractivo, tiene resistencia a N, F-1,2, ASC, ToMV y V.

### 3.12 Trasplante

El trasplante se realizó el día 3 de abril del 2007, después de haber tenido un riego de presembrado de 48 horas. Se colocó una plántula por cavidad, teniendo una densidad de 200 000 plantas por hectárea y en los testigos con una población de 40,000 plantas• ha<sup>-1</sup>.

### 3.13 Estacado

A los 30 días después del trasplante se colocaron estacas de madera, que se consiguieron en el rancho el Fontanal, éstas eran de una altura de entre 1.50-1.70 m, se enterraron a una profundidad de 50-60 cm., colocando cuatro por unidad experimental, dos en cada cabecera y enterrando una por lado, se amarró con alambre un vara de madera en las dos estacas de las cabeceras por unidad experimental, de éstas varas horizontales se amarró alambre tirándolo de extremo a extremo de la parcela experimental y tensándolo lo más que se pudiera.

### 3.14 Colocación de la rafia

Después de colocar las estacas y el alambre se continuo en la colocación de la rafia (tutor); un extremo de ésta se amarró de la parte baja del tallo de la planta y el otro extremo se aseguro del alambre.

### 3.15 Poda de axilares

Las podas axilares se realizaron cada que era necesario; para esto se utilizaron tijeras de apodar y en ocasiones navajas pequeñas.

### 3.16 Poda apical

Esta poda se realizó en los momentos más adecuados siempre dependiendo según el experimento. La poda del apical se aplicó dos hojas arriba del último racimo considerando cada tratamiento.

### 3.17 Deshierbes

Se realizó de forma manual en todo momento, pero siempre buscando que las malezas no fueran un factor que afectaran los resultados del experimento.

### 3.18 Riego

Los riegos se realizaron cada tercer día, entre semana quedando los días lunes, miércoles y viernes, siendo estos sólo con agua.

### 3.19 Fertilización

Cada sábado se llevó a cabo la fertilización a través del sistema de riego con una dosis de 5 kg de nitrato de calcio, 4 kg de nitrato de potasio y 1.5 litros de ácido fosfórico disueltos en 100 litros de agua.

### 3.20 Control de plagas y enfermedades

Las aplicaciones de los plaguicidas y fungicidas se realizaron con una bomba de 4 litros de capacidad al principio y según fue creciendo el cultivo se utilizó un aspersor de mochila de una capacidad de 15 litros. Las aspersiones se realizaron conforme se fueron necesitando y de forma preventiva, así como curativa durante todo el ciclo del cultivo. En el cuadro 3.4 se muestra la frecuencia y los productos aplicados, así como la dosis y el control.

Cuadro 3.4 descripción los productos utilizados para el control de plagas y enfermedades en tomate

PRODUCTO	DOSIS	CONTROL	FRECUENCIA DE APLICACIÓN
Confidor	2 mL•L <sup>-1</sup> de agua	mosca blanca	cada 2 semanas
lanate	2 g•L <sup>-1</sup> . de agua	gusano del fruto	cada 2 semanas
cupertron	100mL•15 L <sup>-1</sup> . de agua	fitopatógenos	cada 2 semanas
maxiquel	4 g•L <sup>-1</sup> . de agua	micronutrientes	cada 2 semanas
biozimen	1 mL•L <sup>-1</sup> . de agua	amarre de fruto	semanal
poliquel de calcio	150mL•30L <sup>-1</sup> . de agua	deficiencia de Calcio	semanal
Urea foliar	4 g•L <sup>-1</sup> . de agua	deficiencia de N	cada 2 semanas
Tecto	15 g•100L <sup>-1</sup> . de agua	marchitamiento de planta	cada que fue necesario
agrimec	1.5 mL•L <sup>-1</sup> . de agua	tríp	cada que fue necesario

### 3.21 Variables a evaluar

#### 3.22.1 Rendimiento total

Esta variable se registró por cada corte, y para obtenerla se tomaron los tomates maduros que se encontraban en las 20 plantas del metro central de cada una de las parcelas, los frutos cortados se colocaban dentro de una bolsa de muestras con su respectiva identificación del tratamiento en estudio. Los datos de rendimiento tomados se hicieron en campo, debido a que se buscó evitar problemas en los frutos debido al manejo.

Esta variable no es mas que el peso total (ton•ha<sup>-1</sup>) separando los frutos buenos y malos, para esto se utilizó una báscula Nuevo León, Modelo. L, con una capacidad de 5 kg.

### 3.21.2 Rendimiento comercial y número de frutos comercial

Es el rendimiento en  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ . y el número de frutos por hectárea que produce cada uno de los tratamientos en la clasificación de comercial, o sea aquellos que están sanos y por lo tanto en condiciones de ser consumidos.

### 3.21.3 Calidad y números de frutos comercial

En esta variable se clasifica de acuerdo al peso en  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$  y número de fruto por hectárea en cada una de las siguientes categorías: extrachico, chico, mediano, grande y extragrande.

### 3.21.4 Calidad

Para efecto de calidad se tomaron, por lo general, diez frutos sanos por tratamiento en cada corte, los cuales se dejaban en la bolsa correspondiente e identificada, se buscó que los tomates tomados representaran una media en cuanto a las características externas.

Las características del tomate que se evaluaron tanto externa como internamente fueron las siguientes.

#### 3.21.4.1 Peso del fruto

Se determinó el peso de cada fruto elegido para evaluar calidad.

#### 3.21.4.2 Diámetro polar y ecuatorial

Con esta variable se determina la forma del fruto: cuando el diámetro polar es mayor que el diámetro ecuatorial el fruto se clasifica como oblongo, cuando el diámetro polar es igual que el ecuatorial se dice que el fruto es redondo y cuando el diámetro ecuatorial es mayor que el diámetro polar el fruto es de forma achatada. Para obtener los diámetros de los frutos se utilizó un vernier. En el caso del diámetro polar la medida se realizó de polo a polo del fruto y en el diámetro ecuatorial la medida es de la parte media del fruto.

#### 3.21.4.3 Color externo

Para obtener esta variable se utilizó la tabla de colores (Colours Chart Society Academy Horticultural. London Inglan) la cual es usada internacionalmente. Se tomó el tomate a evaluar y se comparaba su color con los colores de la tabla agarrando la lectura del color más idéntico al color del tomate.

#### 3.21.4.4 Color interno

El color interno se obtuvo, al partir el fruto y compararlo con los colores que presenta la escala internacional de colores anteriormente citada y se tomó aquel color que más se asemejaba al color del tomate.

#### 3.21.4.5 Número de lóculos

Se cuentan los lóbulos de cada fruto al partirse, se considera como una de las características que proporciona la resistencia del fruto al transporte, siendo más resistentes aquellos con menos lóculos.

#### 3.21.4.6 Espesor de la pulpa

Es otra de las características que determina la resistencia del tomate al transporte siendo mayor en aquello con mayor espesor. Esta variable se obtuvo midiendo la pulpa del fruto al partirlo, para lo cual se utilizó una regla.

#### 3.21.4.7 Sólidos solubles

Es la concentración de azúcares, los cuales son los responsables del sabor del tomate, y dependiendo de la cantidad existente en el fruto, es el destino de este. Esta es una de las características más importantes, en la determinación de la calidad del fruto, se considera que el rango de 4-7 grados Brix es de buena calidad. Para la determinación de esta característica se utilizó un refractómetro.

### 3.22 Análisis de crecimiento

#### 3.22.1 Área foliar

Esta variable se obtuvo utilizando dos plantas por parcela experimental, a las cuales se les cortaron las hojas y se extendieron sobre una mesa en donde se les determinó el área al colocar un acetato cuadriculado a un centímetro sobre ellas.

#### 3.22.2 Análisis de materia seca

Con esta variable se determina la capacidad fotosintética y así, la formación de biomasa por planta (variable que mide la eficiencia de la planta para aprovechar la luz solar). Para determinar la materia seca, durante el experimento se tomaron dos plantas por unidad experimental cada ocho días.

##### 3.22.2.1 Materia seca foliar

A cada una de las plantas que se extrajeron del campo para su análisis, se les cortaron las hojas y después de medir el área de cada una, se colocaron en una bolsa de papel con su respectiva identificación y con orificios para facilitar el intercambio de aire con el exterior, después fueron colocadas en una estufa de la marca Felisa, a una temperatura de 62 °C por un periodo de 48 horas. Posteriormente al transcurrir el tiempo establecido, se sacaron y se pesaron utilizando una báscula.

