



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

**INSTITUTO DE HORTICULTURA**

**DENSIDADES DE POBLACIÓN Y NIVELES DE DESPUNTE PARA VARIETADES  
CONTRASTANTES DE JITOMATE EN CONDICIONES DE  
HIDROPONÍA E INVERNADERO**



**TESIS  
QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA  
DPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

**PRESENTA:**

**MIGUEL ANGEL GONZÁLEZ NÚÑEZ**

Chapingo, Estado de México, Julio de 2014



**Instituto de Horticultura**

La presente Tesis titulada: "DENSIDADES DE POBLACIÓN Y NIVELES DE DESPUNTE PARA VARIEDADES CONTRASTANTES DE JITOMATE EN CONDICIONES DE HIDROPONÍA E INVERNADERO" realizada por Miguel Ángel González Núñez, bajo la dirección del jurado calificador abajo indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**Maestro en Ciencias  
en Horticultura**

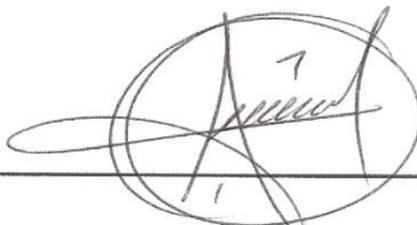
**JURADO CALIFICADOR:**

Presidente: \_\_\_\_\_



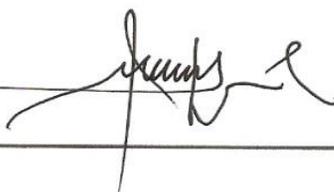
**Dr. Felipe Sánchez del Castillo**

Asesor: \_\_\_\_\_



**Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez**

Asesor: \_\_\_\_\_



**Dr. Efraín Contreras Magaña**

**Chapingo, Estado de México, Junio de 2014.**

## BIOGRAFÍA

El autor de la presente tesis Miguel Ángel González Núñez nació el 24 de Septiembre de 1983, es originario de la ciudad de Puebla, Pue. México. Realizó estudios de Educación Media Superior en la Preparatoria Centro Escolar Niños Héroes de Chapultepec en la ciudad de Puebla. Ingresó al Departamento de Agronomía de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, donde realizó la licenciatura de Ingeniero Agrónomo General, de la que egresó al sustentar examen del Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. (CENEVAL). Posteriormente se especializó en Horticultura Protegida bajo la instrucción del Dr. Felipe Sánchez del Castillo en el estado de Guerrero. En el ámbito profesional ha colaborado con Casa Pedro Domecq localizada en Valle de Guadalupe, Baja California Norte, con el cargo de jefe de producción vitícola, en el estado de Puebla como asesor de frutales de clima templado, productor independiente de hortalizas de bulbo y hoja, y cargos públicos en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico que me brindó para la realización de la Maestría en Ciencias.

A la Universidad Autónoma Chapingo, al Departamento de Fitotecnia y sobre todo al personal de la Coordinación de Posgrado por las grandes atenciones y facilidades que me otorgaron.

A la empresa Hazera Genetics por su atención y haber donado cuatro variedades de jitomate para la realización de ésta investigación.

Al Dr. Felipe Sánchez Del Castillo por sus invaluable conocimientos brindados, por su apoyo, y sobre todo por su valiosa paciencia, tiempo y motivación para concluir con éste trabajo.

Al Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez por su gran asesoría y profesionalismo en el posgrado.

Al Dr. Efraín Contreras Magaña por su gran calidad humana y apoyo que brindó en mis estudios de posgrado e investigación.

Al Dr. Juan Martínez Solís por su considerable apoyo para concluir con el presente trabajo.

Al Dr. Tomás Corona Sáez por su destacable asesoría en la parte estadística de la investigación.

Al Dr. Hugo Oswaldo Ferrer Toledo y al Dr. Ramón Núñez Tovar por su valiosa amistad y haber confiado en mí.

Al M.C. José Cutberto Vázquez Rodríguez y al señor Antonio por facilitar el uso de laboratorio y equipos de medición.

Al Ingeniero Ignacio Salazar y el señor Javier Montaña por las facilidades prestadas en el sitio experimental.

Al Ingeniero Andrés Meyer por su compromiso y enlace con la empresa Hazera Genetics.

A todos aquellos maestros, ingenieros, compañeros y amigos que directa o indirectamente contribuyeron y participaron en mi formación y en la realización de la investigación.

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme la vida y salud para lograr mis objetivos.

A mis padres Martha y Miguel Ángel, por sus grandes enseñanzas, por su entrega familiar y amor incondicional.

A mis hermanos Pau y Beto por su apoyo y ejemplo a continuar creciendo en lo profesional y humanamente.

A todas aquellas personas, amigos, compañeros que han sido parte de mi vida y que han estado allí.

Con cariño Miguel.

## Contenido

Pág.

ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos particulares.....	5
3. HIPÓTESIS.....	6
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
4.1. Origen e importancia.....	7
4.2. Características botánicas del jitomate.....	10
4.3. Relaciones fuente-demanda.....	13
4.4. Índice de área foliar.....	15
4.5. Rendimiento y sus componentes.....	16
4.6. Invernadero.....	17
4.7. Hidroponía.....	18
4.8. Poda en jitomate.....	20
4.9. Densidad de población en jitomate.....	23
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
5.1. Experimento 1.....	28
5.1.1. Ubicación del experimento y descripción general.....	28
5.2. Experimento 2.....	36
5.2.1. Ubicación del experimento y descripción general.....	36
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
6.1. Experimento 1.....	42
6.1.1. Indicadores de crecimiento.....	42
6.1.2. Rendimiento y sus componentes.....	48
6.2. Experimento 2.....	70
6.2.1. Análisis de varianzas.....	70
6.2.2. Pruebas de comparación de medias.....	71

7. CONCLUSIONES .....	73
7.1. Experimento 1 .....	73
7.2. Experimento 2 .....	74
8. RECOMENDACIONES.....	76
8.1. Experimento 1 .....	76
8.2. Experimento 2 .....	77
9. LITERATURA CITADA .....	78

**Pág.**

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>CUADRO 1.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para Indicadores de crecimiento, considerando los factores variedad, nivel de despunte y densidad.....	43
<b>CUADRO 2.</b> Pruebas de comparación de medias de indicadores de crecimiento por unidad de superficie en jitomate, para variedades.....	45
<b>CUADRO 3.</b> Pruebas de comparación de medias de indicadores de crecimiento por unidad de superficie en jitomate, para niveles de despunte.....	46
<b>CUADRO 4.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes en jitomate, considerando los factores variedad, nivel de despunte y densidad.....	49
<b>CUADRO 5.</b> Pruebas de comparación de medias de rendimiento por unidad de superficie y sus componentes en jitomate, para variedades.....	51
<b>CUADRO 6.</b> Pruebas de comparación de medias de rendimiento por unidad de superficie y sus componentes en jitomate, para nivel de despunte.....	52
<b>CUADRO 7.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Pick Ripe a tres racimos.....	55
<b>CUADRO 8.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Pick Ripe a dos racimos.....	56

<b>CUADRO 9.</b> Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Pick Ripe a tres racimos.....	58
<b>CUADRO 10.</b> Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Pick Ripe a dos racimos.....	59
<b>CUADRO 11.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Imperial a tres racimos.....	60
<b>CUADRO 12.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Imperial a dos racimos.....	60
<b>CUADRO 13.</b> Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Imperial a tres racimos.....	62
<b>CUADRO 14.</b> Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Imperial a dos racimos.....	62
<b>CUADRO 15.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Serengeti a tres racimos.....	63
<b>CUADRO 16.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Serengeti a dos racimos.....	64

<b>CUADRO 17.</b> Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Serengueti a tres racimos.....	65
<b>CUADRO 18.</b> Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Serengueti a dos racimos.....	66
<b>CUADRO 19.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Moctezuma a tres racimos.....	67
<b>CUADRO 20.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Moctezuma a dos racimos.....	67
<b>CUADRO 21.</b> Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Moctezuma a tres racimos.....	69
<b>CUADRO 22.</b> Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Moctezuma a dos racimos.....	69
<b>CUADRO 23.</b> Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes en jitomate, considerando el factor variedad.....	70
<b>CUADRO 24.</b> Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes en jitomate por unidad de superficie, para variedades con nivel de despunte a tres racimos y a 13 plantas/m <sup>2</sup> .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>FIGURA 1.</b> Producción mundial de jitomate en 2012.....	8
<b>FIGURA 2.</b> Significado de las abreviaturas de las enfermedades del jitomate.....	30
<b>FIGURA 3.</b> Densidades de población y niveles de despunte para cuatro variedades de jitomate después de trasplante.....	31
<b>FIGURA 4.</b> Densidades de población y niveles de despunte para cuatro variedades de jitomate después de despunte.....	32
<b>FIGURA 5.</b> Análisis de la interacción variedad x nivel de despunte para la variable Altura de planta al despunte.....	47
<b>FIGURA 6.</b> Análisis de la interacción variedad x nivel de despunte para la variable Peso medio de fruto.....	53
<b>FIGURA 7.</b> Análisis de la interacción variedad x densidad dentro de nivel de despunte para la variable Número de frutos/m <sup>2</sup> .....	54

## RESUMEN

Para consolidar un paquete tecnológico de producción de jitomate en hidroponía e invernadero basado en despuntes tempranos y altas densidades de población se evaluó el crecimiento y rendimiento de variedades actuales en el mercado nacional. Se realizaron dos experimentos. El primero consistió en comparar cuatro variedades contrastantes en su tipo de fruto (bola y saladette) y hábito de crecimiento (determinado e indeterminado) a dos niveles de despunte (2 y 3 racimos por planta) y tres densidades de población dentro de cada nivel de despunte (20, 16 y 12 plantas/m<sup>2</sup> útil y 13, 10 y 7 plantas/m<sup>2</sup> útil respectivamente). Se usó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y arreglo de tratamientos de parcelas subdivididas con factores anidados (densidades dentro de niveles de despunte). Las variedades tipo bola rindieron en promedio 30 % más que las saladette y las de hábito determinado rindieron menos que las indeterminadas dentro del mismo tipo de fruto. En todos los casos la densidad más alta, otorgó el mayor rendimiento dentro de cada variedad y nivel de despunte. En el segundo experimento se utilizó el despunte a tres racimos por planta y la densidad de población de 13 plantas/m<sup>2</sup> útil, para comparar el rendimiento y sus componentes en doce variedades de jitomate con crecimiento determinado, siete tipo saladette y cinco tipo bola. El diseño experimental fue en bloques al azar y cuatro repeticiones. El rendimiento de las variedades bola fue similar entre ellas, pero significativamente mayor que el de las de tipo saladette, con excepción de la variedad DRD8551 que presentó rendimientos tan altos como las variedades de tipo bola, con gran número de frutos por planta y un peso de fruto elevado.

**Palabras Clave:** crecimiento determinado, *Solanum lycopersicum* L., rendimiento de fruto.

## ABSTRACT

To consolidate a technological tomato system under hydroponics and greenhouse conditions based on early decapitation of plants and high population densities, growth and yield of current cultivars in the mexican market were evaluated. Two experiments were done. The first one consisted on comparing four contrasting varieties in fruit type (beef and saladette) and growth habit (determined and undetermined) at two trimming levels (two and three clusters per plant) and three population densities within each trimming level (20, 16 and 12 plants/m<sup>2</sup> and 13, 10 and 7 plants/m<sup>2</sup> respectively). A randomized blocks design with four replicates in a split plot arrange of treatments with nested factors (population densities within levels) was established. Beef varieties in average had 30 % higher yields than saladette type, and those with determined habit had less yields than the indetermined ones within the same type of fruit. In all the cases, the highest density offered the highest yield into each level of trimming. In the second experiment plants trimmed to three clusters per plant and a population density of 13 plants/m<sup>2</sup> were used to compare yield and its components in twelve tomato varieties with determined growth habit, seven of saladette type and five of beef type. The experimental designed was block randomized with four replicates. Beef varieties statistically gave similar yields between them but statistically higher than those of saladette type, excepting DRD8551 which showed a yield as high as beef varieties with a great number of fruits per plant and a high fruit weight.

**Key words:** determined growth, *Solanum lycopersicum* L., fruit yield.

## 1. INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de incrementar la producción agrícola en México en una situación de escasa superficie cultivable por productor, irregularidades en el clima como la falta de agua e inesperadas heladas que condicionan el ciclo de cultivo; serias limitaciones en la fertilidad de suelos debido a la topografía accidentada, erosión hídrica y eólica, salinidad (suelos áridos), acidez (suelos tropicales) y suelos calcáreos, problemas económicos, sociales y políticos que interactúan entre sí, conduce a considerar como opción tecnológica el uso de sistemas de producción intensivos como son los invernaderos y la hidroponía (Sánchez y Escalante, 1989).

Estas tecnologías implican una fuerte inversión en su instalación y operación, utilizándose estrictamente para cultivos de alto valor económico para alcanzar rentabilidad económica. Están basadas en el uso permanente de mano de obra y, por lo tanto, generan empleo bien remunerado en el medio rural y permiten producir incluso en zonas donde las características del suelo y agua son limitantes para la agricultura convencional (Sánchez, 1997).

El uso de invernadero en conjunto con un sistema hidropónico permite controlar factores del clima, reducir al mínimo restricciones de agua y nutrimentos, y lograr un eficiente control de plagas, enfermedades y maleza. El interés por estas técnicas obedece a los altos rendimientos que por unidad de superficie se pueden obtener (100 a 1000 % más que en cultivo convencional en suelo). En ese contexto, la generación y

aplicación de prácticas culturales adquiere gran importancia al lograr que el cultivo aproveche el ambiente favorable, propiciando así la máxima expresión de su potencial productivo.

Para el caso particular del jitomate, uno de los cultivos hortícolas de mayor valor económico, se cuenta con cultivares altamente rendidores. Por otro lado, aprovechando su plasticidad, se han desarrollado prácticas culturales tales como podas, despuntes, tutoreo y manejo de densidades de población, encaminadas a optimizar su producción en invernadero (McAvoy *et al.*, 1989; Cancino *et al.*, 1991; Sánchez y Corona, 1994; Sánchez, 1994).

El sistema de producción de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero que se practica en países europeos y en América del Norte, consiste en utilizar cultivares tipo bola y de crecimiento indeterminado, con densidades de población de dos a tres plantas/m<sup>2</sup> que se dejan crecer a más de 3 m de altura, para cosechar de 15 a 25 racimos por planta en un ciclo de cultivo de 10 a 11 meses y un periodo de inicio a fin de cosecha de al menos cinco meses, pero con rendimientos que pueden sobrepasar 400 t/ha/año (Nuez, 2001; Resh, 2001). En este sistema el índice de área foliar (IAF) aumenta continuamente, y por ello la densidad de población se determina considerando que las plantas crecerán a la altura indicada (Sánchez *et al.*, 1999).

Sánchez *et al.* (2012), reportan que, como producto de varios años de investigación, se ha logrado desarrollar y validar comercialmente una nueva tecnología de producción de

jitomate en hidroponía bajo invernadero que se basa en acortar el ciclo de cultivo de trasplante a fin de cosecha a menos de cuatro meses mediante el trasplante de plántulas a mayor edad, combinado con el despunte temprano para dejar sólo los dos o tres primeros racimos de cada planta. Comparado con un sistema convencional el rendimiento por planta es mucho menor, pero por unidad de superficie se compensa parcialmente utilizando mayor densidad de población, lo cual es posible establecer debido a la menor área foliar que desarrollan las plantas despuntadas.

De esta manera el ciclo de cultivo de trasplante a cosecha se acorta tanto que se hace posible lograr tres o hasta cuatro ciclos de cultivo por año y con ello obtener una productividad anual superior a la del sistema convencional (Sánchez y Ponce, 1998; Sánchez *et al.*, 1998). Al reducirse el ciclo del cultivo también disminuyen los problemas fitosanitarios y se concentra la cosecha en un periodo más corto de tiempo (15 a 30 días), lo que permite programar la cosecha para ventanas de mercado cuando el precio es alto, dándole al productor un mayor beneficio económico (Sánchez y Corona, 1994).

El uso de variedades determinadas de jitomate no es común en invernaderos, pero para los sistemas propuestos de despunte donde se dejan tres racimos por planta puede ser más adecuado, ya que presentan menos área foliar por planta, menor altura y, en consecuencia, menos sombreado mutuo para las altas densidades que se manejan (Méndez y Sánchez, 2005).

Ensayos previos con varios cultivares (Sánchez y Corona, 1994; Sánchez y Ponce, 1998) han permitido establecer que para este sistema de producción, el mayor rendimiento por unidad de superficie para plantas de hábito indeterminado, despuntadas a dos racimos por planta, se obtiene a una densidad de 12 plantas/m<sup>2</sup> de invernadero y con tres racimos por planta, a una densidad de 8 plantas/m<sup>2</sup>; sin embargo, no se han establecido las densidades óptimas para variedades determinadas.

