



Enseñar la explotación de la tierra,
no la del hombre

Universidad Autónoma Chapingo

Departamento de Fitotecnia

Instituto de Horticultura

**Disposición de plantas, cultivares Y
densidades de población en la producción
hidropónica de jitomate.**

Tesis

**Que como requisito parcial
para obtener el grado de:**

Maestro en Ciencias en Horticultura

Presenta:

DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Omar Alonso Pastor Zarandona

Chapingo, Estado de México, Enero de 2014

**Disposición de plantas, cultivares y densidades de población en la
producción hidropónica de Jitomate**

Tesis realizada por el Ing. Omar Alonso Pastor Zarandona, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Horticultura

DIRECTOR:



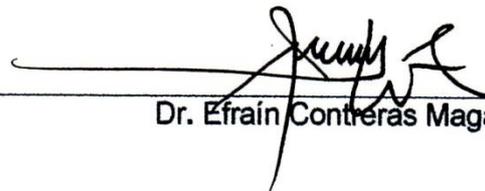
Dr. Felipe Sánchez Del Castillo

ASESOR:



Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez

ASESOR:



Dr. Efraín Contreras Magaña.

Chapingo, Estado de México, Enero de 2014

DEDICATORIAS

Dedico esta investigación con amor a toda mi familia, en especial a mis padres: Rosa María Zarandona Tejeda y José Enrique Pastor Álvarez, que por medio de su cariño, enseñanzas y confianza, me han permitido alcanzar innumerables satisfacciones.

A mis hermano Elías Pastor por su apoyo y ser siempre buen amigo.

A mi esposa Maricela Camacho Amador, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Felipe Sánchez del Castillo, por dirigir la presente tesis profesional, por sus enseñanzas y sus contribuciones a mi formación académica, así como también a los asesores; Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez y Dr. Dr. Efraín Contreras Magaña.

A la institución en la que me he formado profesionalmente, la Universidad Autónoma Chapingo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia.

DATOS BIOGRÁFICOS

Omar Alonso Pastor Zarandona es originario del Distrito Federal, México.

Estudió Ingeniería Agroindustrial en el Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo, generación 2004-2008.

Estuvo a cargo del Departamento de Horticultura Protegida de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Social, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en el periodo 2009 -2011.

En 2012 ingreso a la Maestría en Horticultura del instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo.

ÍNDICE GENERAL:

ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Objetivos.....	19
1.2. Hipótesis.....	19
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	20
2.1. La agricultura protegida y los invernaderos.....	20
2.2. La agricultura protegida y la hidroponía.....	22
2.2.1. Ventajas y desventajas de la hidroponía.....	23
2.3. Importancia del cultivo del jitomate.....	24
2.4. Variedades.....	26
2.5. Sistema convencional de cultivo de jitomate en invernadero.....	28
2.6. Sistema de producción de jitomate basado en despuntes tempranos y altas densidades de población.....	31
2.7. Radiación solar.....	36
2.8. Distribución y orientación de las plantas.....	40
2.9. Dosel vegetal.....	40
2.10. Sistemas de cultivo con dosel en arreglo escaleriforme.....	43

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.1. Ubicación y periodo de los experimentos.....	48
3.2. Experimento 1: Comparación de sistemas de producción escaleriformes.....	48
3.2.1. Material biológico	48
3.2.2. Descripción de los tratamientos y diseño experimental	49
3.2.3. Variables a evaluar	54
3.2.4. Conducción del experimento.....	57
3.2.5. Análisis de la información	58
3.3. Experimento 2: Evaluación de cuatro variedades determinadas tipo bola y cuatro tipo saladete.....	60
3.3.1. Material biológico	60
3.3.2. Descripción de tratamientos y diseño del experimento	63
3.3.3. Variables a evaluar	65
3.3.4. Conducción del experimento.....	66
3.3.5. Análisis de la información	67
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
4.1. Experimento 1. Comparación de sistemas de producción escaleriformes.....	68
4.1.1. Variables morfológicas	68
4.1.2. Indicadores de crecimiento biológico y económico.....	71
4.1.3. Rendimiento y sus componentes.....	74