### 3.22.2.2 Materia seca de tallos

Después de cortar las hojas a cada planta, los tallos y las ramas restantes se cortaron en trozos pequeños los cuales se colocaron igual que las hojas en bolsas de papel y se metieron en la estufa por el mismo periodo que a las hojas y también se registró el peso seco.

### 3.22.2.3 Materia seca de los frutos

A cada una de las plantas se les cortaron los frutos los cuales se contaron y se colocaron en bolsas de papel después se siguió con el mismo procedimiento utilizado en las muestras de las hojas y los tallos.

Con los resultados obtenidos de las variables del análisis de crecimiento, anteriormente mencionadas, según Palomo *et al.* (2003) se puede estimar el rendimiento del cultivo, a través de los análisis de índices de crecimiento como tasa de crecimiento del cultivo (TCC), la tasa de asimilación neta (TAN), la relación de área foliar (RAF), el área foliar específica (AFE) y el índice de área foliar (IAF). Para el calcular los valores de estas variables se utilizó el programa de eficiencia fotosintética de los cultivos e índice de crecimiento de acuerdo con Orozco (2007).

1. Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), mide el incremento de biomasa por unidad de tiempo.

$$TCC = (P_2 - P_1) / A(t_2 - t_1) \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$$

Donde:

- A= Área donde el peso seco fue registrado
- P<sub>1</sub>= Peso seco de Muestra 1
- P<sub>2</sub>= peso seco de Muestra 2
- t<sub>1</sub>= Fecha de Muestreo 1 expresado en dds.
- t<sub>2</sub>= Fecha de Muestreo 2 expresado en dds.

2. Tasa de Asimilación Neta (TAN), es un estimador de la eficiencia de la planta.

$$TAN = (PS_2 - PS_1 / AF_2 - AF_1) (\text{Log}_e AF_2 - \text{Log}_e AF_1) / t_2 - t_1 \text{gms} \cdot m^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$$

Donde:

$\text{Log}_e$  = Logaritmo natural

PS = Peso seco de las muestras en  $t_1$  y  $t_2$

AF = Área foliar en el periodo  $t_1$  y  $t_2$

3. Relación de Área Foliar (RAF), estima la magnitud del aparato fotosintético de la planta, y es la relación entre el área foliar y el peso seco total de la planta.

$$RAF = AF / PS \text{cm}^2 \cdot g^{-1} \text{dePS}$$

Donde:

PS= Peso seco total

AF= Área foliar de la planta

4. Área Foliar Específica (AFE), mide el grosor de la hoja y representa la superficie foliar por gramo de hoja.

$$AFE = AF / PSAF \text{cm}^2 \cdot g^{-1}$$

PSAF= Peso seco del área foliar

5. Relación de Peso Foliar (RPF), determina la distribución de asimilados hacia las hojas, y es un indicador de la frondosidad de a planta.

$$RPF = PSAF / PS \text{ de la planta } g \cdot g^{-1}$$

6. Índice de Área Foliar (IAF), es el área foliar por unidad de superficie de suelo.

$$IAF = AFT / S \text{m}^2 / \text{m}^2$$

Donde:

AFT = Área foliar total

S = Área de suelo ocupada.

Para todas las variables mencionadas, tanto para el rendimiento, calidad del fruto y de crecimiento se realizaron los análisis de varianza por muestreo y la comparación de medias a través del el programa del SAS (*Statistical Análisis System*) al 0.05 de significancia.

### 3.23 Análisis de nutrientes en pecíolo foliar

Este análisis se realizó con el objetivo de conocer el comportamiento nutricional del nitrógeno, fósforo y potasio de la planta de tomate en diferentes arreglos (cuadro 3.3). El procedimiento que se siguió se describe a continuación.

#### 3.23.1 Análisis de nitrógeno y fósforo

Para el análisis de nitratos y fósforo, se tomaron nueve pecíolos de las planta de tomate por repetición, a éstos se le quitaron las hojas y se desecharon, posteriormente, al pecíolo se corto en trozos pequeños y con una prensa especial se obtuvo la savia, después de calibrar los equipos Cardi (equipos utilizados para el análisis) tanto para el nitrógeno como para el fósforo, con la solución 20 y limpiarlos con agua destilada, se colocaron de dos a tres gotas de savia en los sensores de éstos, dando los resultados, los cuales se ajustaron matemáticamente para conocer las concentración de los elementos en el cultivo.

#### 3.23.2 Análisis de potasio

Para el análisis de potasio en la planta de tomate se utilizó el equipo HANNA. Primero: se calibra el equipo, para esto, se utiliza una copa, en esta se pone 10 mL de agua destilada y se coloca en el dispositivo del equipo y se le oprime la función zero de la cual se obtiene la lectura cero lo que indica que el quipo ya está calibrado; posteriormente en un vaso de precipitado se colocaron 500 mL de agua destilada, de éste se tomaron 60 mL en un vaso de precipitado y se le ponen 3

gotas de savia obtenida de los pecíolos, después, de estos 60 mL se utilizaron 10 mL y se ponen en otra copa vacía, al cual se le agregaron cinco gotas del reactivo "A" y el contenido de un sobrecito del reactivo "B," se coloca en el dispositivo del equipo para ser leído y obtener el resultado del potasio en la planta.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1- Rendimiento y sus componentes

Las medias de rendimiento total y comercial de tomate se presentan en el cuadro 4.1 y figura 4.1, el rendimiento total por unidad de superficie fue mayor estadísticamente para el tratamiento 3 DU<sub>3R</sub> (20 plantas• m<sup>-2</sup> con un arreglo del dosel uniforme de 3 racimos por planta), con un rendimiento de 6.75 kg• m<sup>-2</sup>.

Para la variable de rendimiento comercial por unidad de superficie en los tratamientos con doseles uniformes (20 plantas•m<sup>-2</sup> con un arreglo de dosel uniforme a uno, dos y tres racimos por plantas) los resultados indican al tratamiento a tres racimos con el más alto rendimiento con 6.51 kg• m<sup>-2</sup>, seguido por el tratamiento a dos racimos con 5.10 kg•m<sup>-2</sup>, y al tratamiento a un racimo en una tercera posición con 3.30 kg•m<sup>-2</sup>, resultados que difieren con los presentados por Castellanos *et al.*, (2000) en donde obtuvieron rendimientos por 22, 20 y 18 kg•m<sup>-2</sup> en plantas a tres , dos y un racimo, esta diferencia puede deberse al sistema hidropónico utilizados por ellos, aunado a una densidad de población de 10-12 plantas•m<sup>-2</sup> para tres racimos, 16-18 plantas•m<sup>-2</sup> para dos racimos y 20-25 plantas•m<sup>-2</sup> para plantas a un racimo resultando menos competencia entre estas.

Para los tratamientos con doseles piramidales los resultados fueron: para el tratamiento con un racimo en orillas y dos racimos en centro 4.90 kg•m<sup>-2</sup>, para el tratamiento con un racimo en las orillas y tres racimos en el centro 5.90 kg•m<sup>-2</sup> y

para el tratamiento con dos racimos en las orillas y tres racimos en el centro el resultado fue de  $5.30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$

Al comparar los resultados obtenidos para rendimiento total en los doseles uniformes, muestran que el valor más alto fue para el tratamiento con plantas a tres racimos con una media de  $6.75 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  y el valor más bajo fue para un dosel uniforme con plantas a un racimo con una media de  $3.69 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  esto representa el 54.6% de producción con respecto al tratamiento tres, sin embargo este tratamiento tiene además mayor precocidad de 15 a 20 días, siendo similar la precocidad a los resultados presentados por Castellanos *et al.* (2000). En los doseles piramidal sobresalió con un valor más alto de  $6.30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ; el dosel de un racimo por planta en las dos líneas orilleras y 3 racimos por planta en las dos líneas del centro, sin embargo el valor de  $5.42 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  resultó estadísticamente igual al dosel piramidal de 2 racimos por planta en las dos líneas orilleras y 3 racimos por planta en las dos líneas del centro.