Para actualizar y consolidar este sistema de producción, se hace necesaria una evaluación del comportamiento de nuevas variedades tanto de tipo bola como saladette, que actualmente están en el mercado por su rendimiento y calidad. Sobre todo es de interés probar aquéllas de hábito determinado.

Por la misma razón se hace indispensable para el manejo con despuntes a dos o tres racimos por planta, definir las densidades de población que, para estas variedades, otorguen el mayor rendimiento por unidad de superficie sin afectar negativamente otros parámetros de calidad como el tamaño o peso medio del fruto.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar el comportamiento agronómico de variedades de jitomate contrastantes en su tipo de fruto y hábito de crecimiento, sometidos bajo diferentes niveles de despunte y densidades de población.

### **2.2. Objetivos particulares**

Determinar el nivel de despunte (dos o tres racimos por planta) que genere el mayor rendimiento por ciclo y la mayor productividad potencial anual de diferentes variedades de jitomate.

Precisar la densidad que maximice el rendimiento por unidad de superficie sin menoscabo de la calidad del producto para cada variedad de jitomate y nivel de despunte evaluado.

Comparar el rendimiento por unidad de superficie y sus componentes (número de frutos y peso medio de fruto) en doce variedades de jitomate con hábito de crecimiento determinado y distintos tipos de fruto (bola y saladette), con manejo de despunte a tres racimos por planta y densidad de población de 13 plantas/m<sup>2</sup>.

### 3. HIPÓTESIS

Las plantas de jitomate con nivel de despunte a dos racimos permitirán obtener mayores rendimientos anuales que las plantas despuntadas a tres racimos, ya que su rendimiento es igual, pero su ciclo de cultivo es 10 días más corto.

Para un mismo nivel de despunte y una misma densidad, las variedades tipo bola rinden más que las variedades tipo saladette.

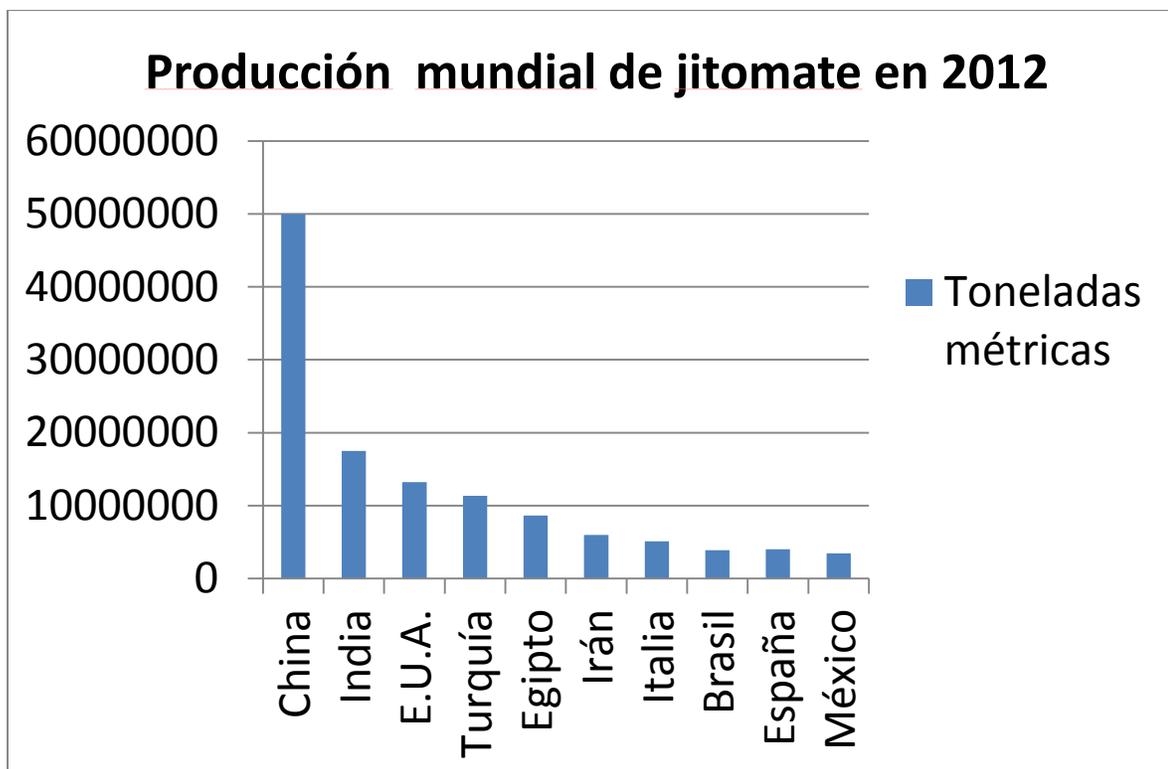
Para un mismo nivel de despunte las variedades de tipo determinado rinden más por unidad de superficie con la densidad más alta (20 y 13 plantas/m<sup>2</sup> con despunte a dos y tres racimos respectivamente), ya que al tener menor área foliar por planta se afecta menos el número de frutos por planta y el peso medio de sus frutos que para las variedades indeterminadas.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Origen e importancia

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ya se cultivaba 700 años A.C. en México, y en la región andina que hoy comparten Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile (Nuez, 2001). Es la hortaliza más importante para México, en 2012 representó el segundo lugar de exportación de productos agrícolas a nivel mundial por debajo de: aguacate, guayaba, mango y papaya donde México es el número uno (Pro México, 2014).

La producción mundial de jitomate en 2012 se distribuyó de la siguiente manera (Figura 1): China fue el principal productor con una participación aproximada del 40 % (50 millones de toneladas); India con 14 %; Estados Unidos de América con 11 %; Turquía con 9 %; mientras que México ocupó el décimo lugar, con 3 % (3.43 millones de toneladas) de participación en la producción (FAOSTAT 2014).



**Figura 1. Producción mundial de jitomate en 2012**

Con datos de 2012, los países que ocupan los primeros lugares como exportadores de jitomate son: Holanda que ocupa el primer sitio con 22 % del volumen de exportaciones mundiales; México tiene el segundo lugar con 18 % (2.84 millones de toneladas) y en tercer lugar, España con 17 % del total mundial (Pro México, 2014). En lo que respecta a los países importadores de jitomate en 2012, Estados Unidos de América lideró las importaciones mundiales con un 23.2 % (1.5 millones de toneladas) del total, Rusia ocupó el segundo lugar (699 mil toneladas), seguido de Alemania, Francia y Reino Unido (FAOSTAT, 2014).

En la República Mexicana, se produce jitomate durante todo el año. Durante los primeros meses del año, es cuando se genera el tope de producción nacional, en el estado de Sinaloa, que abastece al mercado nacional y la mitad del norteamericano. Por otro lado, durante el verano, la producción de los estados del Centro y de Baja California, es la que abastecen la demanda interna y de exportación (SIAP, 2013). El principal estado productor de México es Sinaloa, cuya producción representó el 35 % del total nacional, 3.8 veces mayor al producido por Baja California con 9 %. Otros Estados importantes son: Michoacán, San Luis Potosí y Jalisco con 8, 6 y 5 %, respectivamente. Regionalmente, a todo lo largo del territorio nacional se produce jitomate; sin embargo, como ya se indicó, la zona productora de mayor importancia es el noroeste (SIAP, 2013).

Por otra parte, en México, la horticultura protegida se ha incrementado de manera importante (Castellanos, 2007), y actualmente se reportan ya 21 mil hectáreas, de las cuales predominan la casas-sombra (51 %) y los invernaderos (44 %). Los estados que concentran la mayor superficie protegida son: Sinaloa, Baja California, Baja California Sur y Jalisco aportando más del 50 % de la producción total de cultivos protegidos, donde los principales cultivos que se producen son: jitomate (70 %), pimiento (16 %) y pepino (AMHPAC, 2014).

## **4.2. Características botánicas del jitomate**

### **Raíz**

El jitomate presenta una raíz principal que crece hasta 25 mm diarios y que puede llegar a los 60 cm de longitud. Simultáneamente se producen numerosas ramificaciones que pueden alcanzar un diámetro de hasta 1.5 cm (González, 1991).

### **Tallo**

El tallo es de consistencia herbácea, tiende a lignificarse en plantas viejas. La base mide aproximadamente 4 cm de diámetro y de su epidermis brotan gran número de tricomas glandulares y no glandulares (González, 1991).

Según Maroto (1986), dependiendo del tipo de crecimiento del tallo, los cultivares se han clasificado como:

a) Cultivares con tallos de desarrollo determinado, en los que el tallo principal, una vez que ha producido varias inflorescencias laterales (cada una o dos hojas), detiene su crecimiento como consecuencia de la formación de una inflorescencia terminal. Estos cultivares, aunque ocasionalmente llegan a alcanzar los 2 m de altura, son generalmente erectos y arbustivos, con un periodo restringido de floración y fructificación.

b) Cultivares con tallos de desarrollo indeterminado, tienen la particularidad de que el tallo principal no forma una inflorescencia terminal, continuando su crecimiento

indefinidamente. La planta puede alcanzar hasta 10 m de altura produciendo inflorescencias de manera continua y regular cada 3 o 4 hojas.

## **Hoja**

Las hojas son compuestas, suaves y carnosas, de tamaño variable según el cultivar, la posición y las condiciones ambientales. Las dos primeras hojas son de menor tamaño con menos folíolos; las siguientes pueden alcanzar unos 50 cm de largo, con un folíolo terminal grande y hasta 8 folíolos laterales también grandes, los que a su vez, pueden ser compuestos. Los folíolos grandes son generalmente peciolados, lobulados irregularmente y con bordes dentados; de la misma manera que en el tallo, presentan tricomas glandulares causantes del olor característico de la planta (Picken *et al.*, 1986; Maroto, 1986).

## **Flor**

Las flores del jitomate son hermafroditas, autocompatibles, hipogíneas, de corola color amarillo canario, con 6 pétalos persistentes de forma estrellada que forman un tubo corto en la base y se abren en un solo plano. Miden aproximadamente dos cm de diámetro, tienen pedicelos de uno a dos cm de largo, con una articulación engrosada a la mitad que corresponde a la zona de abscisión. El cáliz es verde y persistente, se forma de un tubo corto terminado en 5 a 10 sépalos agudos, verdes y pubescentes. Los estambres son generalmente 6, están insertos sobre el corto tubo de la corola, con filamentos cortos formando una columna. Las anteras son bilobuladas y contienen varios cientos de granos de polen, los cuales son lanzados a través de hendiduras longitudinales; miden 5 mm de largo, son verticales y unidas, de color amarillo brillante

que rodean al estilo. El pistilo está constituido por un ovario de varios lóculos, generalmente de 5 a 9, con una placenta carnosa central y un estilo largo que ejerce presión sobre las anteras circundantes de las que apenas sobresale y termina en un estigma achatado. Cuando el polen es liberado cae directamente sobre el estigma (principalmente de la misma flor) donde eventualmente germina. (Picken *et al.*, 1986; Sánchez, 1994).

La floración del jitomate se produce en forma de racimos simples o ramificados (llamados corimbos o cimas racimosas), siendo lo normal que en cada inflorescencia simple pueda haber entre 3 a 10 flores, aunque en ocasiones, para ciertos cultivares como los tipo cereza puede haber 50 o más (Vriesenga y Honma, 1974; Rodríguez *et al.*, 1984; Maroto, 1986).

### **Fruto**

El fruto del jitomate es una baya carnosa de color rojo (rosa u amarillo en algunos cultivares), lisa y brillante cuando madura, su peso varía de 15 g en cultivares tipo cereza, hasta 450 g en los de tipo beefsteak y bola. Presenta formas muy variadas: esférica, oblonga, cuadrada, piriforme, cilíndrica, acorazonada; puede ser lisa o surcada con lóbulos u hombros. En su interior puede presentar de 2 a 30 celdas o lóculos, donde se encuentran las semillas (Maroto, 1986).

## **Semillas**

Maroto (1986), señala que las semillas son grisáceas de tamaños pequeños, discoidales y recubiertas de vellosidades. En un gramo de semilla puede haber hasta 350 semillas y su capacidad germinativa dura 4 a 5 años.

### **4.3. Relaciones fuente-demanda**

Las plantas vasculares tienen un mecanismo complejo que regula la cantidad de nutrimentos que se exportan desde las hojas hacia los tejidos de poca o nula actividad fotosintética, producto de la energía ganada por la fijación de CO<sub>2</sub> en forma de carbohidratos durante la fotosíntesis.

El proceso de fotosíntesis se presenta principalmente en las hojas verdes y en mucha menor proporción en otros órganos verdes (peciolos y tallos) de la planta. Jones (1999), señala que la tasa de fotosíntesis es afectada por factores externos a la planta, tales como: temperatura del aire (alta y baja), nivel de CO<sub>2</sub> en el aire cercano a la planta, e intensidad y calidad de la luz.

Sonnewald y Willmitzer (1992), definen a los órganos fuente como exportadores netos de fotoasimilados (hojas maduras, tubérculos y otras estructuras de reserva en los momentos en que exportan sus azúcares almacenados). A los órganos de demanda los definen como importadores netos de carbono fijado (yemas terminales o apicales en crecimiento, meristemas en raíces, hojas que inician su crecimiento, flores y frutos en

proceso de crecimiento, semillas etc.); Los frutos son incapaces de fotosintetizar, o su producción de fotosintatos es insuficiente para cubrir sus necesidades. Los órganos de demanda se pueden subdividir en: a) demandas de utilización, que se refiere a tejidos de crecimiento rápido con metabolismo alto y activo (meristemas, hojas inmaduras, frutos que inician su crecimiento), y b) demandas de almacenamiento, donde los carbohidratos se almacenan como almidones, ácidos grasos o proteínas (tubérculos, raíces o semillas).

Según Lawlor (1993), la fotosíntesis y el rendimiento agronómico están indirectamente relacionados. La materia seca se distribuye entre los órganos de interés económico y órganos que no son consumidos.

Shishido *et al.* (1989), mencionan que, para el caso del jitomate, la tasa de fotosíntesis de las hojas disminuye gradualmente con la edad, pero la cantidad de fotosintatos producidos se incrementa con el aumento de su área, alcanzando el máximo un poco antes de la expansión completa de cada hoja.

Una elevada densidad de población en plantas de jitomate de crecimiento determinado, una vez que se inicia la fructificación, propicia aborto de flores y disminuye el crecimiento de brotes y raíces (Hewitt y Marrush, 1986).

En una planta de crecimiento indeterminado, el peso fresco ganado por fruto es cercano al 80 % del peso ganado por la planta: como el fruto acumula más agua que otros órganos, la diferencia en materia seca ganada entre órganos es menor. Sin embargo, la tasa de acumulación diaria de materia seca en los frutos por planta (2.05 g), es

considerablemente más alta que la de las hojas (1.52 g) y el tallo (0.8 g). Aunque cuando el suministro de asimilados es limitado, el fruto toma la mayoría de los asimilados disponibles y se retrasa el subsiguiente desarrollo de las inflorescencias, nuevos brotes y raíces, causando senescencia temprana de hojas o muerte de raíz (Hurd *et al.*, 1979).

#### **4.4. Índice de área foliar**

Según Pearce *et al.* (1965), el índice de área foliar (IAF) no es más que el área de hojas que existen por unidad de superficie de suelo. Estos autores indican que el número y tamaño de las hojas son afectados por el genotipo y el medio ambiente; la posición de las hojas en la planta es controlado principalmente por el genotipo, que también tiene un efecto importante sobre la tasa de crecimiento de la hoja y de las dimensiones finales, así como la capacidad de respuesta a las condiciones imprevistas.

Charles-Edwards *et al.* (1986), consideran que entre más pronto se logre establecer y se mantenga el IAF óptimo para lograr una máxima interceptación de radiación fotosintéticamente activa (RFA), mayor rendimiento por unidad de superficie puede lograrse.

Hurd *et al.* (1979) y Ho (1984); afirman que al aumentar la densidad de población (o el índice de área foliar) el rendimiento por unidad de superficie aumenta debido a un mayor número de frutos por unidad de superficie; sin embargo, este incremento no es lineal, ya

que por efecto de un sombreadamiento cada vez mayor, el rendimiento por planta va disminuyendo como consecuencia de un menor número de frutos por planta y un menor peso y tamaño de éstos.

Gardner *et al.* (1995), señalan que una distribución más equitativa de la radiación solar entre las hojas del dosel, permite mayor producción de materia seca por día y eventualmente un mayor rendimiento por unidad de superficie y tiempo. Con el fin de mejorar la interceptación de luz de las hileras centrales respecto a las exteriores.