4.2. Experimento 2. Evaluación de cuatro variedades determinadas tipo bola y cuatro tipo saladete.....	78
4.2.1. Variables morfológicas	78
4.2.2. Rendimiento y sus componentes.....	80
5. CONCLUSIONES	85
6. BIBLIOGRAFÍA	86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estimación de la situación de los invernaderos a inicios del presente siglo	20
Cuadro 2. Superficie de invernadero en México en las últimas décadas	21
Cuadro 3. Producción mundial de tomate para consumo en fresco	25
Cuadro 4. Conversión de metros cuadrados útiles a metros cuadrados en invernadero	57
Cuadro 5. Cuadrados medios y niveles de significancia para variables morfológicas y sus componentes a los 65 días después de siembra.....	68
Cuadro 6. Medias de variables morfológicas y sus componentes de los arreglos de dosel en el promedio de las densidades a los 65 días después de siembra	70
Cuadro 7. Medias de variables morfológicas y sus componentes de las densidades en el promedio de los arreglos a los 65 días después de siembra	71
Cuadro 8. Cuadrados medios y niveles de significancia para indicadores de crecimiento y sus componentes.....	71
Cuadro 9. Medias de indicadores de crecimiento y sus componentes de los arreglos en el promedio de las densidades	73
Cuadro 10. Medias de indicadores de crecimiento y sus componentes de las densidades en el promedio de los arreglos	73

Cuadro 11. Cuadrados medios y niveles de significancia para el rendimiento y sus componentes	75
Cuadro 12. Medias de rendimiento y sus componentes de los arreglos en el promedio de las densidades.....	76
Cuadro 13. Medias de rendimiento y sus componentes de las densidades en el promedio de los arreglos.	77
Cuadro 14. Cuadrados medios y niveles de significancia para variables morfológicas y sus componentes a los 65 días después de siembra.....	78
Cuadro 15. Medias de variables morfológicas y sus componentes para dos tipos de jitomate en el promedio de las variedades a los 65 días después de siembra.....	79
Cuadro 16. Medias de variables morfológicas y sus componentes para las variedades dentro del tipo saladete a los 65 días después de siembra...	79
Cuadro 17. Medias de variables morfológicas y sus componentes para las variedades tipo bola a los 65 días después de siembra	80
Cuadro 18. Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes en diferentes tipos y variedades de jitomate.....	81
Cuadro 19. Medias de rendimiento y sus componentes para dos tipos de jitomate en el promedio de las variedades.....	82
Cuadro 20. Medias de rendimiento y sus componentes para variedades de jitomate tipo bola	83
Cuadro 21. Medias de rendimiento y sus componentes para variedades de jitomate tipo saladete.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de los hábitos de crecimiento indeterminado (a) y determinado (b)	28
Figura 2. Fenología del sistema convencional del cultivo de jitomate en invernadero	30
Figura 3. Sistema de producción con despuntes tempranos, altas densidades y trasplante tardío	36
Figura 4. Sistema de dosel uniforme en alta densidad de población.	44
Figura 5. Sistema de dosel escaleriforme con alta densidad de población	45
Figura 6. Sistema de dosel escaleriforme con plantas despuntadas a 1, 2 y 3 racimos	46
Figura 7. Sistema de dosel en doble escalera con alta densidad de plantación.	47
Figura 8. Dosel en forma de escalera simple	50
Figura 9. Dosel en forma de doble escalera punta	51
Figura 10. Dosel en forma de doble escalera plana	52
Figura 11. Dosel uniforme.....	53
Figura 12. Distribución del experimento en el invernadero	53
Figura 13. Esquema de distribución del arreglo del primer experimento	54
Figura 14. Diseño experimental del segundo experimento	64
Figura 15. Esquema de diseño experimental del segundo experimento	64

Disposición De Plantas, Cultivares Y Densidades De Población En La Producción

Hidropónica De Jitomate

Tomato Production Under Different Ladder-Shaped Canopies And Two Population Densities.