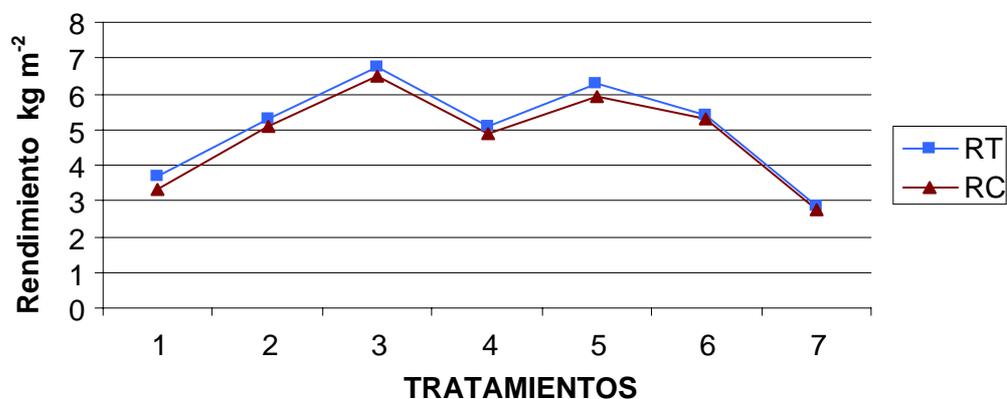
Cuadro 4.1 Comparación de medias del efecto de despuntes tempranos, dosel uniforme y dosel piramidal de 20 plantas por metro cuadrado en las variables de rendimiento total y rendimiento comercial de tomate.

TRATAMIENTO	MEDIA	
	RT $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	RC $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$
DU1 <sub>R</sub> (TRAT.1)	3.69d	3.30c
DU2 <sub>R</sub> (TRAT.2)	5.31bc	5.10b
DU3 <sub>R</sub> (TRAT.3)	6.75 a	6.51a
DP1 <sub>R</sub> O2 <sub>R</sub> C (TRAT.4)	5.07c	4.90b
DP1 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT.5)	6.30bc	5.90ab
DP2 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT.6)	5.42bc	5.30b
Testigo (TRAT.7)	2.86d	2.73c
DMS	1.14	1.1
C.V. (%)	12.74	12.91
<b>MEDIA</b>	<b>5.05</b>	<b>4.82</b>

Valores con letra diferentes son estadísticamente diferentes.

RT: Rendimiento Total, RC: Rendimiento Comercial

DU1<sub>R</sub>: Dosel uniforme 1 racimo, DU2<sub>R</sub>: Dosel uniforme 2 racimo, DU3<sub>R</sub>: Dosel uniforme 3 racimo, DP1<sub>R</sub> O2<sub>R</sub> C: Dosel Piramidal 1 racimo en orillas y 2 racimo en centro, DP1<sub>R</sub> O3<sub>R</sub> C: Dosel Piramidal 1 racimo en orillas y 3 racimo en centro, DP2<sub>R</sub> O3<sub>R</sub> C: Dosel Piramidal 2 racimo en orillas y 3 racimo en centro.



**Figura 4.1 Rendimiento total y comercial de tomate**

En el cuadro 4.2 se presentan seis contrastes ortogonales de las variables rendimiento total y rendimiento comercial, el propósito de este análisis fue el de comparar el testigo vs dosel uniforme y dosel piramidal, indicando que fueron altamente significativos, el siguiente grupo de tratamientos fue comparar el dosel uniforme con el dosel piramidal, los resultados indican que no se presentan diferencias estadísticas, es decir estadísticamente son iguales tanto para el rendimiento total como el comercial. Los contrastes 3 y 4 indican que los tres tipos de dosel uniforme son altamente significativos para rendimiento total y significativo para rendimiento comercial. Los contrastes 5 y 6 indican que los tres tipos de dosel piramidal son estadísticamente iguales tanto para el rendimiento total como para el comercial.

En el Cuadro 4.3 y Figura 4.2 se presentan los resultados de pruebas de comparación de medias del número de frutos totales así como el número de frutos nivel comercial (sin rezaga) totales por unidad de superficie, en ellos se observa una

superioridad para ambas variables en los tratamientos 3, 5 y 6 con valores de 103.13, 93.33, 84.17 m<sup>2</sup> respectivamente, siendo estadísticamente iguales.

Cuadro 4.2 Cuadrados medios de contrastes ortogonales de producción (rendimiento total y rendimiento comercial) de tomate en despuntes tempranos, doseles uniformes y doseles piramidales de 20 plantas por metro cuadrado.

CONTRASTES	CUADRADOS MEDIOS	
	RT (kg•m <sup>-2</sup> )	RC (kg•m <sup>-2</sup> )
Testigo (TRAT. 7) vs DU (TRAT. 1,2,3) y DP (TRAT. 4,5,6)	16.93**	15.32 **
DU (TRAT. 1,2,3) = DP (TRAT. 4,5,6)	0.54 NS	0.70 NS
DU1 <sub>R</sub> (TRAT. 1) = DU2 <sub>R</sub> (TRAT. 2) y DU3 <sub>R</sub> (TRAT. 3)	10.93 **	12.55 *
DU3 <sub>R</sub> (TRAT. 2) = DU3 <sub>R</sub> (TRAT. 3)	3.12 **	2.95 *
DP1 <sub>R</sub> O2 <sub>R</sub> C (TRAT. 4) = DP1 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT. 5) y DP2 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT. 6)	1.24 NS	0.98 NS
DP1O3C (TRAT. 5) = DP2 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT. 6)	1.17 NS	0.54 NS
C. V.	12.74	12.91

\*\* : Altamente Significativo, \* : Significativo, NS: No Significativo.

RT: Rendimiento Total, RC: Rendimiento Comercial

DU: Dosel uniforme, DP: Dosel piramidal, DU1<sub>R</sub> : Dosel uniforme 1 racimo, DU2<sub>R</sub> : Dosel uniforme 2 racimo, DU3<sub>R</sub> : Dosel uniforme 3 racimo, DP1<sub>R</sub> O2<sub>R</sub> C: Dosel Piramidal 1 racimo en orillas y 2 racimo en centro, DP1<sub>R</sub> O3<sub>R</sub> C: Dosel Piramidal 1 racimo en orillas y 3 racimo en centro, DP2<sub>R</sub> O3<sub>R</sub> C: Dosel Piramidal 2 racimo en orillas y 3 racimo en centro

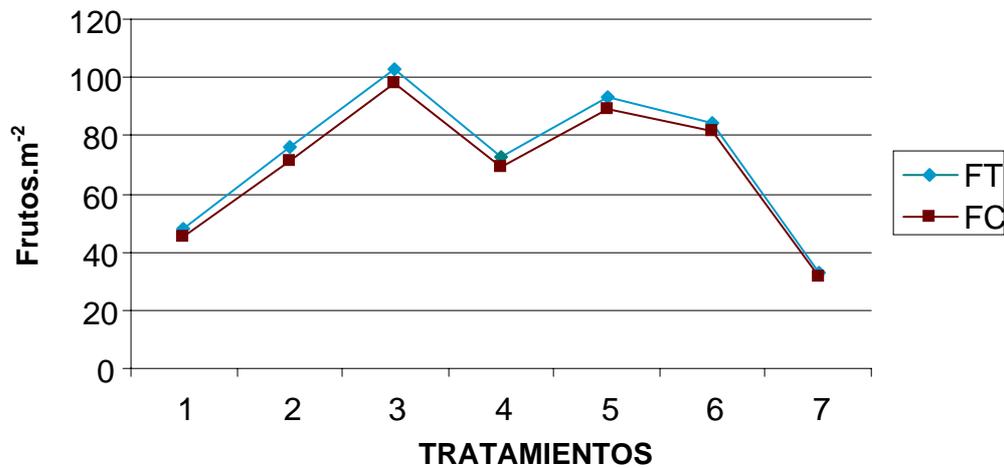
Cuadro 4.3 Comparación de medias del efecto de despuntes tempranos, dosel uniforme y dosel piramidal de 20 plantas por metro cuadrado en las variables de número de frutos totales y número de frutos comerciales de tomate.