#### **4.5. Rendimiento y sus componentes**

Los componentes más importantes del rendimiento son el número, peso y tamaño de fruto. El tamaño y peso del fruto están determinados en su aspecto genético y son heredables. Sin embargo, pueden modificarse por temperaturas, agua, suelo, podas, fertilización, raleo de frutos, riegos, etc. (Bernabé y Solís, 1999).

Entre mayor es el número de racimos por planta, menor es el peso de racimos individuales y el número de frutos por racimo, debido a la competencia entre racimos por fotoasimilados disponibles. El mayor grado de competencia para un racimo en particular proviene del inmediatamente superior a éste (Fisher, 1977).

Al incrementar el número de frutos por racimo en jitomate, se incrementa el rendimiento por planta, aunque existe la tendencia de la obtención de frutos más pequeños. Generalmente, un número alto de frutos por racimo, incrementan el rendimiento, pero reducen el peso medio de los frutos. Un bajo número de frutos por racimo incrementa el tamaño y la calidad del fruto, pero reduce el rendimiento (Saglam y Yazgan, 1995).

Al querer optimizar y actualizar el paquete tecnológico de producción continua de jitomate en hidroponía bajo invernadero basado en despuntes para dejar dos o tres racimos por planta y altas densidades de población, se considera necesario una descripción breve en relación a sus elementos constitutivos: invernaderos, hidroponía y la producción continua.

#### **4.6. Invernadero**

El uso de invernadero en conjunto con un sistema hidropónico permite reducir al mínimo las restricciones de clima, agua y nutrientes, y lograr un eficiente control de plagas, enfermedades y maleza. Gran importancia adquiere, en este contexto, la generación y aplicación de prácticas culturales encaminadas a lograr que el cultivo aproveche al máximo este ambiente tan favorable, propiciando así la máxima expresión de su potencial productivo. Para el caso particular del jitomate, uno de los cultivos hortícolas de mayor valor económico se cuenta con cultivares altamente rendidores; por otro lado, aprovechando su plasticidad, se han desarrollado prácticas culturales tales como poda, despunte, tutoreo y manejo de densidades de población, encaminadas a optimizar su producción en invernadero (McAvoy *et al.*, 1989; Cancino *et al.*, 1991; Sánchez y Corona, 1994; Sánchez, 1994).

Serrano (1994), define al invernadero como una instalación cubierta y abrigada artificialmente con materiales transparentes para defender a las plantas de la acción de los meteoros exteriores, el volumen interior del recinto permite el desarrollo del cultivo en todo su ciclo vegetativo.

#### **4.7. Hidroponía**

La hidroponía, etimológicamente significa "trabajo en agua" o "cultivo en agua". Actualmente se considera como el establecimiento de cultivos sin suelo (Urrestarazu, 2004) y se define como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en el agua, y en el que en vez de suelo se utiliza como sustrato un material inerte o simplemente la misma solución (Sánchez y Escalante, 1989).

Existen muchas modalidades de este sistema de cultivo y se usan en función de los factores ambientales, socioeconómicos y tecnológicos de cada país y de cada productor. El uso de esta tecnología ha ocurrido a raíz de los descubrimientos de las sustancias (elementos minerales) que permiten el desarrollo de las plantas, que al conjugarse con el uso de invernaderos permitió un gran impulso, especialmente en el cultivo de flores y hortalizas, particularmente en países como Estados Unidos, Canadá, Japón, Rusia, Holanda, España y otros países de Europa, Asia y África (Resh, 2001).

Sánchez (1997), señala que por la fuerte inversión que implica la instalación y operación de estos sistemas, la rentabilidad económica se restringe a cultivos de alto valor económico y con mercado seguro, con un manejo eficiente del espacio y del tiempo para alcanzar la máxima productividad, entendida esta como el rendimiento por unidad de superficie y tiempo ( $\text{kg}/\text{m}^2/\text{año}$ ).

La necesidad de incrementar la producción agrícola en un contexto de escasa superficie cultivable por habitante y por productor, de irregularidades en el clima como la falta de

agua y las heladas, y de serias limitaciones en la fertilidad de los suelos acentuadas por la topografía accidentada, erosión hídrica y eólica y salinidad, ha llevado a considerar como una opción tecnológica el uso de sistemas de producción intensivos como la hidroponía y los invernaderos (Sánchez y Corona, 1994).

El interés por esta técnica a escala mundial obedece fundamentalmente a los altos rendimientos que por unidad de superficie se pueden obtener (100 a 1000 % más que el cultivo convencional en suelo) y a la mejor calidad de los productos obtenidos (lo que significa mejor mercado y precio de venta). Ello es debido fundamentalmente al logro de un balance ideal entre el oxígeno para la respiración de la raíz, el agua y los nutrientes; a la ausencia total de malas hierbas, al mayor control que se tiene sobre plagas y enfermedades, al mantenimiento del pH dentro de límites óptimos y a que se permite una mayor densidad de población (Sánchez y Escalante, 1989).

Otras ventajas que varios autores (Sholto, 1976; Sánchez y Escalante, 1989; Resh, 2001) subrayan son: Se puede producir donde el suelo es limitante para la agricultura normal (ya que se prescinde de él); se logra un sustancial ahorro de agua y fertilizantes, hay la oportunidad de usar aguas duras y/o relativamente salinas; no se produce contaminación (ni de agua, ni de aire ni de suelo), pues se trata de sistemas pequeños y cerrados por lo que es posible e inclusive conveniente su uso cerca de núcleos urbanos con un mercado importante.

#### **4.8. Poda en jitomate**

La poda del jitomate es una práctica muy conveniente cuando se cultiva en invernadero, pues promueve el desarrollo vegetativo de la planta al eliminar los brotes, que salen de las axilas de las hojas (chupones), que por su fuerte desarrollo vegetativo suelen quedar sin fructificar (Serrano, 1978). La calidad del fruto está relacionada con el tamaño, el cual puede regularse por medio de la poda (Serrano, 1978).

Janick (1965), considera que la poda altera el equilibrio entre el crecimiento de la raíz y la parte aérea; éste desequilibrio induce a un cambio de la relación entre crecimiento vegetativo y reproductivo, favorable al primero y consecuentemente se reduce la producción de flores y por lo tanto de frutos.

Atherton y Harris (1986), indican que al eliminar el ápice del tallo principal en plantas de jitomate, favorece el desarrollo de flores en la primera inflorescencia, debido a que se elimina la competencia existente con las hojas en desarrollo, tallos e inflorescencias presentes en el ápice.

Hurd y Cooper (1970) y Sobrino (1989); indican que es factible lograr incrementos en el rendimiento por unidad de superficie en un período corto eliminando la competencia entre racimos posteriores, mediante el despunte de las plantas para dejar un solo racimo usando altas densidades.

Un sistema de producción alternativo, desarrollado en la Universidad Autónoma Chapingo y que ya ha sido validado comercialmente por algunos productores, consiste en despuntar tempranamente las yemas terminales para dejar tres racimos por planta, con lo cual se logra que tengan poca altura y área foliar, lo que hace posible establecerlas en altas densidades de población; en este caso el rendimiento por planta es menor que cuando se manejan a muchos racimos, pero el rendimiento por unidad de superficie es compensado con la mayor densidad de población; además, al cosechar pocos racimos por planta, el ciclo de cultivo de trasplante a cosecha se acorta, lo que hace posible hasta tres o cuatro ciclos de cultivo por año y con ello obtener una productividad anual superior a la del sistema convencional (Sánchez y Ponce, 1998; Sánchez *et al.*, 1998).

Esta gran ventaja de la propuesta tecnológica es que al concentrar la cosecha de todo un ciclo en un intervalo de tiempo tan corto como 15 días a un mes, el productor puede programar ese intervalo de cosecha para aprovechar las ventanas de mercado donde el precio es más alto. Este sistema se hace más eficiente con el uso de plántulas de mayor edad al momento del trasplante, ya que permite reducir aún más el periodo de trasplante a fin de cosecha. Al reducirse el ciclo del cultivo también disminuyen los problemas fitosanitarios y se concentra la cosecha en un periodo más corto de tiempo, lo que permite programar la cosecha para ventanas de mercado cuando el precio es alto, dándole al productor un mayor beneficio económico (Sánchez *et al.*, 1999).

No obstante en lo mencionado anteriormente, se han encontrado algunos inconvenientes para este último sistema de producción. Por ejemplo, Ucán *et al.* (2005), reportan que cuando se usan camas en las que se establecen cuatro hileras de plantas despuntadas a tres racimos, las dos hileras centrales rinden de 20 a 30 % menos que las plantas ubicadas en las hileras exteriores. Lo anterior se debe a un mayor sombreado de las plantas en las hileras centrales, mientras que las de las hileras exteriores se ven favorecidas con mayor iluminación y mejor distribución de la luz en las hojas por el espacio de los pasillos que hay entre las camas.

En un estudio sobre varios aspectos generales de las relaciones entre fuente y demanda, con el sistema de despuntes para dejar dos o tres racimos por planta a densidades de población de 16 y 12 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente, Sánchez (1994), mostró que el primer racimo formado rindió 25 % más que el segundo y tercero.

Ponce (1995), en un experimento donde manejó cuatro densidades de población (6, 12, 16 y 24 plantas/m<sup>2</sup>) y tres niveles de despunte (1, 2 o 3 inflorescencias) en plantas de jitomate del cultivar Floradade; encontró que para todos los tratamientos los primeros racimos presentaron el mayor número de frutos y el mayor rendimiento; en cambio las plantas manejadas a un racimo y a 24 plantas/m<sup>2</sup>, produjeron el mayor número de frutos y rendimiento por unidad de superficie, con un rendimiento de 429.73 t/ha/año.

Sánchez y Ponce (1998), mencionan que entre mayor es el número de racimos por planta, es menor el peso medio por racimo y ello es debido principalmente a un menor número de frutos por racimo. De acuerdo con Ponce (1995), la principal razón de lo anterior es la competencia por fotoasimilados entre racimos que están creciendo y/o

madurando al mismo tiempo, o como lo expresa Fisher (1977), entre mayor es el número de racimos soportados por una planta es menor el rendimiento medio por racimo y que ello se debe principalmente a un menor número de frutos por racimo, pero también a un menor peso promedio de frutos.

#### **4.9. Densidad de población en jitomate**

Serrano (1978), señala que la densidad de plantación de jitomate en invernadero depende del desarrollo vegetativo que tendrá la planta, el número de guías que se dejen y a la altura que se despunten las guías.

Serrano (1978), menciona que la densidad de plantación para jitomate sometido a manejo hidropónico es de 30,000 a 40,000 plantas por hectárea, en términos prácticos la distancia entre plantas es de 35 cm por 56 cm entre hileras.

El sistema de producción convencional de jitomate en invernadero utilizado en países Europeos y en Estados Unidos de Norteamérica, consiste en usar cultivares del tipo bola y de crecimiento indeterminado, capaces de rendir 300 toneladas/ha/año, manejando densidades de dos a tres plantas/m<sup>2</sup> que se dejan crecer a más de tres metros de altura, cosechándose de 15 a 20 racimos por planta por año en ciclos desde trasplante hasta cosecha que pueden llegar a 10 meses, usando tecnología, infraestructura y equipo sofisticado que elevan mucho los costos de producción (Resh, 2001).

En ensayos previos se han comparado tratamientos con diferentes niveles de despunte (despuntes para dejar uno, dos a tres racimos por planta) y diferentes densidades de población dentro de cada nivel de despunte: de 6 a 15 plantas/m<sup>2</sup> de superficie útil en sistemas a tres racimos por planta, de 9 a 25 plantas/m<sup>2</sup> de superficie útil en sistemas a dos racimos por planta, y de 10 a 36 plantas/m<sup>2</sup> de superficie útil en sistemas a un racimo por planta. En todos estos casos se han usado como contenedores camas o tinas de cultivo de 1 a 1.2 m de ancho rellenas por un sustrato como la arena de tezontle a una profundidad de 20 a 25 cm (Cancino, 1990; Sánchez y Corona, 1994; Sánchez y Ponce, 1998).

En los sistemas antes mencionados (camas a altas densidades), las plantas de las hileras exteriores (las que colindan con los pasillos) quedan bien iluminadas, en tanto que las de las hileras interiores, por tener competencia completa interceptan menos radiación, ya que sólo las hojas superiores no están sombreadas. La consecuencia, como lo señala Jarvis (1998) es una disminución del rendimiento por planta, que para este sistema de espuntes tempranos y altas densidades puede llegar a ser del 25 % para las plantas de las hileras interiores (Ucán, 2005).

Ucan (1999), al evaluar cuatro densidades (6, 8, 9 y 12 plantas/m<sup>2</sup>) con despunte a tres racimos y dos niveles de poda de frutos (dejando 3 o 4 frutos por racimo) y testigo (sin poda), encontró que el rendimiento por metro cuadrado fue mayor significativamente para la densidad de 12 plantas/m<sup>2</sup> sin poda de frutos con un rendimiento de 19.94 kg, contra 16.72, 14.50 y 12.46 kg para las densidades de 9, 8 y 6 plantas/m<sup>2</sup>

respectivamente; en cambio en el peso medio de frutos fue a la inversa, es decir, el mayor peso medio correspondió a la densidad de 6 plantas/m<sup>2</sup>.

Papadopoulus y Ormrod (1990), al evaluar dos cultivares de jitomate (Jumbo y Ohio CR-6) en un sistema de cuatro hileras con espaciamiento de plantas de 23, 30, 38, 45, 53 y 60 centímetros en dos estaciones (primavera y otoño) diferentes del año; demostraron que a medida que se aumenta la densidad de población, el rendimiento también se incrementa debido a un mayor número de frutos, aunque más pequeños.

Cancino *et al.* (1991), al trabajar con dos densidades de plantas (9 y 16 plantas/m<sup>2</sup>) despuntadas a uno, dos y tres racimos, en dos variedades de jitomate (Trópico y Ace 55 vf); observaron que el rendimiento por racimo y por planta se ve disminuido en densidades 16 plantas/m<sup>2</sup>, pero aumentó el rendimiento por unidad de superficie, lo cual es un indicio de que el grado de competencia entre plantas, no ha llegado a un punto en que éste influya negativamente en el rendimiento y calidad de los frutos. Además menciona que la causa de la disminución del rendimiento por planta en densidades de 16 plantas/m<sup>2</sup>, fue el amplio dosel vegetal por unidad de superficie, que originó una mayor competencia entre plantas por la radiación incidente y por lo tanto, provocó menor producción de asimilados por planta por día.

Castro (1992), al establecer 12 y 16 plantas/m<sup>2</sup> despuntadas a tres y dos racimos respectivamente, obtuvo un rendimiento promedio de 252.24 toneladas por hectárea al establecer 12 plantas/m<sup>2</sup>, contra 320.35 toneladas por hectárea en la densidad de 16

plantas/m<sup>2</sup>; sin embargo, encontró que a medida que se incrementan las plantas por unidad de superficie, la calidad del fruto se demerita.

Hernández (1993), al utilizar las densidades de 8, 12 y 16 plantas/m<sup>2</sup>, podadas a 1 y 2 tallos, con despuntes a tres y dos racimos, encontró que los rendimientos por hectárea fueron mayores en las densidades altas, obteniendo rendimientos de 177.84, 191.98 y 228.16 toneladas por hectárea respectivamente; aunque la calidad del fruto fue menor para las altas densidades.

Ucan *et al.* (2005), mencionan que la mejor combinación desde el punto de vista comercial en cuanto a rendimiento y mayor número de frutos grandes y extragrandes por unidad de superficie es la densidad de 12 plantas/m<sup>2</sup> (con un índice de área foliar de 6.6) despuntada a 3 racimos.

Van de Vooren *et al.* (1986), mencionan que, después de un cierto límite de índice de área foliar, como un efecto del sombreado mutuo, se producen menos fotoasimilados por planta, lo que conduce a un menor diámetro y peso de fruto y con aumentos todavía mayores de este índice de área foliar, a un menor número de frutos por planta.

Slack y Calvert (1977), señalan que cuando varios racimos crecen y se desarrollan casi simultáneamente, los requerimientos de carbohidratos pueden exceder a su producción lo que llega a afectar el desarrollo de nuevas inflorescencias así como el tamaño y peso

de frutos amarrados. Por ello consideran que la eliminación de frutos o de una inflorescencia puede ser una solución para obtener mayor tamaño y con ello mayor peso medio de fruto.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

Para esta investigación se plantearon dos experimentos secuenciados:

### **5.1. Experimento 1**

**Densidades de población y niveles de despunte para variedades contrastantes de jitomate en condiciones de hidroponía e invernadero**

#### **5.1.1. Ubicación del experimento y descripción general**

El presente estudio se llevó a cabo del mes de julio de 2012 a enero 2013, en un invernadero con estructura metálica, cubierta de polietileno, ventanas laterales a todo lo largo por ambos costados, protegidas con malla anti-áfidos y cortinas enrollables aproximadamente de 430 m<sup>2</sup> tipo capilla en el Campo Experimental de la Unidad de Validación y Demostración de Tecnología “ El Ranchito” de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en Chapingo, estado de México, a 19° 29’ latitud norte, 98° 53’ de longitud oeste y altitud de 2250 msnm.