Omar Alonso **Pastor Zarandna**¹ y Felipe **Sánchez del Castillo**²

Resumen	ABSTRACT
<p>Se efectuaron dos experimentos. El objetivo del primero fue comparar el rendimiento por unidad de superficie de tres disposiciones de plantas para la formación de doseles en forma de escalera (escaleriformes) y uno en dosel uniforme, se usaron plantas de jitomate de hábito determinado en condiciones de hidroponía e invernadero, usando dos densidades de plantación (4 y 5 plantas/m de hilera). Se utilizó un diseño de parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones. Se estudiaron características morfológicas, indicadores de crecimiento y variables de rendimiento y sus componentes. Se encontró que los arreglos de dosel escaleriforme rindieron de un 18 a un 21 % más por unidad de superficie que los de dosel uniforme, esto debido a que produjeron mayor cantidad de frutos sin disminuir el tamaño de éstos, El arreglo escaleriforme de doble escalera plana produjo el mismo rendimiento que los otros dos arreglos de ese tipo por lo que se seleccionó como el mejor para el productor por el menor costo de instalación y mayor facilidad de manejo. La densidad que otorgó el mayor rendimiento fue 5 plantas/m de hilera. En el segundo experimento se compararon con el arreglo doble escalera plana y 5 plantas/m de hilera cuatro variedades de jitomate tipo bola y cuatro variedades tipo saladete, todas ellas de hábito determinado para definir con cual tipo y variedad se obtienen los mejores rendimientos. Se utilizó un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones donde las variedades estaban anidadas al tipo de jitomate. Se encontró que los jitomates bola rindieron más que los saladete, debido a que sus frutos fueron más grandes, se recomienda para los tipo saladete al híbrido Nabateo y para los tipo bola a los híbridos Suzan, Pick ripe y el 29024 porque fueron los que obtuvieron mayor rendimiento.</p> <p>Palabras clave: dosel escaleriforme, arreglos de plantación, hidroponía, invernadero. <i>Solanum lycopersicum</i> L.</p>	<p>Two experiments were conducted. The aim of the first one was to compare the yield per unit area of three provisions of plants to form canopies staircase shaped (ladder-like) and another in uniform canopy, tomato plants with determined habit were used in hydroponic and greenhouse conditions using two planting densities (4 and 5 plants/m of row). Split plot design in randomized blocks with four replications was used. Morphological characteristics, growth indicators and variables of yield and their components were studied. We found that arrangements ladder-canopy surrendered from 18 to even 21 % more per unit area than the uniform canopy because they produced more fruit without reducing their size. Arrangement ladder-double flat ladder produced the same performance as the other two arrangements so that was selected as the best producer for the lower cost of installation and ease of handling. The density, which gave the highest yield, was 5 plants/m of row. In the second experiment, double flat staircase arrangement and 5 plants/m of row, four varieties of ball tomato type and four varieties of saladet type were compared, all of them in a determined habit to define which type and variety gives the best yields. Design was used in a randomized block with four replications where the varieties were nested in tomato type. It was found that the ball tomatoes yielded more than the saladete, because their fruits were larger, it is recommended for the saladete type the Nabatean hybrid and for Ball type the Suzan, Pick ripe and 29024 hybrid because they obtained the highest performance.</p> <p>Key words: ladder-shaped canopy, plantation arrangements, hydroponics, greenhouse. <i>Solanum lycopersicum</i> L.</p>

¹ Tesista

² Director

I. INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) es una hortaliza importante en México, siendo la segunda después del chile por superficie sembrada y valor de la producción (Ramos *et al.*, 2006); prueba de ello es que tan solo en 2010 ocupó una superficie de 54 mil hectáreas, con un rendimiento promedio de 51.3 t/ha/año, alcanzando un valor de la producción de 13,146 millones de pesos (SIAP. 2013).