TRATAMIENTO	MEDIAS	
	FT•m <sup>2</sup>	FC•m <sup>2</sup>
DU1 <sub>R</sub> (TRAT. 1)	48.12d	45.00c
DU2 <sub>R</sub> (TRAT. 2)	76.25bc	71.46b
DU3 <sub>R</sub> (TRATA 3)	103.13 <sup>a</sup>	98.33a
DP1 <sub>R</sub> O2 <sub>R</sub> C (TRAT.4)	72.50c	69.58b
DP1 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT. 5)	93.33ab	89.37a
DP2 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT. 6)	84.17abc	81.46ab
Testigo (TRAT. 7)	33.12d	31.25c
DMS	20.03	17.69
C. V.	15.43	14.31
MEDIA	72.94	69.49

Valores con letra diferentes son estadísticamente diferentes

FT; número de frutos totales por metro cuadrado; FC: numero de frutos comerciales por metro cuadrado.

DU1<sub>R</sub> : Dosel uniforme 1 racimo, DU2<sub>R</sub> : Dosel uniforme 2 racimo, DU3<sub>R</sub> : Dosel uniforme 3 racimo, DP1<sub>R</sub> O2<sub>R</sub> C: Dosel Piramidal 1 racimo en orillas y 2 racimo en centro, DP1<sub>R</sub> O3<sub>R</sub> C: Dosel Piramidal 1 racimo en orillas y 3 racimo en centro, DP2<sub>R</sub> O3<sub>R</sub> C: Dosel Piramidal 2 racimo en orillas y 3 racimo en centro



**Figura 4.2 Número de frutos totales y comerciales**

En el cuadro 4.4 se comparan grupos de tratamientos para las variables número de frutos total y comercial por metro cuadrado en seis contrastes ortogonales, los resultados de este análisis indican que el testigo (sin podas) vs DU (tratamientos con doseles uniformes) y DP (tratamientos con doseles piramidales) son altamente significativos para ambas variables, este análisis también indica que no es significativo para la comparación de dosel uniforme y dosel piramidal lo que explica que para el número de fruto total • m<sup>-2</sup> y número de fruto comercial • m<sup>-2</sup> ambos tipos de dosel se comportan igual.

El dosel uniforme de un racimo es diferente al dosel uniforme de 2 racimos y al dosel uniforme de 3 racimos, para el número de frutos total y para el número de frutos comercial. El dosel uniforme de 2 racimos y dosel uniforme de 3 racimos fueron estadísticamente diferentes tanto para el número de fruto total como para el número de frutos comercial. El dosel piramidal de 1 racimo en las plantas orilleras y 2 racimos en las plantas centrales resultaron no significativos al dosel piramidal de 1

racimo en las plantas orilleras y 3 racimos en las plantas centrales y dosel piramidal de 2 racimos en las plantas orilleras y 3 racimos en las plantas centrales tanto para número de frutos total como para número de frutos comercial. Así mismo, los tratamientos 5 y 6, ambos con dosel piramidal presentan igual comportamiento para la producción del número de fruto total y también en el número de fruto comercial.

**Cuadro 4.4 Cuadrados medios de contrastes ortogonales de producción (frutos totales y frutos comerciales) de tomate en despuntes tempranos, doseles uniformes y doseles piramidales de 20 plantas por metro cuadrado.**

CONTRASTES	CUADRADOS MEDIOS	
	FT•m <sup>-2</sup>	FC•m <sup>-2</sup>
Testigo (TRAT. 7) vs DU (TRAT. 1,2,3) y		
DP (TRAT. 4,5,6)	5550.24**	5118.93**
DU (TRAT. 1,2,3) = DP (TRAT. 4,5,6)	253.12NS	328.27NS
DU1 <sub>R</sub> (TRAT. 1) = DU2 <sub>R</sub> (TRAT. 2) y		
DU3 <sub>R</sub> (TRAT. 3)	3455.02*	3183.22*
DU3 <sub>R</sub> (TRAT. 2) = DU3 <sub>R</sub> (TRAT. 3)	1083*	1083.53*
DP1 <sub>R</sub> O2 <sub>R</sub> C (TRAT. 4) = DP1 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT. 5)		
y DP2 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT. 6)	528.34NS	501.28*
DP1O3C (TRAT. 5) = DP2 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT. 6)	1260.04NS	94.01NS
C.V.	15.43	14.31

FT: Rendimiento Total, FC: Rendimiento Comercial; \*\*: Altamente significativo, NS: No significativo, \*: Significativo  
 DU: Dosel uniforme, DP: Dosel piramidal, DU1<sub>R</sub>: Dosel uniforme 1 racimo, DU2<sub>R</sub>: Dosel uniforme 2 racimo, DU3<sub>R</sub>: Dosel uniforme 3 racimo, DP1<sub>R</sub> O2<sub>R</sub> C: Dosel Piramidal 1 racimo en orillas y 2 racimo en centro, DP1<sub>R</sub> O3<sub>R</sub> C: Dosel Piramidal 1 racimo en orillas y 3 racimo en centro, DP2<sub>R</sub> O3<sub>R</sub> C: Dosel Piramidal 2 racimo en orillas y 3 racimo en centro

## 4.2 Calidad del fruto

En el cuadro 4.5 se presentan los resultados de las variables de calidad de fruto en comparación de medias, este análisis indica que el dosel uniforme con plantas a tres racimos obtiene el valor más alto para diámetro polar, sin embargo resultó estadísticamente igual que los tratamientos 1, 2, 4, 5 y 6. El testigo presentó los valores más bajos para diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), espesor

de pulpa (EP), sólidos solubles (GB), número de lóculos (NL), excepto en peso unitario (PU).

Cuadro 4.5 Comparación de medias del efecto de despuntes tempranos, dosel uniformes y dosel piramidal de 20 plantas por metro cuadrado en las variables de calidad de tomate.

TRATAMIENTO	VARIABLES DE CALIDAD DEL FRUTO					
	DP	DE	PU	EP	GB	NL
DU1 <sub>R</sub> (TRAT. 1)	5.54 ab	4.81 a	70.40 a	0.59 a	2.96 a	2.23 a
DU2 <sub>R</sub> (TRAT. 2)	5.67 ab	4.89 a	73.81 a	0.61 a	3.08 a	2.30 a
DU3 <sub>R</sub> (TRAT. 3)	6.12 a	4.76 ab	72.15 a	0.60 a	2.95 a	2.18 a
DP1 <sub>R</sub> O2 <sub>R</sub> C (TRAT. 4)	5.59 ab	4.82 a	69.97 a	0.60 a	3.10 a	2.27 a
DP1 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT. 5)	5.70 ab	4.82 a	71.59 a	0.59 a	3.23 a	2.22 a
DP2 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT. 6)	5.40 ab	4.74 ab	66.94 a	0.60 a	3.16 a	2.30 a
Testigo (TRAT. 7)	4.3 b	4.30 b	72.07 a	0.52 b	2.71 a	2.09 a
DMS	0.83	0.5	10.06	0.05	0.54	0.31
C.V. (%)	8.4	5.99	7.97	5.51	10.12	7.91
MEDIA	5.56	4.73	70.99	0.5	3.03	2.23

Valores con letra diferentes son estadísticamente diferentes.

Variables: DP: Diámetro Polar, DE: Diámetro Ecuatorial, PU: Peso Unitario, EP: Espesor de Pulpa, GB: Grados Brix, NL: Numero de Loculos.

Tratamientos: DU1<sub>R</sub>: Dosel uniforme 1 racimo, DU2<sub>R</sub>: Dosel uniforme 2 racimo, DU3<sub>R</sub>: Dosel uniforme 3 racimo, DP1<sub>R</sub>O2<sub>R</sub>C: Dosel Piramidal 1 racimo en orillas y 2 racimo en centro, DP1<sub>R</sub>O3<sub>R</sub>C: Dosel Piramidal 1 racimo en orillas y 3 racimo en centro, DP2<sub>R</sub>O3<sub>R</sub>C: Dosel Piramidal 2 racimo en orillas y 3 racimo en centro

En el cuadro 4.6, se muestran los colores que se presentaron en los tomates evaluados, registrándose el color exterior R45-A el cual es el color más recomendado para el tomate, así también el interior R44-B y A, lo que indica un color aceptable.