Para este experimento se utilizaron cuatro cultivares de jitomate contrastantes con respecto al tipo de fruto y al hábito de crecimiento, los cuales se describen a continuación:

**Imperial.** Es un híbrido indeterminado tipo bola de la casa comercial Enza Zaden, ofrece una excelente opción para producción de invernaderos y campo abierto, planta muy fuerte con un sistema radicular amplio que le permite soportar cosechas sin problemas en temperaturas cálidas, fruta semi-redonda aplanada sin hombros verdes, peso promedio de 260 g, con muy buen cierre apical y firmeza, color rojo intenso y excelente vida de anaquel. Precocidad a cosecha intermedia. Resistencia / tolerancia a las enfermedades: Va, Vd, ToMV, Fol 0,1; Ff: 1-5 RI: Ma Mi Mj, TSWV (Figura 2).

**Pick Ripe.** Híbrido determinado tipo bola de la casa comercial Seminis. Fruto excelente con buenos cierres y color muy uniforme a su maduración. Tamaño de 4x4 cm y 4x5 cm, es resistente a: ASC, F-1,2, GLS, ToMV 0-2, TYLCV, V-1 (R).

**Moctezuma.** Híbrido indeterminado tipo saladette de la casa comercial Harris Moran, destaca por su sanidad y rendimientos de frutos de calidad, de tamaños extra grandes, de excelente firmeza y vida de anaquel, con sobresaliente cuaje en calor, su planta es vigorosa de producción precoz. Es resistente / tolerante a las enfermedades: V, Ma, Mi, Mj, ToMV, Fol 1, Fol 2, Fol 3, Ff 1-5, TSWV (RI), TYLCV.

**Serengueti.** Híbrido determinado tipo saladette de la casa comercial Harris Moran, variedad de gran firmeza, maduración uniforme y productividad. Serengueti es de ciclo intermedio y de cosecha extendida. Produce una gran cantidad de fruta de excelente calidad y tamaños extra grandes. Su planta es fuerte de porte alto, vigorosa con excelente cobertura y sanidad. Es resistente / tolerante a las enfermedades: V, Ma, Mi, Mj, TMV, Pst, Fol 1, Fol 2, TSWV.

Significado de las abreviaturas	
ToMV: 0-2	Tomato Mosaic Virus (Virus del Mosaico del Tomate) razas 0, 1, 1.2, 2
Fol: 1, 2	Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici razas 1, 2
V	Verticillium dahliae + Verticillium albo-atrum
For	Fusarium oxysporum f.sp. radicum-lycopersici
Ff: 2, 4	Fulvia fulva (ex: Cladosporium fulvum) grupos B y D
Ff: 0-5	Fulvia fulva (ex: Cladosporium fulvum) razas 0, A, B, C, D, E
Ff: 1-5	Fulvia fulva (ex: Cladosporium fulvum) razas A, B, C, D, E
S	Stemphylium spp.
TYLCV	Tomato Yellow Leaf Curl Virus (Virus de la cuchara)
M	Meloidogyne arenaria, Meloidogyne incognita, Meloidogyne javanica (Nemátodos)
PI	Pyrenochaeta lycopersici (Corky root rot)
TSWV: T0	Tomato Spotted Wilt Virus, patotipo 0
TMV: 0	Tobacco Mosaic Virus (Mosaico del tabaco) raza 0

**Figura 2. Significado de las abreviaturas de las enfermedades del jitomate**

Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y arreglo de tratamientos de parcelas subdivididas con factores anidados (densidades dentro de niveles de despunte). En parcelas grandes se colocaron las variedades, en parcelas medianas los niveles de despunte y en parcelas chicas las densidades de población. Se tuvieron 24 tratamientos o unidades experimentales que multiplicadas por cuatro repeticiones, se obtuvo un total de 96 unidades. La unidad experimental de parcela chica fue de 1.5 m de largo por el ancho de la cama que fue 0.9 m, siendo la superficie de cada tratamiento 1.35 m<sup>2</sup> útiles.

Se comparó el rendimiento de cuatro variedades de jitomate: Imperial (tipo bola de crecimiento indeterminado), Pick Ripe (tipo bola de crecimiento determinado), Moctezuma (tipo saladette de crecimiento indeterminado) y Serengueti (tipo saladette de crecimiento indeterminado), para cada variedad se manejaron dos niveles de despunte (dos y tres racimos por planta), y en cada nivel de despunte tres densidades de población; con dos racimos se establecieron 20, 16 y 12 plantas/m<sup>2</sup> útil de invernadero y para tres racimos, 13, 10, 7 plantas/m<sup>2</sup> útil. De la combinación de las cuatro variedades, dos niveles de despunte y tres densidades de población, resultaron 24 tratamientos (Figura 3 y 4). Dado que para cada nivel de despunte se establecieron diferentes densidades de población, para la comparación del rendimiento y sus componentes se hicieron análisis particulares del factor densidad para cada variedad y dentro de cada nivel de despunte.



**Figura 3. Densidades de población y niveles de despunte para cuatro variedades de jitomate después de trasplante**



**Figura 4. Densidades de población y niveles de despunte para cuatro variedades de jitomate después de despunte**

La distancia entre plantas y entre hileras para las diferentes densidades de población fueron: para 20 plantas/m<sup>2</sup> útil, 22.5 y 22 cm; para 16 plantas/m<sup>2</sup> útil, 20 y 30 cm; para 13 plantas/m<sup>2</sup> útil, 25.4 y 30 cm; para 12 plantas/m<sup>2</sup> útil, 27.5 y 30 cm; para 10 plantas/m<sup>2</sup> útil, 28.6 y 30 cm, y para 7 plantas/m<sup>2</sup> útil, 33.3 y 60 cm, respectivamente. Las plantas fueron colocadas en las camas de cultivo en un arreglo de tres hileras, excepto para la densidad de 20 plantas/m<sup>2</sup> útil, en la que se establecieron cuatro hileras y para 7 plantas/m<sup>2</sup> útil, con dos hileras.

La siembra se realizó en charolas de 60 cavidades, se utilizó como sustrato una mezcla de peat-moss (marca Kekkilä importado por la casa comercial Probiomex) y perlita en

una proporción de 50-50. Una vez sembrada, la semilla se tapó con una capa de vermiculita de 0.5 cm y fue regada con agua profusamente.

El trasplante se efectuó a los 40 días después de la siembra. Las camas de cultivo tenían 0.9 m de ancho por 20 m de largo y 0.3 m de profundidad, con pasillos entre camas de 50 cm. Como sustrato se utilizó arena de tezontle rojo con partículas de 1 a 3 mm de diámetro aproximadamente.

A partir de la germinación las plántulas se regaron con una solución nutritiva al 50 % de su concentración normal y 15 días después se utilizó la solución nutritiva al 100 %, concentración que se mantuvo durante todo el ciclo a través de cintilla de goteo (tres por cama con goteros espaciados a cada 10 cm); la dosis y número de riegos diarios se definieron en función de las condiciones climatológicas y el estado fenológico de las plantas. La concentración (mg/L) de la solución nutritiva al 100 % fue la siguiente: N = 250, P = 50, K = 250, Ca = 280, Mg = 50, S = 150, Fe = 2, Mn = 1, B = 0.5, Cu = 0.1 y Zn = 0.1.

Oportunamente se efectuaron poda de brotes laterales, tutoreo, deshojes, despuntes y demás prácticas culturales conforme al protocolo establecido para el cultivo. Los despuntes se efectuaron eliminando la yema terminal de las plantas, una hoja arriba de la segunda y tercera inflorescencia según el tratamiento. Se estableció un programa preventivo y curativo de plagas y enfermedades.

Las variables estudiadas fueron:

Altura de planta al despunte.- Se midió con flexómetro, considerando desde la base del tallo hasta la altura donde se despuntó la planta (una hoja arriba del último racimo) expresado en centímetros.

Ancho de planta a los 120 días después de la siembra (dds).- Se midió con flexómetro, el largo de la hoja más larga sin extender (curva) de un extremo a otro y expresado en centímetros.

Estimación del índice de área foliar (IAF) a los 120 dds.- Se obtuvo al dividir el área foliar total de una planta entre el área de superficie que ocupó.

Peso seco por planta (PSP) incluyendo la raíz.- Se obtuvo al secar en una estufa a 70 °C hasta peso constante a los 120 dds.

Rendimiento por planta y unidad de superficie.- Calculado a partir del peso y número de frutos cosechados por planta y unidad de superficie en cada corte. Esto se reporta en  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$  útil.

Número de frutos por planta y unidad de superficie.- Se registró número de frutos por cada corte realizado y por hilera de cada unidad experimental.

Peso medio de fruto.-. Al alcanzar la madurez comercial para cada corte, se registró el peso de los frutos obtenidos por hileras de cada unidad experimental.

Los datos obtenidos fueron sometidos a una prueba de análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ( $P= 0.05$ ) utilizando para su análisis, el programa computacional Statistical Analysis System (SAS).

## 5.2. Experimento 2

### Comparación del rendimiento y sus componentes en 12 variedades de jitomate despuntadas a tres racimos

#### 5.2.1. Ubicación del experimento y descripción general

Este experimento se llevó a cabo del mes de abril de 2013 a septiembre del mismo año, en un invernadero con estructura metálica, cubierta de polietileno, ventanas laterales a todo lo largo por ambos costados, protegidas con malla anti áfidos y cortinas enrollables aproximadamente de 430 m<sup>2</sup> tipo capilla en el Campo Experimental de la Unidad de Validación y Demostración de Tecnología “El Ranchito” de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en Chapingo, Estado de México, a 19° 29’ latitud norte, 98° 53’ de longitud oeste y altitud de 2250 msnm.

Se utilizaron 12 cultivares de jitomate con hábito de crecimiento determinado contrastantes con respecto al tipo de fruto, los cuales, se describen a continuación:

**3088.** Es un híbrido comercial de la empresa Hazera Genetics, que se caracteriza por ser de tipo bola y hábito determinado, su fruto es muy firme, de alta calidad y tamaño (hasta 280 g), con excelente color, adaptable para cosecharse en verde o maduro. Es una variedad con buen amarre de frutos y resistente a altas temperaturas y a Vd, Fol (raza 1, 2, 3), ToMV (Figura 2).

**29024.** Es un híbrido comercial de la empresa Hazera Genetics, que se caracteriza por ser de tipo bola y hábito determinado, su fruto es firme, de alta calidad y gran tamaño (hasta 280 g). Es resistente a altas temperaturas y a Vd, Fol (raza 1, 2, 3), ToMV.

**40317.** Es un híbrido comercial de la empresa Hazera Genetics, que se caracteriza por ser de tipo bola y hábito determinado, su fruto es firme, de buena calidad y buen tamaño (180-240 g). Es resistente a altas temperaturas y a Vd, Fol (raza 1, 2, 3), ToMV.

**Suzan.** Es un híbrido comercial de la empresa Hazera Genetics, que se caracteriza por ser de tipo bola y hábito determinado, planta vigorosa y de crecimiento frondoso, su fruto es muy firme de alta calidad y tamaño (hasta 300 g). Es una variedad con buen amarre de frutos en altas temperaturas y resistente a Vd, Fol (raza 1, 2, 3),Mj,TSWV, ToMV.

**29025.** Es un híbrido comercial de la empresa Hazera Genetics, que se caracteriza por ser de tipo bola y hábito determinado es una variedad resistente al TYLCV y al TSWV, con alto rendimiento y buena calidad de fruto y tamaño (200-280 g). Tiene una planta fuerte, con rendimiento continuo.

**DRD8551.** Tomate híbrido saladette determinado con planta fuerte, de la casa comercial Monsanto, presenta precocidad intermedia con producciones en todo el ciclo de cultivo. Fruto redondo, para el mercado nacional y exportación con tamaños 100-120 gramos, muy buena firmeza y producción. Ideal para plantaciones en la primavera y última etapa, ya que presenta planta fuerte para pasar el invierno. Es resistente / tolerante a las enfermedades: ToMV, ToTV, Fol 0, Fol 1, Va, Vd RI: TYLCV, Ma, Mi, Mj.

**Nabateo.** Variedad determinada tipo saladette, muy productiva de la casa comercial Seminis, con buena cobertura foliar y resistencia a Fusarium raza 3. Planta de crecimiento vigoroso, ciclo precoz y producción muy concentrada. Buen cuaje con altas temperaturas, fruto ovalado con peso medio de 100-125 g.

**Pony express.** Planta de madurez precoz con hábito determinado y fruto tipo saladette de la casa comercial Harris Moran, frutos de excelente color, firmeza y uniformidad, tamaños grandes y extra grandes. Ideal para producción de suelo. Es ampliamente adaptable a muchas regiones y propio para mercado fresco. Con resistencia intermedia a Fusarium. Es resistente / tolerante a las enfermedades: Fol 1, Fol 2, Fol 3(RI), Mi, Ma, Mj, Pst, ToMV, V1.

**Recova.** Híbrido determinado tipo saladette de la casa comercial Western Seed, fruto firme y buen tamaño, precoz y productivo. Resistencias: TMV, F, Va.

**Regidor.** Híbrido determinado tipo saladette de la empresa Western Seed, la planta se adapta al cultivo envarado o de piso. Entre nudos cortos con ramilletes de 6 a 8 frutos biloculares, grandes, de gran calidad, de pared firme y gruesa. Peso promedio superior a los 110 g y 3 semanas de larga vida de anaquel. Resistencias: TYLCV, F2 y V.

**Caporal.** Híbrido saladette determinado de la casa comercial Vilmorin, presenta excelente amarre de fruta en condiciones de calor. Peso de fruto de 130 -150 gramos. Es resistente a V, Fol 1, 2 y 3.

**Serengueti.** Híbrido determinado tipo saladette de la línea comercial Harris Moran, variedad de gran firmeza, maduración uniforme y productividad. Es de ciclo intermedio y de cosecha extendida. Produce una gran cantidad de fruta de excelente calidad y tamaños extra grandes. Su planta es fuerte de porte alto, vigorosa con excelente cobertura y sanidad. Es resistente / tolerante a las enfermedades: V, Ma, Mi, Mj, TMV, Pst, Fol 1, Fol 2, TSWV (RI).

El experimento se diseñó en bloques completos al azar con 12 tratamientos y cuatro repeticiones. Cada variedad señalada representó un tratamiento. La unidad experimental fue de 1.5 m de largo por el ancho de la cama que fue 0.9 m, siendo la superficie de cada tratamiento 1.35 m<sup>2</sup> útiles. La superficie útil aproximada del experimento fue de 65 m<sup>2</sup>.

Las plantas fueron establecidas en arreglo de tres hileras y orientación en dirección de norte-sur; el espacio entre plantas fue de 25.4 cm y 30 cm entre hileras, lo que resultó una densidad de 13 plantas/m<sup>2</sup> útil.

La siembra se realizó en charolas de 60 cavidades, se utilizó como sustrato una mezcla de peat-moss (marca Kekkilä importado por la casa comercial Probiomex) con perlita en una proporción de 50-50. Una vez sembrada, la semilla se tapó con una capa de vermiculita de 0.5 cm y fue regada con agua profusamente.

El trasplante se efectuó a los 40 días después de la siembra. El sistema hidropónico de producción consistió en camas de 0.9 m de ancho por 20 m de largo y 0.3 m de

profundidad. Como sustrato se utilizó arena de tezontle rojo con partículas de 1 a 3 mm de diámetro aproximadamente.

A partir de la germinación las plántulas se regaron con una solución al 50 % de su concentración normal y 15 días después se utilizó la solución nutritiva al 100 %, misma concentración que se mantuvo todo el ciclo a través de cintilla de goteo (tres por cama con goteros espaciados a cada 10 cm); la dosis y número de riegos diarios se definieron en función de las condiciones climatológicas y el estado fenológico de las plantas. La concentración (mg/L) de la solución al 100 % fue la siguiente: N = 250, P = 50, K = 250, Ca = 280, Mg = 50, S = 150, Fe = 2, Mn = 1, B = 0.5, Cu = 0.1 y Zn = 0.1.

Oportunamente se efectuaron poda de brotes laterales, tutoreo, deshojes, despuntes y demás prácticas culturales conforme al protocolo establecido para el cultivo. Los despuntes se efectuaron eliminando la yema terminal de las plantas, una hoja arriba de la segunda y tercera inflorescencia según el tratamiento. Se estableció un programa preventivo y curativo de plagas y enfermedades.

Las variables estudiadas fueron:

Rendimiento por planta y unidad de superficie.- Calculado a partir del peso y número de frutos cosechados por planta y unidad de superficie en cada corte. Esto se reporta en  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$  útil.

Número de frutos por planta y unidad de superficie.- Se registró número de frutos por cada corte realizado y por hilera de cada unidad experimental.

Peso medio de fruto.- Al alcanzar la madurez comercial para cada corte, se registró el peso de los frutos obtenidos por hileras de cada unidad experimental.

Los datos obtenidos fueron sometidos a una prueba de análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ( $P= 0.05$ ) utilizando para su análisis, el programa computacional Statistical Analysis System (SAS).

## **6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1. Experimento 1**

#### **Densidades de población y niveles de despunte para variedades contrastantes de jitomate en condiciones de hidroponía e invernadero**

##### **6.1.1. Indicadores de crecimiento**

###### **6.1.1.1. Análisis de varianzas**

En los análisis de varianzas (Cuadro 1), la variable altura medida después del despunte presentó diferencias altamente significativas entre variedades, niveles de despunte y densidades de población. La variable ancho de planta fue altamente significativa entre variedades. El índice de área foliar (IAF) fue altamente significativo entre variedades y densidades. El peso seco resultó ser altamente significativo entre variedades y despuntes. La interacción entre variedades y niveles de despunte fue altamente significativa para la variable altura de planta después del despunte.

**Cuadro 1. Cuadrados medios y niveles de significancia para indicadores de crecimiento, considerando los factores variedad, nivel de despunte y densidad**

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios			
		Altura	Ancho de planta	IAF	Peso seco por planta
<b>Bloque</b>	3	1279.21**	74.04**	9.85**	1993
<b>Variedad</b>	3	2844.47**	442.40**	38.39**	14003**
<b>Error a</b>	9	290.95**	95.09**	3.29*	2452**
<b>Despunte</b>	1	8758.05**	1.88	0.87	36155**
<b>Variedad x despunte</b>	3	586.86**	7	2.11	1615
<b>Error b</b>	12	109.91**	16.36**	15.09	620
<b>Densidad (despunte)</b>	4	281.85**	2.70	1.06**	959
<b>Variedad x densidad (despunte)</b>	12	24.45	5.04	2.11	257
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		5.58	10.20	32.82	28.25

\* significativo  $\alpha=0.05$ . \*\* altamente significativo  $\alpha=0.01$ . G.L. grados de libertad.

### 6.1.1.2. Análisis de los efectos principales

En el promedio de los niveles de despunte y de las densidades de población se analizaron algunas variables indicadoras de crecimiento a los 120 días después de la siembra para variedades (Cuadro 2).

#### 6.1.1.2.1. Variedades

Las pruebas de comparación de medias indican, como se esperaba, que las variedades indeterminadas crecieron significativamente más que las determinadas (30-35 cm más en promedio), coincidiendo con González (1991) y Maroto (1986), en el sentido de que éste comportamiento se debe a que los cultivares indeterminados poseen una yema terminal vegetativa, que les permite crecer indefinidamente, sus racimos están más

espaciados en el tallo principal (cada tres o cuatro hojas); al respecto Hewitt y Marrush (1986), reportaron que este tipo de crecimiento puede alcanzar hasta nueve metros de altura y hasta 35 racimos al año en invernadero.

Los cultivares de hábito de crecimiento determinado comprenden plantas cuya yema terminal es floral, generalmente son plantas de tamaño pequeño o mediano (González, 1991). Emiten inflorescencias en ramas, por cada una o dos hojas (González, 1991). Hewitt y Marrush (1986), mencionan que las plantas de hábito determinado de jitomate pueden desarrollarse como un arbusto de un metro de altura, produciéndose de tres a nueve racimos, en un periodo de tres a cuatro meses después del trasplante.

Las variedades determinadas fueron más anchas que las indeterminadas al tener hojas más extendidas pero con menor área foliar al tener menor número de hojas (una hoja por cada racimo, contra las indeterminadas con tres hojas entre cada racimo). Hubo una fuerte tendencia a que los valores del IAF fueran mayores en indeterminadas que en determinadas, esto coincide con Mendoza y Ortiz (1973), que mencionan que en los cultivares indeterminados, se aprecia mayor índice de área foliar (IAF) por unidad de superficie, que en los determinados, lo que indica que el IAF depende del tamaño y número de hojas, densidad de población y arreglo espacial por unidad de superficie. Un índice de área foliar excesivo puede crear condiciones de sombreado para gran parte de las hojas situadas hacia el interior de la cubierta vegetal, ocasionando eventualmente que los carbohidratos producidos por ellas sean utilizados en la misma proporción de la que son sintetizados (Mitchell, 1970).

Las dos variedades tipo bola y la variedad Moctezuma (saladette), fueron estadísticamente iguales en su peso seco de fruto (promedio de 115 g), quedando la variedad Serenqueti muy baja en esta variable (40 % menos en promedio). La menor producción de materia seca en esta variedad podría deberse al poco IAF desarrollado por su dosel. Como los señalan Gardner *et al.* (1995), un mayor IAF y una distribución más equitativa de la radiación solar entre las hojas del dosel, permite mayor producción de materia seca por día y eventualmente un mayor rendimiento por unidad de superficie y tiempo.

**Cuadro 2. Pruebas de comparación de medias de indicadores de crecimiento por unidad de superficie en jitomate, para variedades**

<b>Variedad</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Ancho de planta (cm)</b>	<b>IAF</b>	<b>Peso seco por planta (g)</b>
<b>Moctezuma</b>	99.25 a*	18.35 b	3.52 ab	115 a
<b>Imperial</b>	90.93 a	22.22 ab	4.99 a	119 a
<b>Serenqueti</b>	63.45 b	19.89 ab	1.89 b	68 b
<b>Pick Ripe</b>	61.67 b	28.13 a	3.49 ab	114 a
<b>DMS</b>	21.83	8.79	1.64	45

\* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey  $\alpha=0.05$ ). DMS. Diferencia Mínima Significativa.

### 6.1.1.2.2. Niveles de Despunte

En el promedio general de las variedades y densidades de población (Cuadro 3), el nivel de despunte que presentó mayor altura fue a tres racimos (11 cm más en promedio que a dos racimos). El promedio del ancho de planta y del índice de área foliar (IAF) fueron estadísticamente iguales entre los niveles de despunte a pesar de que las densidades de población fueron diferentes para cada nivel. Se explica porque a dos racimos cada planta tuvo menos área foliar que a tres racimos, pero sus densidades de población fueron mayores en promedio.

Como se esperaba por su mayor tamaño y número de hojas, el peso seco por planta fue significativamente mayor para el nivel de despunte a tres racimos (31 % más que a dos racimos en promedio).

**Cuadro 3. Pruebas de comparación de medias de indicadores de crecimiento por unidad de superficie en jitomate, para niveles de despunte**

Despunte	Altura (cm)	Ancho de planta (cm)	IAF	Peso seco por planta (g)
<b>2 Racimos</b>	73.38 b*	22.01 a	3.62 a	85 b
<b>3 Racimos</b>	84.27 a	22.29 a	3.33 a	123 a
<b>DMS</b>	7.47	1.79	0.46	13.78

\* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey  $\alpha=0.05$ ). DMS. Diferencia Mínima Significativa.

### 6.1.1.3. Análisis de las interacciones significativas

Como se observa en la Figura 5, la interacción significativa entre variedades por nivel de despunte se explica porque a diferencia de las otras tres variedades, en Pick Ripe la altura de planta no aumentó con el manejo a tres racimos por planta respecto al de dos racimos por planta. Esto indica un genotipo con caracteres que le inducen un fuerte hábito determinado; incluso en varias de las plantas se tuvo que dejar crecer un brote lateral para alcanzar los tres racimos. La menor altura y área foliar por planta de esta variedad en relación con las indeterminadas, es una característica muy deseable para el sistema de producción con despuntes a tres racimos por planta y formación de doseles en forma de escalera que se está desarrollando en la Universidad Autónoma Chapingo (Méndez y Sánchez, 2005; Vázquez *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2010; Bastida, 2012), pues se puede permitir el uso de densidades de población más altas con rendimientos superiores a los obtenidos aquí (Pastor, 2014).

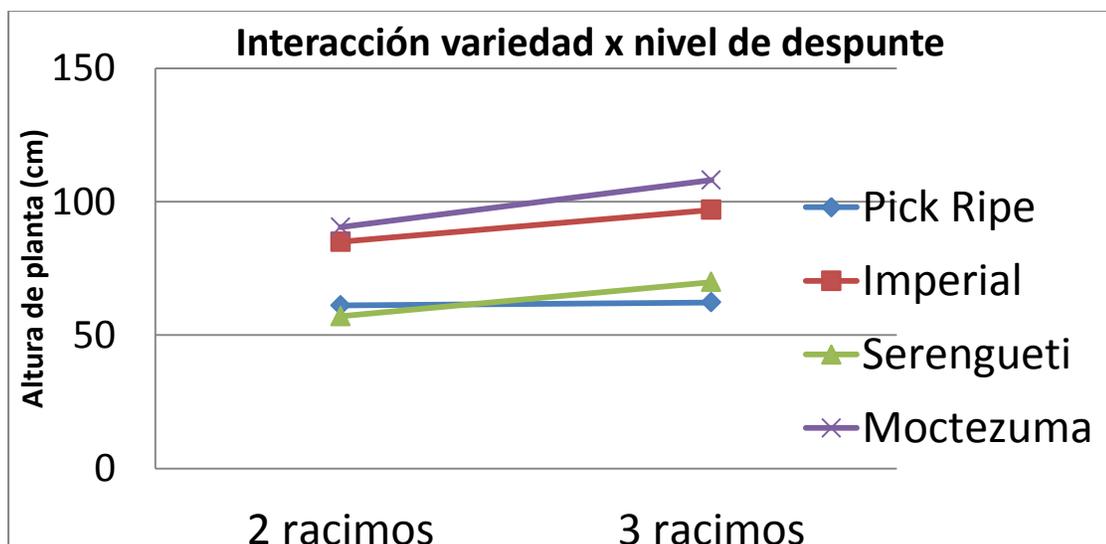


Figura 5. Análisis de la interacción variedad x nivel de despunte para la variable Altura de planta al despunte

## **6.1.2. Rendimiento y sus componentes**

### **6.1.2.1. Análisis de varianzas**

En los análisis de varianzas (Cuadro 4), se observó que tanto para el rendimiento global por unidad de superficie como para sus componentes (número de frutos por unidad de superficie y peso medio de fruto), hubo diferencias altamente significativas entre variedades. En niveles de despunte hubo diferencias altamente significativas para el número de frutos y peso medio de fruto. Entre densidades, todos los componentes de rendimiento fueron altamente significativos. La interacción variedad x niveles de despunte fue altamente significativa para el peso medio de fruto; por último, la interacción variedad x densidades anidadas en niveles de despunte resultó altamente significativa para el número de frutos por unidad de superficie y significativa para el peso medio de fruto. Como se puede ver en general todas estas diferencias se deben a que se escogieron variedades muy contrastantes en hábito de crecimiento y tipo de fruto entre bola y saladette.

**Cuadro 4. Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes en jitomate, considerando los factores variedad, nivel de despunte y densidad**

Fuente de variación	G.L.	CUADRADOS MEDIOS		
		Rendimiento por unidad de superficie	Número de frutos por unidad de superficie	Peso medio de fruto
<b>Bloque</b>	3	9.04	548*	0.008
<b>Variedad</b>	3	647.13**	13881**	38.9**
<b>Error a</b>	9	19.16**	605**	0.21**
<b>Despunte</b>	1	2.44	4620**	5.4**
<b>Variedad x despunte</b>	3	7.18	112	0.8**
<b>Error b</b>	12	9.02	247	0.16**
<b>Densidad (despunte)</b>	4	337.72**	29246**	1.17**
<b>Variedad x densidad (despunte)</b>	12	9.56	668**	0.12*
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		10.20	7.36	5.5696

\* significativo  $\alpha= 0.05$ . \*\* altamente significativo  $\alpha= 0.01$ . G.L. grados de libertad.

### 6.1.2.2. Análisis de los efectos principales

#### 6.1.2.2.1. Variedades

En el promedio de los niveles de despunte y de las densidades de población se observó lo siguiente (Cuadro 5).

Las variedades tipo bola rindieron significativamente más que las saladettes, en promedio un 30 % más por unidad de superficie, esto debido al tamaño y peso de fruto (173 g en promedio sobre 100 g promedio de las tipo saladette). Resultados similares se reportan por Escalante (1989), que al evaluar cinco cultivares de jitomate tipo bola y

saladette en hidroponía, encontró que los rendimientos más altos correspondieron a los cultivares tipo bola, así como los mayores pesos medios por fruto.

El análisis del rendimiento de un cultivar implica el estudio de sus principales componentes, que en el caso de jitomate están dados fundamentalmente por el número y el peso medio de frutos (Wereing y Patrick, 1975).

El número de frutos para las variedades tipo saladette tuvo una tendencia a ser mayor que las tipo bola, excepto por las variedades Serengueti e Imperial que estadísticamente fueron iguales; sin embargo, Serengueti, al tener frutos de menor tamaño y peso, tuvo un rendimiento menor en comparación con las tipo bola.

Las variedades tipo bola, Imperial y Pick Ripe tuvieron estadísticamente el mismo rendimiento. Las variedades tipo saladette, Moctezuma y Serengueti difirieron estadísticamente en el rendimiento, al tener la variedad Moctezuma mayor número de frutos (16% más en promedio que Serengueti) y 4 kg más en promedio por unidad de superficie. Por lo anterior, las variedades de hábito de crecimiento indeterminado rindieron más que las de hábito determinado, debido principalmente a un promedio 22 frutos más dentro de cada tipo de fruto, pero estadísticamente igual en peso medio por fruto. Esto coincide con Regalado (2002), excepto que los cultivares de jitomate determinados mostraron menor rendimiento, aspecto atribuido a una menor producción de frutos pero con mayor peso medio por fruto.

**Cuadro 5. Pruebas de comparación de medias de rendimiento por unidad de superficie y sus componentes en jitomate para variedades**

<b>Variedad</b>	<b>Rendimiento por unidad de superficie (kg m<sup>-2</sup> útil)</b>	<b>Número de frutos por unidad de superficie (frutos/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Peso medio de fruto (g)</b>
<b>Imperial</b>	29.64 a*	173 b	173 a
<b>Pick Ripe</b>	25.81 a	151 c	174 a
<b>Moctezuma</b>	21.6 b	209 a	104 b
<b>Serengueti</b>	17.64 c	173 b	103 b
<b>DMS</b>	3.94	22	13.1

\* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey  $\alpha=0.05$ ). DMS. Diferencia Mínima Significativa.

#### **6.1.2.2.2. Niveles de despunte**

En el promedio general de las variedades y densidades de población (Cuadro 6), el rendimiento por unidad de superficie entre niveles de despunte a dos y tres racimos fue estadísticamente igual, pero se obtuvo un mayor número de frutos al despuntar a dos racimos, pero con peso medio de fruto menor que a tres racimos (131 g contra 146 g, respectivamente), debido a que las plantas se manejaron con mayores densidades de población. Hernández (1993), menciona que a menor densidad se favorece el desarrollo de frutos de mayor tamaño, debido a la escasa competencia entre plantas (nutrimentos, luz, etc.). Aunque se asegura un mayor rendimiento por planta a densidades bajas, por unidad de superficie los mejores rendimientos se dan generalmente con densidades relativamente altas.

Ponce (1995), señala que la competencia que se establece entre los frutos de un mismo racimo y los próximos a él tienden a disminuir el tamaño de fruto (estrechamente relacionado con peso medio de frutos), siendo más pequeños los del extremo de la infrutescencia y más aún en los últimos racimos de la planta.