Cuadro 4.6 Modas de colores externo e interno de tomate

TRATAMIENTO	COLOR EXTERIOR	COLOR INTERIOR
DU1 <sub>R</sub> (TRAT.1)	R45-A	R44-B
DU2 <sub>R</sub> (TRAT.2)	R45-A	R44-B
DU3 <sub>R</sub> (TRAT.3)	R45-A	R44-B
DP1 <sub>R</sub> O2 <sub>R</sub> C (TRAT.4)	R45-A	R44-A
DP1 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT.5)	R45-A	R44-B
DP2 <sub>R</sub> O3 <sub>R</sub> C (TRAT.6)	R45-A	R44-B
Testigo (TRAT.7)	R45-A	R44-A

Tratamientos: DU1<sub>R</sub>: Dosel uniforme 1 racimo, DU2<sub>R</sub>: Dosel uniforme 2 racimos, DU3<sub>R</sub>: Dosel uniforme 3 racimos, DP1<sub>R</sub>O2<sub>R</sub>C: Dosel Piramidal 1 racimo en orillas y 2 racimos en centro, DP1<sub>R</sub>O3<sub>R</sub>C: Dosel Piramidal 1 racimo en orillas y 3 racimos en centro, DP2<sub>R</sub>O3<sub>R</sub>C: Dosel Piramidal 2 racimos en orillas y 3 racimos en centro y Testigo; sin podas y sin arreglo de racimos.

### 4.3 Análisis de crecimiento

#### 4.3.1 Tasa de crecimiento y Tasa de asimilación neta

Para el estudio del comportamiento del incremento de biomasa, a los 30-38, 38-46, 46-54 ddt, se realizaron muestreos, en donde se calculó el peso total de la parte aérea de la plana así como su área foliar, estimándose la tasa de crecimiento (TCC) y la tasa de asimilación neta (TAN) promedio por metro cuadrado. Los resultados para la tasa de crecimiento promedio por metro cuadrado en los tres muestreos no presentaron diferencias estadísticas entre medias según la prueba DMS, (con un nivel de significancia del 5%), en todos los muestreos, sin embargo durante el ciclo la mayor acumulación de biomasa se obtuvo con el tratamiento T3 (dosel uniforme a 3 racimos) con un valor de  $23.07 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-2}$  (cuadro 4.7 y figura 4.3) debido tal vez a que las plantas se podaron y se despuntaron hasta los tres racimos.

Cuadro 4.7 Comparación de medias de tasa de crecimiento (TCC), tasa de asimilación neta (TAN) en tomate en 20 plantas  $\text{m}^2$  y diferentes tipos de dosel y despunte.

Índice	Periodo (días)	Tratamientos (Dosel Y Podas)						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
TCC $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$	30-38	12.45a	11.91a	7.50ab	12.18a	9.98a	9.70ab	3.11b
	38-46	12.41a	25.75a	24.04a	19.08a	18.56a	24.89a	11.78a
	46-54	18.42a	6.10a	37.67a	12.26a	27.71a	21.89a	80.62a
	30-54	14.43a	14.59a	23.07a	14.51a	18.75a	18.83a	31.84a
TAN $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$	30-38	8.59a	9.24a	6.05a	9.27a	7.51a	7.58a	7.59a
	38-46	5.98b	10.96ab	9.59ab	8.35b	8.11b	10.42ab	17.71a
	46-54	8.00a	2.02a	6.42a	4.74a	6.59a	4.84a	77.45a
	30-54	10.04a	10.65a	7.27a	10.25a	7.85a	8.16a	48.87a

Valores con letras diferentes son estadísticamente diferentes.

T1: Dosel uniforme apodado 1 racimo, T2 : Dosel uniforme apodado 2 racimo, T3 : Dosel uniforme apodado 3 racimo, T4 : Dosel Piramidal apodado 1 racimo en hileras orillas y apodado 2 racimo en hileras centro, T5 : Dosel Piramidal apodado 1 racimo en hileras orillas y apodado 3 racimo en hileras centro, T6 : Dosel Piramidal apodado 2 racimo en hileras orillas y apodado 3 racimo en hileras centro, T7 : Testigo sin poda

En cambio para la tasa de asimilación neta (TAN), se registraron diferencias significativas en entre las medias según la prueba DMS (al 5% de significancia), en el muestreo de 38-46 ddt, sobresaliendo el tratamiento 2 (dosel uniforme a 2 racimos), 3 (dosel uniforme a 3 racimos) y 6 (dosel piramidal 2 racimos en orillas y 3 racimos en el centro) con valores de 10.96, 9.59, 10.42  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$  respectivamente, teniendo estos tratamientos una mayor eficiencia fotosintética del cultivo en la transformación de fotosintatos a biomasa ( cuadro 4.7 y figura 4.4).

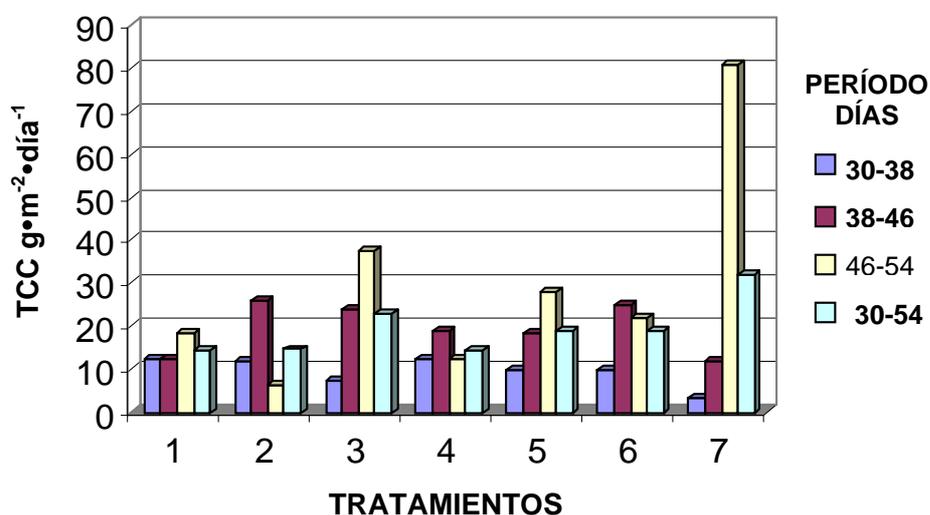


Figura 4.3 Comparación de medias de tasa de crecimiento del cultivo (TCC), en tomate en 20 plantas  $\cdot$   $\text{m}^2$  y diferentes tipos de dosel y despuntes.

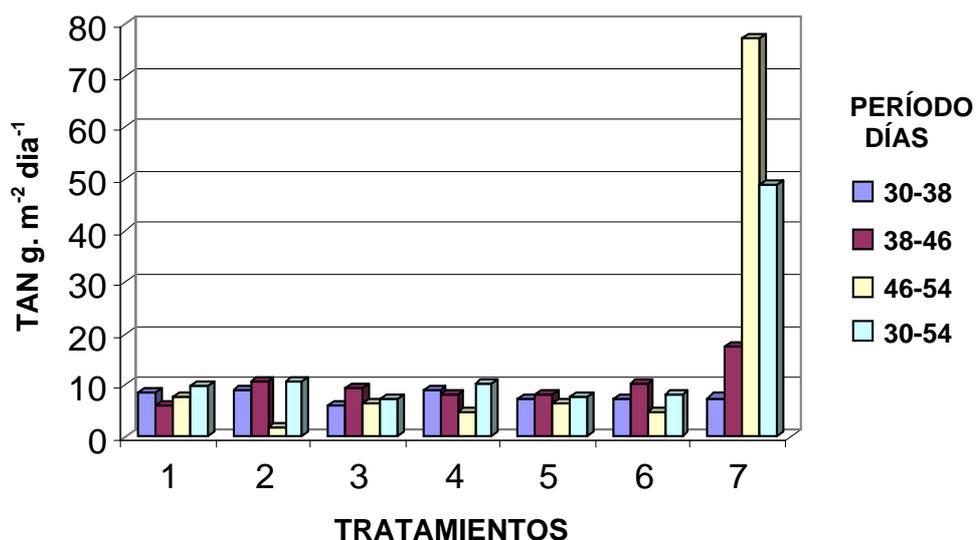


Figura 4.4 Comparación de medias de tasa de asimilación neta (TAN), en tomate en 20 plantas • m<sup>-2</sup> y diferentes tipos de dosel y despuntes.

#### 4.3.2 Estructura del follaje

Para el estudio de la conformación del follaje, a los 30, 38, 46 y 54 ddt, se hicieron muestreos de peso y área foliar, estimándose el área foliar específica (AFE), y el índice de área foliar (IAF) promedio por metro cuadrado (cuadro 4.8 y figura 4.5). Para el área foliar específica promedio a los 30, 38 Y 46 ddt no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. En cambio a los 54 ddt el tratamiento 3 (dosel uniforme apodado a 3 racimos) presentó superioridad estadística en AFE por metro cuadrado, con un valor de 242.14 cm<sup>2</sup>•g<sup>-1</sup>.