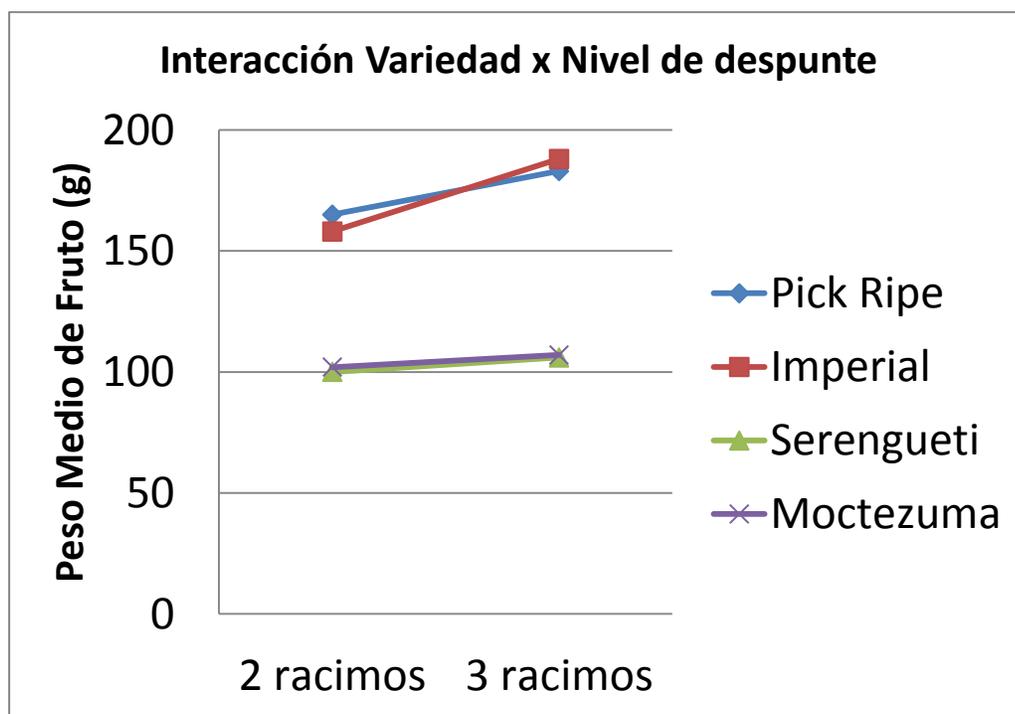
**Cuadro 6. Pruebas de comparación de medias de rendimiento por unidad de superficie y sus componentes en jitomate para nivel de despunte**

<b>Despunte</b>	<b>Rendimiento por unidad de superficie (kg m<sup>-2</sup> útil)</b>	<b>Número de frutos por unidad de superficie (frutos/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Peso medio de fruto (g)</b>
<b>2 Racimos</b>	23.52 a*	183 a	131 b
<b>3 Racimos</b>	23.83 a	169 b	146 a
<b>DMS</b>	1.34	6.99	5.6

\*Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey  $\alpha=0.05$ ). DMS. Diferencia Mínima Significativa.

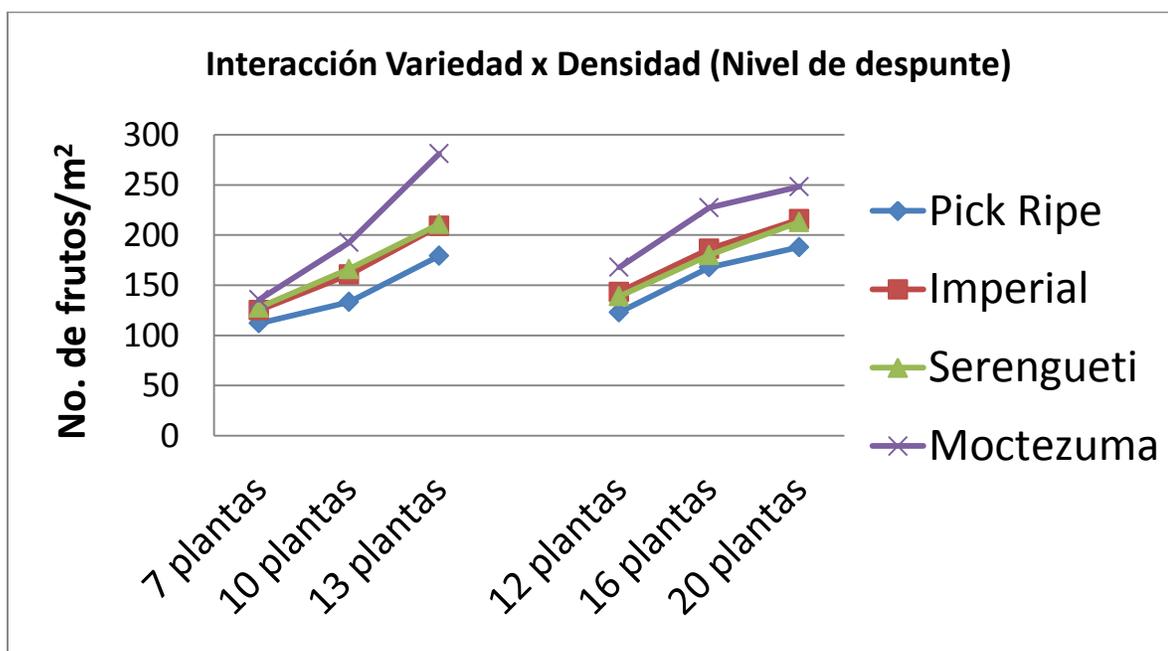
### 6.1.2.3. Análisis de las interacciones

La interacción significativa entre variedades x niveles de despunte para el peso medio del fruto se explica porque en las variedades tipo saladette el peso medio de fruto resultó similar con el manejo de las plantas a dos y tres racimos por planta, en tanto que para las de tipo bola el peso de fruto aumentó con el manejo a tres racimos (Figura 6), lo que se explica porque en esta última variedad, los frutos del tercer racimó tendieron a ser más grandes y pesados que los del primero y segundo racimos (datos no mostrados).



**Figura 6. Análisis de la interacción variedad x nivel de despunte para la variable Peso medio de fruto**

Como se aprecia en la Figura 7, la interacción variedades x densidades dentro de niveles de despunte para el número de frutos por unidad de superficie podría explicarse porque mientras en las plantas conducidas a tres racimos, al aumentar la densidad de intermedia (10 plantas/m<sup>2</sup>) a alta (13 plantas/m<sup>2</sup>), el incremento en número de frutos se hizo mayor que cuando paso de baja (7 plantas/m<sup>2</sup>) a intermedia, mientras que con el aumento de las densidades probadas a dos racimos, al menos en dos de las cuatro variedades sucedió lo contrario: el número de frutos por unidad de superficie aumentó más cuando se pasó de la densidad baja (12 plantas/m<sup>2</sup>) a la intermedia (16 plantas/m<sup>2</sup>) que de la intermedia a la alta (20 plantas/m<sup>2</sup>).



**Figura 7. Análisis de la interacción variedad x densidad dentro de nivel de despunte para la variable Número de frutos/m<sup>2</sup>**

Dado que para cada nivel de despunte se establecieron diferentes densidades de población, para la comparación del rendimiento y sus componentes se hicieron análisis particulares del factor densidad para cada variedad y dentro de cada nivel de despunte.

#### 6.1.2.4. Análisis de las densidades de población para la variedad Pick

##### Ripe

En los análisis de varianza para las densidades de población de la variedad de hábito determinado y tipo bola, Pick Ripe (Cuadros 7 y 8), hubo diferencias altamente significativas en el rendimiento y número de frutos por unidad de superficie, el rendimiento por planta con despunte a tres racimos fue altamente significativo entre densidades y significativo para el número de frutos por planta y para los dos niveles de despunte; mientras tanto el número de frutos por planta fue significativo entre las densidades probadas para ambos niveles de despunte. El peso medio de fruto entre densidades fue significativo a tres y altamente significativo a dos racimos.

**Cuadro 7. Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Pick Ripe a tres racimos**

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios				
		Rendimiento por unidad de superficie	Rendimiento por planta	Número de frutos por unidad de superficie	Número de frutos por planta	Peso medio de fruto
<b>Bloque</b>	3	28.19*	0.34	530*	4.22	0.337
<b>Densidad</b>	2	60.76**	0.88 **	4727 **	9.33 *	0.997*
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		8.51	2.65	6.57	6.58	5.44

\* significativo  $\alpha= 0.05$ . \*\* altamente significativo  $\alpha= 0.01$ . G.L. grados de libertad.

**Cuadro 8. Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes considerando el factor densidad para la variedad Pick Ripe a dos racimos**

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios				
		Rendimiento por unidad de superficie	Rendimiento por planta	Número de frutos por unidad de superficie	Número de frutos por planta	Peso medio de fruto
<b>Bloque</b>	3	2.84	0.01	133	0.44	0.16*
<b>Densidad</b>	2	71.87**	0.095	4425**	1.75*	0.29**
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		8.42	8.48	6.44	4.41	2.67

\* significativo  $\alpha=0.05$ . \*\* altamente significativo  $\alpha=0.01$ . G.L. grados de libertad.

El Cuadro de comparación de medias para esta variedad al despuntar a tres racimos (Cuadro 9), muestra que la densidad que sobresalió fue la de 13 plantas/m<sup>2</sup> obteniendo un rendimiento promedio de 30 kg m<sup>-2</sup>, valor significativamente mayor al de las otras dos densidades (5-7 kg más que con las densidades a 10 y 7 plantas/m<sup>2</sup>) También el número de frutos por unidad de superficie fue estadísticamente mayor con la densidad alta (179 frutos/m<sup>2</sup>, aproximadamente 30 % más con respecto a las densidades 10 y 7 plantas/m<sup>2</sup>). Sin embargo, cabe señalar que su peso medio de fruto disminuyó significativamente con respecto a la densidad baja (167 g contra 198 g, respectivamente). El rendimiento y número de frutos por planta y el peso medio de fruto fueron mayores con la densidad de 7 plantas/m<sup>2</sup> (en promedio 1 kg, 2 frutos y 30 g más respectivamente, contra 13 plantas/m<sup>2</sup>), lo cual coincide con Cancino *et al.* (1991), quienes al evaluar dos densidades de plantas (9 y 16 plantas/m<sup>2</sup>) despuntadas a uno, dos y tres racimos, en dos variedades de jitomate (Tropic y Ace 55 vf); observaron que el rendimiento por racimo y por planta disminuyó en la densidad alta, pero aumentó el rendimiento por m<sup>2</sup> útil, lo cual es un indicio de que el grado de competencia entre

plantas no ha llegado a un punto en que influya negativamente en el rendimiento y calidad de los frutos.

Para definir la densidad óptima para esta variedad, se debe considerar qué es más rentable para el productor según el tipo de mercado. Por ejemplo en el mercado de la Central de Abastos, la caja de fruto grande (frutos de aproximadamente 180 a 220 g) se paga un 20 a 30 % más por kilogramo que las de frutos medianos con pesos promedio de 150 a 180 g (Aserca, 2014). En este caso la densidad intermedia (10 plantas/m<sup>2</sup>) pudiera ser la que produjera mayor beneficio económico, pues otorga más alto rendimiento que la de 7 plantas/m<sup>2</sup>, sin sacrificar tanto el tamaño de fruto como la de 13 plantas/m<sup>2</sup>.

Con nivel de despunte a dos racimos por planta (Cuadro 10), también se incrementó el rendimiento y número de frutos por unidad de superficie al aumentar la densidad (aproximadamente 8 kg y 60 frutos más para 20 plantas/m<sup>2</sup> con respecto a 12 plantas/m<sup>2</sup> que fue la menor densidad), pero también disminuyó significativamente su peso medio de fruto. El rendimiento por planta no se vio afectado al aumentar la densidad, sin embargo, el número de frutos por planta disminuyó con la densidad de 20 plantas/m<sup>2</sup> (en promedio 1 kg menos que contra las demás densidades).

La densidad de 16 plantas/m<sup>2</sup> es estadísticamente igual a la mayor (20 plantas/m<sup>2</sup>) en su rendimiento y estadísticamente igual al peso medio de fruto de la densidad más baja con una diferencia de 2 kg, por lo que en base a la argumentación del párrafo anterior podría considerarse económicamente como la mejor densidad para el nivel de despunte a dos racimos para el caso del cultivar Pick Ripe.

Dado que con el despunte a dos racimos por planta, el ciclo de trasplante a fin de cosecha es menor en aproximadamente 7 a 10 días con respecto al ciclo de tres racimos por planta, es posible obtener cuatro ciclos de cultivo anualmente (Sánchez y Ponce, 1998), mientras que al despuntar a tres racimos es técnicamente más difícil lograrlo (se requieren plántulas de más edad provenientes de contenedores más grandes) por lo que generalmente sólo se proponen tres ciclos por año (Pastor, 2014). Si lo que se busca es maximizar el rendimiento anual se debe estudiar si el costo del ciclo extra y el manejo de un mayor número de semillas, plántulas y plantas por ciclo son compensados por el mayor rendimiento potencial.

**Cuadro 9. Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Pick Ripe a tres racimos**

	<b>Rendimiento por unidad de superficie (kg·m<sup>-2</sup> útil)</b>	<b>Rendimiento por planta (kg)</b>	<b>Número de frutos por unidad de superficie (frutos/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Número de frutos por planta</b>	<b>Peso medio de fruto (g)</b>
<b>13 plantas</b>	29.87 a*	2.30 b	179 a	14 ab	167 b
<b>10 plantas</b>	24.60 b	2.46 b	133 b	13 b	185 ab
<b>7 plantas</b>	22.27 b	3.18 a	112 c	16 a	198 a
<b>DMS</b>	4.72	0.58	20	2	21.6

\* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey  $\alpha= 0.05$ ). DMS. Diferencia Mínima Significativa.

**Cuadro 10. Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Pick Ripe a dos racimos**

	<b>Rendimiento por unidad de superficie (kg m<sup>-2</sup> útil)</b>	<b>Rendimiento por planta (kg)</b>	<b>Número de frutos por unidad de superficie (frutos/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Número de frutos por planta</b>	<b>Peso medio de fruto (g)</b>
<b>20 plantas</b>	29.65 a*	1.48 a	188 a	9 b	158 b
<b>16 plantas</b>	27.10 a	1.69 a	168 a	11 a	162 b
<b>12 plantas</b>	21.38 b	1.78 a	123 b	10 a	174 a
<b>DMS</b>	4.76	0.3	22	0.96	9.5

\* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey  $\alpha= 0.05$ ). DMS. Diferencia Mínima Significativa.

#### **6.1.2.5. Análisis de las densidades de población para la variedad Imperial**

En los análisis de varianza para las densidades de población de la variedad Imperial con despunte a tres y dos racimos (Cuadros 11 y 12 respectivamente), hubo diferencias altamente significativas en el rendimiento y número de frutos por unidad de superficie, así como para el peso medio de fruto en el caso del despunte a tres racimos. A dos racimos no se encontraron diferencias significativas entre densidades para el peso medio de fruto. El rendimiento y número de frutos por planta fue estadísticamente igual entre densidades en los dos niveles de despunte.

**Cuadro 11. Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Imperial a tres racimos**

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios				
		Rendimiento por unidad de superficie	Rendimiento por planta	Número de frutos por unidad de superficie	Número de frutos por planta	Peso medio de fruto
<b>Bloque</b>	3	12.31	0.1	315	3.42	0.35*
<b>Densidad</b>	2	179.80**	0.75	7112**	4.75	0.85**
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		12.44	12.58	13.23	13.46	4.07

\* significativo  $\alpha= 0.05$ . \*\* altamente significativo  $\alpha= 0.01$ . G.L. grados de libertad.

**Cuadro 12. Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Imperial a dos racimos**

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios				
		Rendimiento por unidad de superficie	Rendimiento por planta	Número de frutos por unidad de superficie	Número de frutos por planta	Peso medio de fruto
<b>Bloque</b>	3	46.64*	0.2*	1238**	5*	0.072
<b>Densidad</b>	2	90.30**	0.1	5317**	2	0.158
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		9.39	9.82	4.74	8.07	5.72

\* significativo  $\alpha= 0.05$ . \*\* altamente significativo  $\alpha= 0.01$ . G.L. grados de libertad.

En el Cuadro 13 se observa que, con despunte a tres racimos, la densidad que sobresalió fue la más alta (13 plantas/m<sup>2</sup>) obteniéndose un rendimiento promedio de 38.16 kg (10 a 13 kg más que con las densidades a 10 y 7 plantas/m<sup>2</sup>) con un promedio de 209 frutos/m<sup>2</sup> (aproximadamente 40 % más con respecto a la densidad de 7 plantas/m<sup>2</sup>), tuvo un buen comportamiento en el peso medio de fruto (183 g) siendo estadísticamente igual a la densidad de 10 plantas/m<sup>2</sup>. Con densidad a 7 plantas/m<sup>2</sup> el

peso medio de fruto se incrementó a 204 g pero el rendimiento disminuyó a 25.37 kg por unidad de superficie. En rendimiento y número de frutos por planta no hubo diferencias significativas entre densidades.

Con el nivel de despunte a dos racimos (Cuadro 14), se incrementó el rendimiento y número de frutos por unidad de superficie al aumentar la densidad (aproximadamente 10 kg y 60 frutos más para 20 plantas/m<sup>2</sup> con respecto a 12 plantas/m<sup>2</sup> que fue la menor densidad), disminuyendo el peso medio de fruto. La densidad de 16 plantas/m<sup>2</sup> es estadísticamente igual a la mayor (20 plantas/m<sup>2</sup>) en su rendimiento con una diferencia de 4 kg, las densidades a 20 y 16 plantas/m<sup>2</sup> rindieron estadísticamente igual. Para el rendimiento y número de frutos por planta no hubo diferencias significativas entre densidades.

Comparando los resultados de los Cuadros 13 y 14 se observan mayores rendimientos y peso medio de fruto para el sistema de manejo a tres racimos y 13 plantas/m<sup>2</sup> con respecto a cualquiera de los tratamientos con plantas despuntadas a dos racimos (aunque no se hicieron pruebas estadísticas entre ellos para esta variedad).

Entre las dos variedades tipo bola evaluadas, estadísticamente el rendimiento de Pick Ripe (25.8 kg·m<sup>-2</sup>) resultó igual a Imperial (29.6 kg·m<sup>-2</sup>).

**Cuadro 13. Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Imperial a tres racimos**

	<b>Rendimiento por unidad de superficie (kgm<sup>-2</sup> útil)</b>	<b>Rendimiento por planta (kg)</b>	<b>Número de frutos por unidad de superficie (frutos/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Número de frutos por planta</b>	<b>Peso medio de fruto (g)</b>
<b>13 plantas</b>	38.16 a*	2.94 a	209 a	16 a	183 b
<b>10 plantas</b>	28.28 b	2.83 a	161 b	16 a	176 b
<b>7 plantas</b>	25.37 b	3.62 a	125 b	18 a	204 a
<b>DMS</b>	8.26	0.85	47	4.89	16.6

\* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey  $\alpha= 0.05$ ). DMS. Diferencia Mínima Significativa.

**Cuadro 14. Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Imperial a dos racimos**

	<b>Rendimiento por unidad de superficie (kgm<sup>-2</sup> útil)</b>	<b>Rendimiento por planta (kg)</b>	<b>Número de frutos por unidad de superficie (frutos/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Número de frutos por planta</b>	<b>Peso medio de fruto (g)</b>
<b>20 plantas</b>	33.23 a*	1.66 a	216 a	11 a	154 a
<b>16 plantas</b>	29.06 ab	1.82 a	186 b	12 a	156 a
<b>12 plantas</b>	23.75 b	1.98 a	143 c	12 a	166 a
<b>DMS</b>	5.84	0.39	18.7	2.01	19.7

\* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey  $\alpha =0.05$ ). DMS. Diferencia Mínima Significativa.

### 6.1.2.6. Análisis de las densidades de población para la variedad Serengueti

En los análisis de varianza para las densidades de población de la variedad Serengueti con despunte a tres y dos racimos (cuadro 15 y 16 respectivamente), hubo diferencias significativas en el rendimiento por unidad de superficie y el número de frutos fue altamente significativo entre densidades para los dos niveles de despunte. Para rendimiento por planta, número de frutos por planta y peso medio de fruto no hubo diferencias significativas entre densidades para ninguno de los niveles de despunte.

**Cuadro 15. Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Serengueti a tres racimos**

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios				
		Rendimiento por unidad de superficie	Rendimiento por planta	Número de frutos por unidad de superficie	Número de frutos por planta	Peso medio de fruto
<b>Bloque</b>	3	6.65	0.1	255	5	0.23875
<b>Densidad</b>	2	44.95*	0.25	6946**	5	0.22075
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		11.82	15.62	8.07	10.00	7.32

\* significativo  $\alpha= 0.05$ . \*\* altamente significativo  $\alpha= 0.01$ . G.L. grados de libertad.

**Cuadro 16. Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Serengueti a dos racimos**

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios				
		Rendimiento por unidad de superficie	Rendimiento por planta	Número de frutos por unidad de superficie	Número de frutos por planta	Peso medio de fruto
<b>Bloque</b>	3	0.41	0.0003	16.67	0.22	0.01653
<b>Densidad</b>	2	35.87*	0.063	5497**	1.08	0.25725
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		11.46	12.33	6.56	7.05	10.42

\* significativo  $\alpha=0.05$ . \*\* altamente significativo  $\alpha=0.01$ . G.L. grados de libertad.

Para la variedad Serengueti que es de tipo saladette y hábito de crecimiento determinado, se observa lo siguiente (Cuadros 17 y 18): con despunte a tres racimos se incrementó el rendimiento y número de frutos por unidad de superficie al aumentar la densidad. El rendimiento fue estadísticamente igual entre las densidades a 13 y 10 plantas/m<sup>2</sup>. El rendimiento de la densidad a 7 plantas/m<sup>2</sup> fue menor que la de 13 plantas/m<sup>2</sup>, pero estadísticamente igual a la densidad de 10 plantas/m<sup>2</sup>. El número de frutos fue significativo entre densidades (40 % más a 13 plantas/m<sup>2</sup>, respecto a 7 plantas/m<sup>2</sup> que fue la menor densidad) y el peso medio no se afectó en ninguna de las tres densidades.

El rendimiento y número de frutos por planta fue estadísticamente igual entre densidades y peso medio de fruto. Cruz (2003), al comparar rendimientos en plantas de jitomate despuntadas a tres racimos bajo el sistema de dosel en doble escalera, obtuvo el mayor rendimiento por planta con una densidad baja (1.083 kg), seguido por la

densidad media y finalmente la densidad alta, presentándose en este el valor más bajo de rendimiento por planta.

De acuerdo a estos resultados, para una producción comercial a tres racimos, esta variedad puede manejarse a 10 y 13 plantas/m<sup>2</sup> de superficie útil.

En el tratamiento con despunte a dos racimos el rendimiento para las densidades 20 y 16 plantas/m<sup>2</sup> fue estadísticamente igual con 19 kg en promedio por unidad de superficie. Entre mayor fue la densidad mayor fue el número de frutos. El peso medio de fruto fue estadísticamente igual en todas las densidades. El rendimiento por planta y número de frutos por planta fue estadísticamente igual entre densidades.

**Cuadro 17. Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Serengueti a tres racimos**

	<b>Rendimiento por unidad de superficie (kg·m<sup>-2</sup> útil)</b>	<b>Rendimiento por planta (kg)</b>	<b>Número de frutos por unidad de superficie (frutos/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Número de frutos por planta</b>	<b>Peso medio de fruto (g)</b>
<b>13 plantas</b>	21.33 a*	1.64 a	211 a	16 a	101 a
<b>10 plantas</b>	17.05 ab	1.71 a	166 b	17 a	103 a
<b>7 plantas</b>	14.72 b	2.10 a	128 c	18 a	115 a
<b>DMS</b>	4.54	0.62	29	3.71	16.9

\* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey  $\alpha= 0.05$ ). DMS. Diferencia Mínima Significativa.

**Cuadro 18. Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Serengueti a dos racimos**

	<b>Rendimiento por unidad de superficie (kg·m<sup>-2</sup> útil)</b>	<b>Rendimiento por planta (kg)</b>	<b>Número de frutos por unidad de superficie (frutos/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Número de frutos por planta</b>	<b>Peso medio de fruto (g)</b>
<b>20 plantas</b>	19.42 a*	0.97 a	213 a	11.0 a	91 a
<b>16 plantas</b>	19.19 a	1.20 a	180 b	12.0 a	107 a
<b>12 plantas</b>	14.12 b	1.18 a	139 c	12.0 a	102 a
<b>DMS</b>	4.37	0.3	25	1.73	22.5

\* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey  $\alpha= 0.05$ ). DMS. Diferencia Mínima Significativa.

#### **6.1.2.7. Análisis de las densidades de población para la variedad Moctezuma**

En los análisis de varianza para las densidades de población de la variedad Moctezuma (tipo saladette y hábito indeterminado) con despunte a tres y dos racimos (Cuadros 19 y 20), hubo diferencias altamente significativas en el rendimiento y número de frutos por unidad de superficie. El rendimiento por planta fue altamente significativo y el número de frutos por planta significativo entre densidades con despunte a dos racimos, pero no hubo diferencias estadísticas para estas variables con plantas despuntadas a tres racimos. Para el peso medio de fruto con despunte a tres racimos si hubo diferencia significativa entre densidades, no así para las densidades con despunte a dos racimos por planta.

**Cuadro 19. Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Moctezuma a tres racimos**

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios				
		Rendimiento por unidad de superficie	Rendimiento por planta	Número de frutos por unidad de superficie	Número de frutos por planta	Peso medio de fruto
<b>Bloque</b>	3	3.96	0.068	675	9	0.03333
<b>Densidad</b>	2	198.96**	0.113	21501**	7	0.24*
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		9.52	9.83	7.00	8.83	4.41

\* significativo  $\alpha=0.05$ . \*\* altamente significativo  $\alpha=0.01$ . G.L. grados de libertad.

**Cuadro 20. Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes, considerando el factor densidad para la variedad Moctezuma a dos racimos**

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados Medios				
		Rendimiento por unidad de superficie	Rendimiento por planta	Número de frutos por unidad de superficie	Número de frutos por planta	Peso medio de fruto
<b>Bloque</b>	3	1.61	0.01	188	0.67	0.06411
<b>Densidad</b>	2	50.30**	0.09*	6974**	4**	0.05508
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		7.61	8.61	4.09	4.22	5.09

\* significativo  $\alpha=0.05$ . \*\* altamente significativo  $\alpha=0.01$ . G.L. grados de libertad.

De acuerdo a las pruebas de comparación de medias para la variedad Moctezuma (Cuadros 21 y 22), se observa lo siguiente:

Con despunte a tres racimos, el rendimiento por unidad de superficie alcanza casi al doble con la densidad a 13 plantas/m<sup>2</sup> (29 kg·m<sup>-2</sup>), respecto a 7 plantas/m<sup>2</sup> (15.5 kg·m<sup>-2</sup>), debido principalmente a que se duplicó también el número de fruto, aunque el peso medio de fruto se vio disminuido significativamente de 116 a 104 g. El rendimiento entre

las densidades 10 y 7 plantas/m<sup>2</sup> fue estadísticamente igual y significativo entre número de frutos y peso medio de fruto. Entre mayor fue la densidad mayor fue el número de frutos, pero el peso medio de fruto fue estadísticamente igual entre las densidades a 13 y 10 plantas/m<sup>2</sup> y significativo a 7 plantas/m<sup>2</sup>, con una diferencia de 15 g menos en promedio. Entre densidades, el rendimiento por planta y número de frutos por planta fue estadísticamente igual.

En el tratamiento con despunte a dos racimos por planta, el rendimiento para las densidades 20 y 16 plantas/m<sup>2</sup> fue estadísticamente igual con 24 y 23 kg·m<sup>-2</sup>, respectivamente. El número de frutos por unidad de superficie se incrementó al aumentar la densidad y el peso medio de fruto fue estadísticamente igual. El rendimiento por planta y número de frutos por planta fue estadísticamente igual entre las densidades a 12 y 16 plantas/m<sup>2</sup>.

Con la conducción a tres racimos por planta y 13 plantas/m<sup>2</sup>, la variedad Moctezuma rindió 10 kg·m<sup>-2</sup> y 70 frutos/m<sup>2</sup> más que la variedad Serengeti con un peso medio de fruto muy similar, por lo que se considera el mejor tratamiento entre las variedades de tipo saladette y, por lo tanto la mejor propuesta de producción comercial para variedades de tipo saladette.

**Cuadro 21. Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Moctezuma a tres racimos**

	Rendimiento por unidad de superficie (kg m <sup>-2</sup> útil)	Rendimiento por planta (kg)	Número de frutos por unidad de superficie (frutos/m <sup>2</sup> )	Número de frutos por planta	Peso medio de fruto (g)
<b>13 plantas</b>	29.28 a*	2.25 a	281 a	22 a	104 b
<b>10 plantas</b>	19.51 b	1.95 a	193 b	20 a	101 b
<b>7 plantas</b>	15.58 b	2.23 a	136 c	20 a	116 a
<b>DMS</b>	4.43	0.46	31.36	4	10.2

\* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey  $\alpha= 0.05$ ). DMS. Diferencia Mínima Significativa.

**Cuadro 22. Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes por unidad de superficie y planta, para densidades de población en la variedad Moctezuma a dos racimos**

	Rendimiento por unidad de superficie (kg m <sup>-2</sup> útil)	Rendimiento por planta (kg)	Número de frutos por unidad de superficie (frutos/m <sup>2</sup> )	Número de frutos por planta	Peso medio de fruto (g)
<b>20 plantas</b>	24.24 a*	1.21 b	248 a	12.5 b	98 a
<b>16 plantas</b>	23.33 a	1.46 ab	227 b	14.5 a	103 a
<b>12 plantas</b>	17.70 b	1.48 a	168 c	14 a	105 a
<b>DMS</b>	3.59	0.26	19	1.25	11.2

\* Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey  $\alpha= 0.05$ ). DMS. Diferencia Mínima Significativa.

## 6.2. Experimento 2

### Comparación del rendimiento y sus componentes en 12 variedades de jitomate despuntadas a tres racimos

Como ya se indicó en materiales y métodos, se escogieron en este experimento siete variedades de tipo saladette y cinco de tipo bola, todas de hábito determinado para compararlas en rendimiento y sus componentes con el sistema de tres racimos usando la densidad que mejor resultó del primer experimento.

#### 6.2.1. Análisis de varianzas

En los análisis de varianzas (Cuadro 23), se observa que hubo diferencias altamente significativas en el rendimiento por unidad de superficie y sus dos componentes entre plantas de jitomate manejadas a tres racimos y una densidad de 13 plantas/m<sup>2</sup>.

**Cuadro 23. Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes en jitomate, considerando el factor variedad**

Fuente de variación	G.L.	CUADRADOS MEDIOS		
		Rendimiento por unidad de superficie	Número de frutos por unidad de superficie	Peso medio de fruto
<b>Bloque</b>	3	12.16	434	61.37
<b>Variedad</b>	11	53.89**	3342**	8225.73**
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		10.80	10.04	7.14

\* significativo  $\alpha=0.05$ . \*\* altamente significativo  $\alpha=0.01$ . G.L. grados de libertad.

### 6.2.2. Pruebas de comparación de medias

En el Cuadro 24, se observó que con excepción de la variedad DRD8551 (tipo saladette), todas las variedades de tipo bola rindieron significativamente más que el resto de las tipo saladette. Todas las tipo bola resultaron estadísticamente iguales en rendimiento, número de frutos y peso medio de fruto. Entre variedades tipo saladette sobresalió la variedad DRD8551 con un rendimiento numéricamente superior, aunque estadísticamente igual de las variedades tipo bola, con un mayor número de frutos que todas las variedades, aunque entre las saladettes sólo difirió estadísticamente. Además presentó un peso medio de fruto sobresaliente para una variedad tipo saladette, 137 g por fruto, valor significativamente mayor a todas las variedades tipo saladette, excepto la variedad Nabateo que alcanzó un valor de 118 g por fruto.

**Cuadro 24. Pruebas de comparación de medias de rendimiento y sus componentes en jitomate por unidad de superficie, para variedades con nivel de despunte a tres racimos y a 13 plantas/m<sup>2</sup>**

<b>VARIEDAD</b>	<b>Rendimiento por unidad de superficie (kgm<sup>-2</sup> útil)</b>	<b>Número de frutos por unidad de superficie (frutos/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Peso medio de fruto (g)</b>
<b>DRD8551 Saladette</b>	26.84 a	197 a	137 bc
<b>Suzan Bola</b>	25.86 ab	131 de	197 a
<b>3088 Bola</b>	25.51 ab	129 de	198 a
<b>29025 Bola</b>	24.97 ab	127 de	197 a
<b>29024 Bola</b>	22.91 abc	105 e	219 a
<b>40317 Bola</b>	22.02 abcd	143 cde	153 b
<b>Nabateo Saladette</b>	20.89 bcd	177 abc	118 cd
<b>Recova Saladette</b>	19.03 cd	191 a	100 d
<b>Regidor Saladette</b>	18.42 cd	185 ab	100 d
<b>Caporal Saladette</b>	17.7 cd	164 abcd	108 d
<b>Serengueti Saladette</b>	17.45 cd	160 abcd	109 d
<b>Pony express Saladette</b>	16.67 d	152 bcd	110 d
<b>DMS</b>	5.77	38.62	25.77

Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey  $\alpha=0.05$ ). DMS. Diferencia Mínima Significativa.

De acuerdo con análisis de datos de más de 10 años para el precio del jitomate en la Central de Abastos del D.F., obtenidos del Sistema Nacional de Información de Mercados (Aserca, 2014), el precio promedio de venta anual por kilogramo (y por lo tanto de compra) del jitomate bola es unos cuatro pesos superior al del saladette. De acuerdo con los resultados obtenidos en este experimento, las variedades de tipo bola rinden en promedio más que las saladettes con costos de producción similares.

## 7. CONCLUSIONES

### 7.1. Experimento 1

En un primer experimento donde se compararon el rendimiento y sus componentes en cuatro variedades de jitomate contrastantes en su tipo de fruto y hábito de crecimiento: Imperial (tipo bola indeterminado); Pick Ripe (tipo bola determinado); Moctezuma (tipo saladette indeterminado) y Serengueti (tipo saladette determinado), sometidos a dos niveles de despunte y tres densidades de población, dentro de cada nivel de despunte se puede concluir lo siguiente:

1. Las variedades tipo bola rindieron en promedio 30 % más que las variedades tipo saladette, al tener frutos de mayor peso y un número similar de frutos por unidad de superficie.
2. Para un mismo tipo de fruto, las variedades de crecimiento indeterminado rindieron más que las de crecimiento determinado.
3. El rendimiento promedio para cada variedad según su tipo de fruto y hábito de crecimiento fue estadísticamente igual entre los niveles de despunte a dos y tres racimos; sin embargo, el ciclo de cultivo de trasplante a fin de cosecha se acortó en una semana con el manejo a dos racimos por planta, lo que potencialmente podría permitir cuatro ciclos de cultivo al año contra sólo tres ciclos con el despunte a tres racimos.