Cuadro 4.8. Comparación de medias de área foliar específica (AFE) e índice de área foliar (IAF) en tomate en 20 plantas m<sup>2</sup> y diferentes tipos de dosel y despunte.

Índice	Periodo (días)	Tratamientos (Dosel y Podas)						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
AFE cm <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup>	30	264.75a	142.23a	192.98a	168.03a	202.14a	160.95a	151.16a
	38	251.53a	242.86a	195.74a	250.15a	219.57a	212.80a	298.26a
	46	212.50a	368.90a	273.40a	249.50a	240.50a	251.60a	150.40a
	54	186.86abc	156.23c	242.14a	162.58bc	224.49ab	202.73abc	179.79abc
IAF m <sup>2</sup> ·m <sup>-2</sup>	30	0.82a	0.92a	1.06a	0.87a	0.94a	0.99a	0.20b
	38	2.09a	1.73a	1.47a	1.91a	1.78a	1.60a	0.68b
	46	2.28c	3.10abc	3.58a	2.69bc	2.93abc	3.34ab	0.85d
	54	2.49b	2.65b	6.35a	2.57b	4.42ab	4.50ab	2.30b

Valores con letra diferentes son estadísticamente diferentes.

T1: Dosel uniforme apodado 1 racimo, T2 : Dosel uniforme apodado 2 racimo, T3 : Dosel uniforme apodado 3 racimo, T4 : Dosel Piramidal apodado 1 racimo en hileras orillas y apodado 2 racimo en hileras centro, T5 : Dosel Piramidal apodado 1 racimo en hileras orillas y apodado 3 racimo en hileras centro, T6 : Dosel Piramidal apodado 2 racimo en hileras orillas y apodado 3 racimo en hileras centro, T7 : Testigo sin poda

El mayor índice del área foliar se obtuvo a los 54 días después del trasplante, presentándose en el tratamiento 3 (dosel uniforme apodado a 3 racimos) con una superioridad estadística por metro cuadrado, el IAF fue mayor en los tratamientos de un dosel uniforme que en los del tipo de dosel piramidal, con mayor capacidad en un dosel uniforme para la captura de la luz en el proceso de formación de biomasa (cuadro 4.8 y figura 4.6). El área foliar específica fue menor en el tipo de dosel piramidal que en el dosel uniforme debido a su forma que permite un mayor espacio y menor competencia entre plantas (cuadro 4.8).

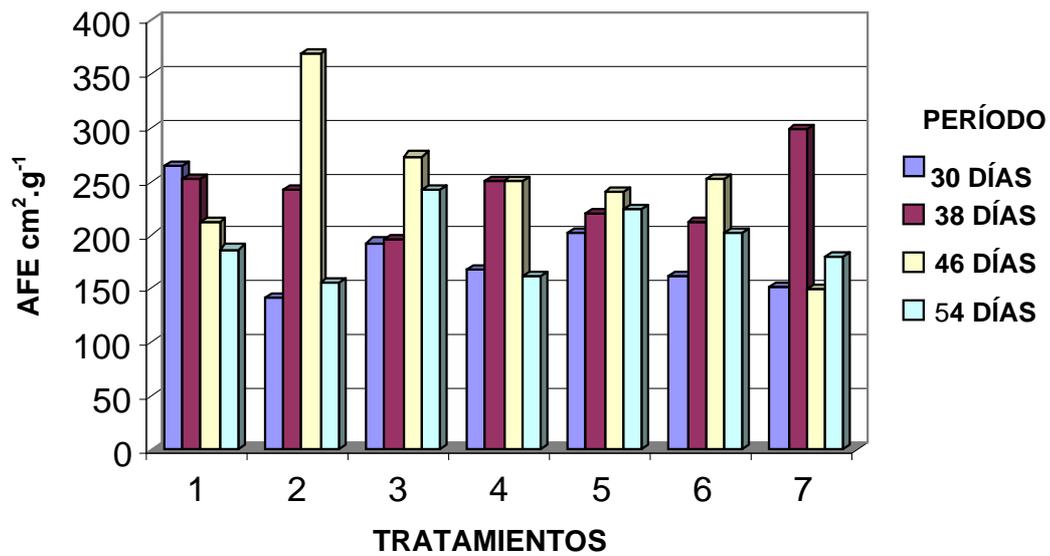


Figura 4.5. Comparación de medias de área foliar específica (AFE) en tomate en 20 plantas• m<sup>2</sup> y diferentes tipos de dosel y despunte.

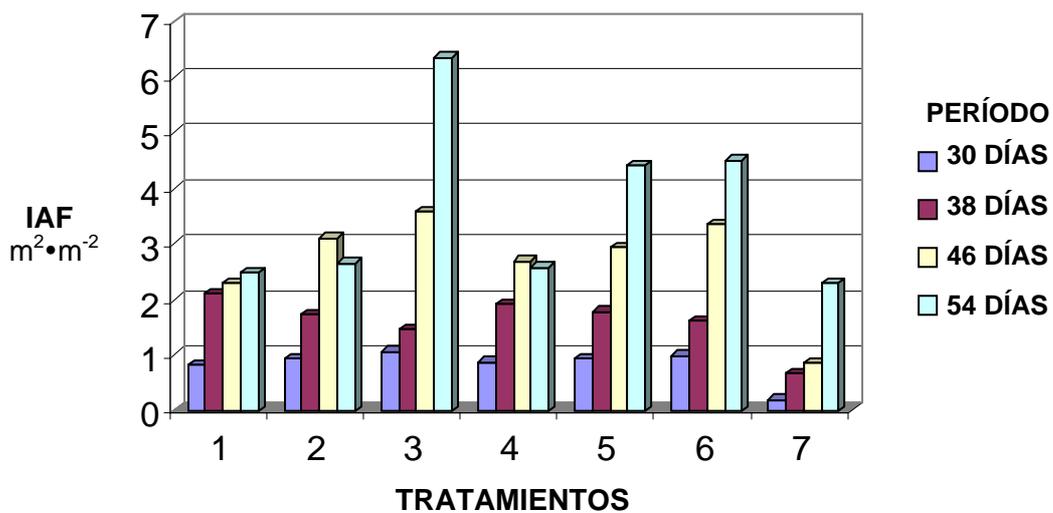


Figura 4.6 Comparación de medias de índice de área foliar (IAF) en tomate en 20 plantas• m<sup>2</sup> y diferentes tipos de dosel y despuntes.

#### 4.3.3 Aparato fotosintético

En lo que se refiere a los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético se determinó la relación de área foliar (RAF) y la relación de peso foliar (RPF) a los 30, 38, 46 y 54 ddt. De acuerdo con los resultados (cuadro 4.9) al

comparar las medias se aprecian diferencias estadísticas sobresaliendo el tratamiento 3 (dosel uniforme apodado a 3 racimos) y el tratamientos 5 (dosel piramidal un racimo en orillas y dos racimos centro) con valores más altos en la relación de área foliar, esto en la etapa de muestreo de 46 ddt, representándose en estos dos tratamientos los de mejor magnitud del aparato fotosintético. Esto también se muestra en la relación de peso foliar siendo los tratamiento 3 y 5 los de mayor eficiencia en la distribución de asimilados hacia las hojas, indicando plantas más frondosas y con mayor grosor de hojas.

Cuadro 4.9 Comparación de medias de relación área foliar (RAF), relación peso foliar (RPF) en tomate en 20 plantas• m<sup>-2</sup> y diferentes tipos de dosel y despunte.

Índice	Periodo (días)	Tratamientos (Dosel Y Podas)						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
RAF cm <sup>2</sup> •g <sup>-1</sup>	30	147.35a	85.56a	110.14a	99.76a	117.50a	96.29a	99.41a
	38	127.36ab	87.01b	96.49b	105.35ab	108.12ab	91.06b	164.17a
	46	86.20ab	76.73ab	102.42a	80.13ab	94.30ab	87.65ab	64.90b
	54	71.11ab	59.34ab	98.41a	63.51ab	88.35ab	82.12ab	51.35b
RPF g•g <sup>-1</sup>	30	0.57a	0.61a	0.58a	0.59a	0.58a	0.60a	0.65a
	38	0.50ab	0.38c	0.49ab	0.42bc	0.49ab	0.42bc	0.55a
	46	0.41ab	0.27b	0.39ab	0.33ab	0.40ab	0.34ab	0.44a
	54	0.36a	0.39a	0.42a	0.38a	0.40a	0.41a	0.32a

Valores con letra diferentes son estadísticamente diferentes.