4. Las densidades que produjeron el mayor rendimiento en las variedades tipo bola, fueron las más altas para cada nivel de despunte (20 plantas/m<sup>2</sup> útil para despunte a dos racimos y 13 plantas/m<sup>2</sup> útil para despunte a tres racimos), aunque con una disminución significativa del peso medio de fruto.

5. Las densidades que generan mejor rendimiento sin afectar negativamente el peso medio de fruto son de 16 plantas/m<sup>2</sup> útil para el despunte a dos racimos y 10 plantas/m<sup>2</sup> útil para el despunte a tres racimos. Sin embargo, la variedad Moctezuma de crecimiento indeterminado en el nivel de despunte a tres racimos presentó el mayor rendimiento a 13 plantas/m<sup>2</sup> sin una disminución importante del peso medio de fruto.

## **7.2. Experimento 2**

En un segundo experimento, donde se compararon el rendimiento por unidad de superficie y sus componentes (número de frutos y peso medio de fruto) en doce variedades de jitomate con hábito de crecimiento determinado y distintos tipos de fruto (bola y saladette), con manejo de despunte a tres racimos por planta y densidad de población de 13 plantas/m<sup>2</sup> útil, que fue la combinación de despunte y densidad que produjo los más altos rendimientos por unidad de superficie en el primer experimento.

De este experimento se puede concluir que:

1. En promedio, las variedades de tipo bola rindieron más que las de tipo saladette.

2. Las variedades rindieron estadísticamente igual dentro de cada tipo de fruto (bola y saladette), con excepción de DRD8551 de tipo saladette que sobresalió entre todas las de su tipo de fruto, obteniendo un rendimiento similar al de las variedades tipo bola y un tamaño de fruto superior a las demás de tipo saladette (137 g), exceptuando a Nabateo (118 g).

## 8. RECOMENDACIONES

### 8.1. Experimento 1

1. Entre las variedades tipo bola evaluadas, estadísticamente el rendimiento de Pick Ripe ( $25.8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  útil) resultó igual a Imperial ( $29.6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  útil), pero desde un punto de vista económico y dada la fuerte tendencia a diferir, se mantiene la recomendación de usar la variedad Imperial manejado con despunte a tres racimos a la densidad de 13 plantas/ $\text{m}^2$  útil para maximizar el rendimiento, esto, debido a que se observan mayores rendimientos y peso medio de fruto con respecto a cualquiera de los tratamientos con plantas despuntadas a dos racimos.
2. Para un manejo a dos racimos la variedad Serengueti debería producirse a una densidad de 16 plantas/ $\text{m}^2$  útil, ya que al tener en promedio el mismo rendimiento que a 20 plantas/ $\text{m}^2$  los costos de producción disminuirían al utilizar menor número de semilla por unidad de superficie.
3. Para la variedad Moctezuma lo más recomendable a escala comercial es un manejo a tres racimos por planta y densidad de 13 plantas/ $\text{m}^2$ , esto por los altos rendimientos obtenidos.
4. Para la misma variedad Moctezuma con despunte a dos racimos por planta, el rendimiento para las densidades 20 y 16 plantas/ $\text{m}^2$  fue estadísticamente igual con 24 y 23  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , respectivamente, basándose en estos resultados se recomendaría producir

comercialmente con la densidad intermedia de 16 plantas/m<sup>2</sup> de superficie útil para bajar costos de producción.

5. Las densidades que produjeron el mayor rendimiento en las variedades tipo bola, fueron las más altas para cada nivel de despunte (20 plantas/m<sup>2</sup> útil para despunte a dos racimos y 13 plantas/m<sup>2</sup> útil para despunte a tres racimos), aunque con una disminución significativa del peso medio de fruto. Por ello debe evaluarse en términos económicos, definidos por el mercado, si resultaría conveniente usar una densidad menor, que aunque produzca menos rendimiento presente mayor peso y tamaño de fruto, lo que favorece un mayor precio por kg producido.

## **8.2. Experimento 2**

Las variedades de tipo bola rinden en promedio más que las saladettes con costos de producción similares; por lo tanto, se recomienda para productores que quieran involucrarse con estos sistemas de producción de despuntes tempranos, usar las variedades tipo bola ya que podrán obtener más rendimiento anual y mejor precio de venta, aún considerando que el mercado para el jitomate bola es más restringido.

En el caso particular de productores, que por alguna razón particular quieran manejar estos sistemas con variedades tipo saladette, se les puede recomendar la variedad DRD8551, en tanto no se hagan pruebas de rendimiento con otras variedades de este tipo de fruto.

## 9. LITERATURA CITADA

- AMPHAC. 2014. Asociación Mexicana de Horticultura Protegida A.C. (AMPHAC). <http://www.amhpac.org/es/index.php/homepage/agricultura-protegida-en-mexico> (Consultada el 26 de mayo de 2014).
- ASERCA. 2014. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA). <http://www.aserca.gob.mx/comercialización/PYP/HortalizasNacional/> (Consultada el 26 de mayo de 2014).
- ATHERTON, J. G.; HARRIS, G. P. 1986. Flowering. *In*: The tomato crop. Atherton, J. G. and J. Rudich (eds). Chaman and Hall. Londres Inglaterra pp. 167-200.
- BASTIDA CAÑADA, O. A. 2012. Métodos de Cultivo Hidropónico de jitomate bajo invernadero basados en doseles escaleriformes. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia UACH. Chapingo, Méx. 115 p.
- BERNABE, A.; SOLÍS, V. 1999. Evaluación del rendimiento, calidad, precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero en Chapingo. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 85 p.

- CANCINO B., J. F. 1990. Efectos del despunte y densidad de población sobre dos variedades de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en hidroponía bajo invernadero. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México.
- CANCINO B., J.; SÁNCHEZ DEL C., F.; ESPINOSA R., P. 1991. Efectos del despunte y densidad de población sobre dos variedades de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en hidroponía bajo invernadero. Revista Chapingo 73-74: 26-30.
- CASTELLANOS, J. 2007. Perspectivas de la agricultura protegida en México. *In*: Segunda Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Disponible en: [http://www.rniaf.org.mx/2007/memoria/ponencias/protegida/p4\\_perspectivas1.pdf](http://www.rniaf.org.mx/2007/memoria/ponencias/protegida/p4_perspectivas1.pdf). Guadalajara, México.
- 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.
- CHARLES-EDWARDS, D. A.; DOLEY, D.; RIMMINGTON, G. M. 1986. Modelling Plant Growth and Development. Academic Press. Sydney, Australia. 235 p.

- CRUZ A., E. L. 2003. Densidades de población y altura entre tinas en dosel escaleriforme de jitomate en hidroponía. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México.
- ESCALANTE, G. A. 1989. Evaluación de cinco variedades de jitomate en hidroponía bajo invernadero rústico. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México.
- FAOSTAT. 2014. Food and Agriculture Organization Statistics (FAOSTAT). <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (Consultada el 26 de mayo de 2014).
- FISHER, K. J. 1977. Competition effects between fruit trusses of the tomato plant. *Scientia Horticulturae* 7: 37-42.
- GARDNER, F. P.; PEARCE, R. B.; MITCHEL, R. L. 1995. *Physiology of Crop Plants*. Iowa State University Press. Iowa, EUA. 327 p.
- GONZÁLEZ I., A. 1991. El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), aspectos relevantes para su cultivo en México. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 85 p.

- HERNÁNDEZ, G., A. 1993. Evaluación de tres densidades y dos tipos de poda en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Hidroponía bajo Invernadero. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 76 p.
- HEWITT, J. D.; MARRUSH, M. 1986. Remobilization of non structural carbohydrates from vegetative tissue to fruits in tomato. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111(1): 142-145.
- HO., L. C. 1984. Partitioning of assimilates in fruit tomato plants. Plant Growth Regulation. 2: 277-285.
- HURD, R.G.; COOPER, A. J. 1970. The effect of early low temperature treatment on yield of single inflorescence tomatoes. Journal Hort. Sci. 45: 19-27.
- HURD R. G.; MOUNTFIEL, A.C. 1979. The effect of partial flower removal on the relation between root, shoot and fruit growth in the indeterminate tomato. Ann. Appl. Biol. 93: 77-89.
- JANICK, J. 1965. Horticultura Científica e Industrial. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 564 p.

- JARVIS, R.W. 1998. Control de Enfermedades en Cultivos de Invernadero. Mundi-Prensa. Madrid, España. 334 p.
- JONES, J. B. 1999. Tomato Plant Culture: In the field greenhouse and home garden. CRC Press LLC, Inc. Boca Ratón. Florida. USA. 199 p.
- LAWLOR, D. W. 1993. Photosynthesis: molecular, physiological and environmental processes. Longman Scientific and Technical. Londres, Inglaterra. 318 p.
- MAROTO B., J. V. 1986. Horticultura herbácea especial. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 589 p.
- MCAVOY, R. J.; JANES, 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.
- MÉNDEZ GALICIA T.; SÁNCHEZ DEL CASTILLO, F. 2005. Doseles escaleriformes de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) orientados en dirección este-oeste. Revista Chapingo: Serie Horticultura 11(1): 185-192.
- MENDOZA O., L. E. ORTIZ C., J. 1973. Estimadores del área foliar e influencia del espaciamiento entre surcos, las densidades siembra y la fertilización sobre

el área foliar, en relación con la eficiencia en la producción de grano en dos híbridos de maíz. *Agrociencia*. 7: 57-72.

MITCHELL, R. L. 1970. *Crop Growth and Culture*. The Iowa State University Press. 349 p.

NUEZ, F. 2001. *El cultivo del tomate*. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. 793 p.

PAPADOPOULOS, A. P.; ORMROD P, D. 1990. Plant spacing effects on yield of the greenhouse tomato. *Canadian Journal of Plant Science*. 70(2): 565-573.

PASTOR ZARANDONA, O. A. 2014. *Disposiciones de Plantas, Cultivares, y Densidades de Población en la Producción Hidropónica de Jitomate*. Tesis de Maestría en Ciencias. Departamento de Fitotecnia UACH. Chapingo, Méx. 95 p.

PEARCE, R. B.; BROWN, R. H.; BLASER, R. E. 1965. Relationships between leaf area index, light interception and net photosynthesis in orchardgrass. *Crop Sci*. 5: 553-556.

PICKEN, A.; STEWART, K.; KLAPWIJK, D. 1986. Germination and vegetative development, pp. 110-166. *In*:. *The Tomato Crop*. Atherton, J. G. and J. Rudich (eds.). Chapman and Hall. London, England.

PONCE O., J. 1995. Evaluación de diferentes densidades de plantación y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponía. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo. 96 p.

PROMÉXICO. 2014. Pro México. [http://www.promexico.gob.mx/es\\_mx/promexico/Agroalimentario](http://www.promexico.gob.mx/es_mx/promexico/Agroalimentario) (Consultada el 26 de mayo de 2014).

REGALADO O., M. DEL C. 2002. Valoración de características morfológicas y anatómicas de 10 cultivares de jitomate en hidroponía bajo invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias. Departamento de Fitotecnia UACH. Chapingo. México. 161 p.

RESH, H. M., 2001. Cultivos Hidropónicos. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España. 558 p.

RODRÍGUEZ, R. R. 1984. Cultivo Moderno del Jitomate. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 206 p.

SAGLAM, N.; YAZGAN, A. 1995. The effects of planting density and the number of trusses per plant on earliness, yield and quality of tomato grown under unheated high plastic tunnel. Acta Horticulturae 412: 258-267.

SÁNCHEZ DEL C., F. 1994. Relaciones entre fuente y demanda en jitomate manejado con despuntes y altas densidades de población. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 111 p.

SÁNCHEZ DEL C., F. 1997. Valoración de características para la formación de un arquetipo de jitomate apto para un ambiente no restrictivo. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 189 p.

SÁNCHEZ DEL C., F.; ESCALANTE R. 1989. Hidroponía un sistema de producción. UACH. Chapingo, México. 194 p.

SÁNCHEZ DEL C., F.; CORONA S., T. 1994. Evaluación de cuatro variedades de jitomate bajo un sistema hidropónico a base de despuntes y altas densidades. Revista Chapingo Serie Horticultura 1(2): 109-114.

SÁNCHEZ DEL C., F.; PONCE, O. J. 1998. Densidades de población y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. Revista Chapingo, Serie Horticultura 4(2): 89-94.

SÁNCHEZ DEL C., F.; ORTÍZ C., J.; MENDOZA C., C.; GONZALEZ V., H.; BUSTAMANTE O., J. 1998. Physiological and agronomical parameters of

tomato in two new production systems. Revista Fitotecnia Mexicana 21: 1-13.

SÁNCHEZ DEL C., F.; ORTÍZ C., J.; MENDOZA C., C.; GONZÁLEZ H., V.; COLINAS L., T. 1999. Características morfológicas asociadas con un arquetipo de jitomate apto para un ambiente no restrictivo. Agrocienca 33(1): 21-29.

SÁNCHEZ DEL CASTILLO, F.; MORENO PÉREZ, E. DEL C.; COATZÍN RAMÍREZ, R.; COLINAS LEÓN MA. T.; PEÑA LOMELÍ, A. 2010. Evaluación agronómica y fisiotécnica de cuatro sistemas de producción en dos híbridos de jitomate. Revista Chapingo, Serie Horticultura. Vol. 16(3): 207-214.

SÁNCHEZ DEL CASTILLO, F.; MORENO PÉREZ E. DEL C.; CONTRERAS MAGAÑA, E. 2012. Development of alternative commercial soilless production systems I: Tomato. Acta Horticulturae 947: 179-187. (Proceedings of the Second International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics).

SERRANO C., Z. 1978. Cultivo de Hortalizas en Invernaderos. Editorial AEDOS. Barcelona, España. 431 p.

SERRANO C., Z. 1994. Construcción de Invernaderos. Ed. Mundi-Prensa. 445 p.

- SHISHIDO, Y.; SEYAMA, N.; IMADA, S.; HORI, Y. 1989. Carbon budget in tomato plants as affected by night temperature evaluated by steady state feeding with CO<sub>2</sub>. *Annals of Botany* 63(3): 357-367.
- SHOLTO, D. J. 1976. *Advanced guide to hydroponics*. Drake Publishers, Inc. New York. USA. 333 p.
- SIAP. 2013. Servicio de Información Agroalimentaria Y Pesquera (SIAP). <http://www.siap.gob.mx/> (Consultada en noviembre de 2013).
- SLACK, G.; CALVERT, A. 1977. The effect of truss removal on the yield of early sown tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 52: 309-315.
- SONNEWALD, W.; WILLMITZER, L. 1992. Molecular approaches to sink-source interactions. *Plant Physiology* 99: 1267-1270.
- SOBRINO I., A. 1989. *Tratado de Horticultura Herbácea. Hortalizas de Flor y de Fruto*. Editorial AEDOS. Barcelona, España. 352 p.
- UCAN CH., I. 1999. Efecto del Manejo de Relaciones Fuente-demanda sobre el Tamaño del Fruto de Jitomate. Tesis de Maestría en Ciencias.

Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 92 p.

UCAN CH., I.; SÁNCHEZ DEL C., F.; CORONA S., T.; CONTRERAS M., E. 2005. Efecto del manejo de relaciones fuente-demanda sobre el tamaño de fruto de jitomate. *Fitotecnia Mexicana* 28(1): 33-38.

URRESTARAZU, M. 2004. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. 347 p. *In*: M. Urrestarazu (ed.). Tratado de cultivo sin suelo. 3ª Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

VAN DE VOOREN, J. G., WELLES, W. H.; HAYMAN, G. 1986. Glasshouse Crop Production, pp. 581-623. *In*: The Tomato Crop. Atherton, J. G.; Rudich, J. (eds). Chapman and Hall. London, England.

VÁZQUEZ RODRÍGUEZ J. C.; SÁNCHEZ DEL CASTILLO, F.; MORENO PÉREZ, E. DEL C. 2007. Producción de jitomate en doseles escaleriformes bajo invernadero. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 13(1): 55-62.

VRIESENGA, J. D.; HONMA, S., 1974. Intercalary inflorescence in the tomato. *Journal of Heredity* 65:128-129.

WEREING, P.; PATRICK, J. 1975. Source-sink relations and partition of assimilates. *In*:  
J. P. Cooper Celd, photosynthesis and productivity in different  
environments. Cambridge Univ. Press. 481-499 p.