T1: Dosel uniforme apodado 1 racimo, T2 : Dosel uniforme apodado 2 racimo, T3 : Dosel uniforme apodado 3 racimo, T4 : Dosel Piramidal apodado 1 racimo en hileras orillas y apodado 2 racimo en hileras centro, T5 : Dosel Piramidal apodado 1 racimo en hileras orillas y apodado 3 racimo en hileras centro, T6 : Dosel Piramidal apodado 2 racimo en hileras orillas y apodado 3 racimo en hileras centro, T7 : Testigo sin poda

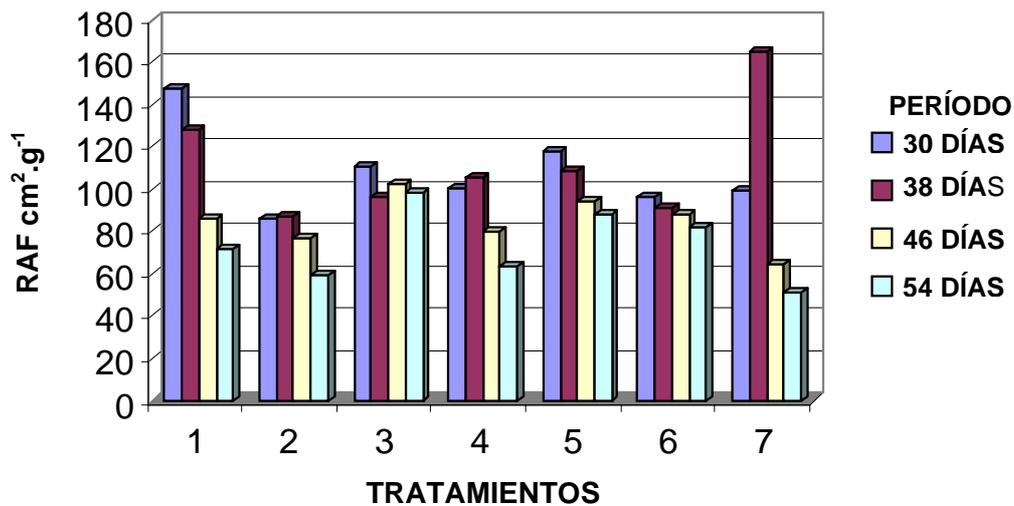


Figura 4.7 Comparación de medias de relación área foliar (RAF), en tomate en 20 plantas• m<sup>-2</sup> y diferentes tipos de dosel y despunte.

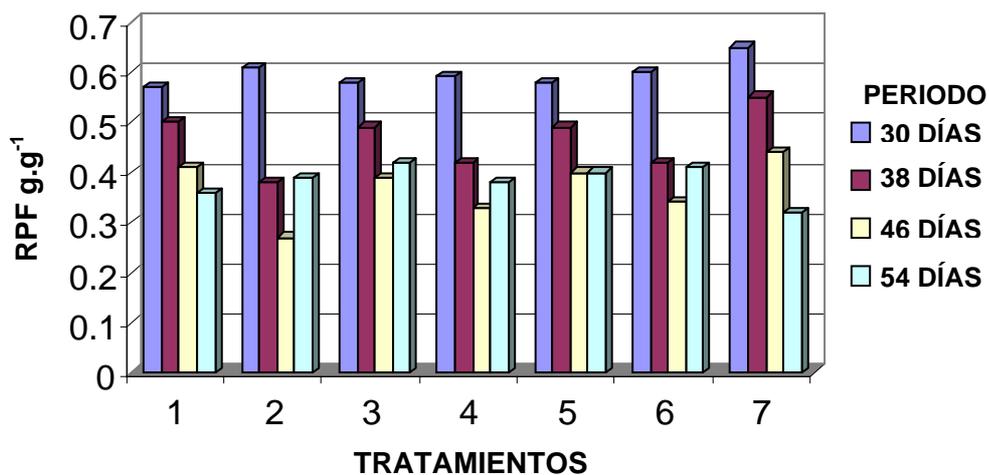


Figura 4.8 Comparación de medias de relación peso foliar (RPF), en tomate en 20 plantas• m<sup>-2</sup> y diferentes tipos de dosel y despunte.

#### 4.4 Análisis de elementos nutritivos

Los resultados del monitoreo de los elementos N, P y K para extracto celular de pecíolo (ECP) se presentan en el cuadro 4.10, estos al compararlos con los

valores de referencia del cuadro 2.6 presentados por Castellanos, indican que se encuentran en niveles adecuados.

Cuadro 4. 10 Resultados obtenidos de NPK en savia de tomate.

Días después de siembra	Elementos Analizados		
	N	P	K
		Mg•L <sup>-1</sup>	
39	1424.2	91.67	3833.3
44	1022.7	133.33	3133.3

N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio

## V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio, en plantas de tomate conducidas a una densidad de  $20 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$  en dos tipos de dosel uniforme y piramidal en campo abierto, se formularon las siguientes conclusiones:

1.- El efecto del tipo de dosel en un mayor rendimiento fue para el dosel uniforme (3 racimos por planta), con un rendimiento de  $6.75 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , así como para el de un mayor número de frutos de  $103.13 \text{ frutos} \cdot \text{m}^{-2}$ , en el análisis de crecimiento se determinó además que fue el que durante el todo el ciclo obtuvo la mayor acumulación de biomasa con un valor de  $23.07 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$ , también con valores más altos en la relación de área foliar y con una mejor magnitud del aparato fotosintético en el RPF.

2.- El dosel uniforme (los diferentes tratamientos) resultó igual estadísticamente al dosel piramidal (los diferentes tratamientos) para rendimiento y número de frutos en una densidad de plantas de  $20 \cdot \text{m}^{-2}$ , esto se corrobora en los componentes del tamaño relativo del aparato fotosintético en la relación de área foliar (RAF) y la relación de peso foliar (RPF) donde fueron estadísticamente igual en la magnitud del aparato fotosintético.

3.- El Dosel uniforme de 2 racimos fue estadísticamente significativo en el rendimiento y número de frutos al dosel uniforme de 3 racimos debido

principalmente a que este último presentó superioridad en AFE por metro cuadrado, con un valor de  $242.14 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ , así como el mayor índice del área foliar promedio por metro cuadrado.

4.- El dosel piramidal de 1 racimo en las plantas orilleras y 2 racimos en las plantas centrales resultó estadísticamente igual al dosel piramidal de 1 racimo en las plantas orilleras y 3 racimos en las plantas centrales y al dosel piramidal de 2 racimos en las plantas orilleras y 3 racimos en las plantas centrales, tanto para rendimiento como para número de frutos, esto se pudo corroborar en un comportamiento similar en el incremento de biomasa, estructura de follaje y eficiencia de su aparato fotosintético.

5.- El dosel uniforme con plantas a tres racimos obtuvo el valor más alto para diámetro polar, sin embargo es estadísticamente igual de los tratamientos 1, 2, 4, 5 y 6. El tratamiento testigo presentó los valores más bajos para diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), espesor de pulpa (EP), grados brix (GB), número de loculos (NL), excepto en peso unitario (PU).

## VI. LITERATURA CITADA

- Avidan, A. 1998. Fertigation in vegetables. Gan, Seda ve- Meshed June 1998, Pp. 25-48.
- Bolaños, H. A. 1998. Introducción a la Oricultura. Editorial universal a distancia. San José Costa Rica. 380 p.
- Cacino, B.J., F. Sánchez Del C. y P. Espinoza R. 1990. efecto del despunte y la densidad de población sobre dos variedades de Jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en hidrponia bajo Invernadero. Revista Chapingo. Pp. 73-74: 26-30.
- Calver A. 1973. Environmental responses. The U.K. tomato manual. Grower books, London Pp. 23-24.
- Cásseres, E. 1981. Producción de hortalizas, tercera edición, Editorial IICA, San José Costa Rica.
- Cásseres E., 1984. Producción de Hortalizas. I.I.C.A. segunda reimpresión. San José, Costa Rica. 287p.
- Castellanos J. Z., Palonimo Guzman M. y Guerra O Hart Francisco. 2000. Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la producción Intensiva de hortalizas. Pp. 193, 246, 255-257, 262, 264-265.
- Castro B., R. 1992. Respuesta a la aplicación de B-9, tipo de poda en el cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), en altas densidades de población bajo invernadero en un sistema hidropónico. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad autónoma Chapingo. Chapingo, México. 117 p.
- CENTA. (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). Guía técnica del tomate, La Libertad, El Salvador. Pp 19-23
- CNA, 2002. Gerencia regional. Cuencas Centrales del Norte, Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua. Torreón, Coahuila.
- Edmond J. E. Senn T. L. Andrews, F. S. 1984. Principios de horticultura; séptima edición. Editorial Continental, México, D.F.

- Fernando V. Barraza, Gerhard Fischer y Carlos E. Cardona. 2004. Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia.
- FitzPatrick E.A. 1996; Introducción a la ciencia de los suelos. Editorial trillas; 157 p.
- Folquer, F. 1979. El tomate. Estudio de la planta y su producción. Editorial Hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina. 105 p.
- García Galindo L., Fraire Delgado O. A., Aguilar Vázquez A. y Sánchez Zamarrita P. 1999. Rendimiento y calidad de tomate bajo un patrón de fertirrigación con estacado y acolchado. IX Congreso Nacional de Irrigación Simposio 1. Ingeniería de Riego, Culiacán, Sinaloa, México.
- Garner, P.F., R.B. Pearce, y R.L. Mitchell. 1985. Physiology of crop plants. Iowa state University Press. Iowa, EUA. Pp.200-2004 y 327.
- Guenkov, G. 1974. Fundamentos de Horticultura Cubana. Instituto Cubano el Libro. La Habana Cuba. 350 p.
- Horward, W. 1997. Tomate de invernadero y producción de pimiento en malla sombra en Israel. Pp. 163-171. (2vi) Wener. Hazera LTD. 1166 Pp. Brurin Israel.
- Hurd, R.G. and A. J. cooper, 1970. The effect of early low temperature treatment on yield of single inflorescence, tomatoes. Journal Hort. Sci. 45:19-27
- Hurd, R.G. y Sheard, G.F. 1991. Fuel saving in greenhouse; the biological aspect. Growers books. London.
- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. The institute of Biology studies in biology No. 96. First published by Edward Arnold. 69 p
- Ibarra J.L. y P.A. Rodríguez. 1991. acolchado de suelo con películas de plásticas. Primera edición. Editorial LIMISA, México.
- Jorge, S.M. 1999. Densidades, arreglos de plantación y niveles de despunte en jitomate cultivado en hidroponía bajo Invernadero. Departamento de fitotecnia UACH. Chapingo, Méx. 98 p.
- Koning, A.N.M. 1996. Model predictions of optimum shoot density and truss size in glasshouse tomato. International Workshop on Greenhouse Crop Models. Acta Horticulturae 417:99-116.

- La Molina. 1999. Utilidad de plásticos en la propagación de plantas. Departamento de Fitotecnia. Página consultada el 20 de septiembre de 2007 en:  
<http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/Agronomia/horticultura/propagacion/miscelaneos/alice.doc>
- Loomis, R.S. and W.A. Williams. 1969. Productivity and morphology of crop stands patterns with leaves. In: Physiological aspects of crop yield. Dinauer, C.R. (editor). American Society of Agronomy and Crop Science of America. Madison, Wisconsin, EUA. 27-51 pp.
- Maroto, B. J. 1995. Horticultura herbaceae especial. Cuarta. Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp.355 y 359.
- McAvoy, R.J., Hanes, H.W., Godfriaux, B.L., Secks, M., Duchai, D., Wittman, W.K. 1989. The effect of total available photosynthetic photon flux on single truss tomato growth and production. *Journal of Horticultural Science* 64(3):331-338
- Mitchell, R. L. 1970. Crop Growth and the culture. The Iowa State University Press. 349 p.
- Mock, J.J. and R.B. Pearce. 1975. An ideotype of maize. *Euphytica* 24:Pp.613-623.
- Monteith, J.L. 1981. Does light limit crop production. *In: Physiological processes limiting plant productivity*. Johnson C.B. (editor). The Camelot Press. Londres, Inglaterra. 23-38 pp.
- Muñoz Ramos J. de J. y Castellanos Z. J.; 2003. Manual de producción Hortícola en Invernadero Pp. 226-228.
- Muñiz, V.A. 2000. Densidad de población y niveles de despunte en dos genotipos de jitomate de crecimiento determinado. Departamento de fitotecnia UACH. Chapingo, México 105 p.
- Namesny y Alicia 2004. Tomate, producción y comercio. Ediciones de horticultura. 32 p.
- Nonnecke, I.L. 1989. Vegetable production. Van Nostrand Reinhold. New York
- Nuez F. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa, España. 175 p.
- Orozco Vidal J. A. 2007; eficiencia fotosintética de los cultivos e índice de crecimiento; registrado en el ITA.
- Palomo Gil A., Orozco Vidal J. A., Gutiérrez del Río E., Espinoza Banda A. y Rodríguez Herrera S.; 2003; Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgénicas y convencionales; Pp. 5 y 6.

- Papadopoulos, A. P. and Ormrod D. P. 1990. Plant spacing effects on yield of the greenhouse tomato. *Canadian Journal of Plant Science*. 70:2, 565-573 pp.
- Robledo de P. F. y Martín V. 1988. Aplicación de los plásticos en la agricultura Ediciones Mundi-Prensa Madrid España 171 p.
- Rodríguez Fuentes H., Muñoz López S. y Alcorta García E.; 2006; el tomate rojo sistema hidropónico. Editorial trillas; México D.F. 13 p
- Rodríguez R., R., J. M. Tabares R. y J. A. Medina S. J. 1989. Cultivo moderno del tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 206 p.
- SAGARPA. 2005. Resumen Agrícola Región Lagunera Delegación en la región lagunera subdelegación de planeación y desarrollo rural. En: Resumen Económico Comarca Lagunera 2005. El Siglo de Torreón pag. 32. Torreón Coahuila.
- Sánchez, Del C.F., J. Ortiz C., C. Mendoza C., y González H. y T. Colmos. 1999. Características morfológicas asociadas con un arquetipo de Jitomate apto para un ambiente no restrictivo. *Agrociencia* vol. 33 (1): Pp. 21-29.
- Sánchez, del C.F. y T. C. S. 1994. Evaluación de cuatro variedades de Jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo un sistema de producción a base de despunte y altas densidades. *Revista Chapingo, serie Horticultura* V. 2: 109-114
- Sánchez Del C. F. y J. Ponce O. 1998. Densidades de población y niveles de despunte en Jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) cultivado en hidrponia. *Revista chapingo, serie horticultura* vol. 4 (2):Pp. 89-94.
- Sandoval V.,M Amador P., B. 2002. Horticultura Intensiva en invernaderos. XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del suelo. Octubre del 2002 Torreón Coah.
- Srinivasa, N.K. and R. M. Bhatt. 1989. Sink-source relationships in five cultivar of tomato (*Lyocersicun esclentum* Mill.) differing in total solid content of fruit. *Indian Journal of agricultural Sciences* 59(6): 368-373.
- Tiscornia, R. J. 1989. Hortalizas de fruto. Editorial Albatros. Buenos aires, Argentina.
- Ucan, Ch. I. 1999 Efecto del Manejo de Relaciones Fuente- Demanda sobre el tamaño del fruto en jitomate. Departamento de fitotecnia UACH. Chapingo, Méx. 92 p.

Valadéz, L. A. 1998, producción de hortalizas. Editorial UTEHA. México, D. F.  
Van Haeff, J.M. 1983. Manual para educación agropecuaria. Tomate.  
Tercer impresión. Editorial Trillas, México, D.F. Pp. 11-16.  
Vázquez, R.J. formación de doseles escaleriformes para la producción de jitomate  
en ambiente no Restrictivos. Universidad Nacional autónoma de México.  
México D.F.

*www.siap.sagarpa.gob.mx15de agosto de 2007*

infoagro. 2007. El cultivo del tomate. Página consultada el día 19 de  
Septiembre del 2007 en:

<http://www.sic.gob.hn/portal/agro/infoagro/GuÃ-as%20tÃ©cnicas%20de%20cultivos/Tomate.doc>