Por otra parte, en México, la horticultura protegida está en amplio crecimiento y desarrollo. En el año de 1980 se reportaron 300 ha con invernadero y casa sombra y en 2008 ya sumaban alrededor de 10,000 ha. Este sistema de producción ha presentado un elevado crecimiento en los últimos años (entre 20 y 25 % anual), lo que ha generado imprecisión en la superficie establecida. La Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación en 2010 reportó 11 760 hectáreas con invernaderos y malla sombra mientras que para el mismo año la Asociación Mexicana de Agricultura Protegida, Asociación Civil censó 15,300 ha (Juárez *et al.*, 2011), siendo importante mencionar que la mayor parte de la superficie con agricultura protegida es sembrada con jitomate.

Además de los invernaderos, otra tecnología que se incluye dentro de la agricultura protegida, es la hidroponía la cual ha sido utilizada en forma comercial desde hace 50 años y se ha adaptado a cultivos bajo condiciones de invernadero. Es importante porque permite cultivar en condiciones donde no existe suelo o es limitante para el desarrollo del cultivo (Espinosa, 2010),

además de que el cultivo hidropónico ofrece grandes ventajas a la raíz como la disposición continua de nutrientes, humedad adecuada y oxigenación (Rietter *et al.*, 2001).

El sistema de Producción de jitomate en invernadero que normalmente se practica en Europa, Estados Unidos y México, consiste en el uso de variedades de hábito indeterminado, en densidades de población que van de 2 a 3 plantas/m², donde los tallos de las plantas se dejan crecer hasta más de 7 m de longitud, para cosechar 15 o más racimos por planta, en un solo ciclo de cultivo por año. Con este sistema de manejo se pueden alcanzar las 300 t/ha/año (Resh, 2004), sobrepasando considerablemente el promedio nacional de 51.3 t/ha/año a cielo abierto (SIAP, 2013).

Aunque con dicho sistema se obtienen buenos resultados, es importante considerar que el ciclo de cultivo es muy largo (10 a 11 meses), con un periodo de inicio a fin de cosecha de 5 a 7 meses (Méndez *et al.*, 2005), lo que provoca que se tengan que mantener a las plantas libres de plagas y en óptimas condiciones todo ese tiempo; además, dicho sistema de producción es altamente tecnificado (Vázquez *et al.*, 2007) y requiere de invernaderos muy altos y de costo elevado.

Por otra parte en este sistema también se tiene el inconveniente de que el índice de área foliar (IAF) óptimo, por la baja densidad de población utilizada, se logra muy lentamente, por lo que en los primeros meses después del trasplante, la radiación solar incidente es subutilizada. (Sánchez *et al.*, 2009).

En la Universidad Autónoma Chapingo, desde hace 20 años se está trabajando en el desarrollo de sistemas de producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero que otorgan al menos el mismo rendimiento anual, pero que son más sencillos de manejar y de menores costos de producción (Méndez *et al.*, 2005). Uno de ellos consiste en conducir las plantas a un solo tallo y despuntarlas a tres racimos por planta. Debido a la poca altura de las plantas lograda con este sistema, el menor rendimiento por planta se puede compensar por el establecimiento de muy altas densidades de población, lo cual es posible porque con el despunte temprano cada planta forma poca área foliar (Sánchez y Ponce 1998).

Dado que con el manejo de plantas despuntadas a pocos racimos el ciclo desde trasplante hasta fin de cosecha se acorta de 10 o más meses a un periodo de 3 a 4 meses (según la edad de la planta al transplante), en un esquema de producción continua, se obtienen más ciclos por año y por lo tanto, mayor productividad anual (Vázquez *et al.*, 2007). Lo corto del ciclo de cultivo permite realizar hasta cuatro ciclos en un año, con lo que se pueden obtener rendimientos de 600 t/ha/año (Méndez *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2010).

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, además se reducen los costos de producción al no requerir invernaderos tan altos y sofisticados (Sánchez *et al.*, 2010).

Sin embargo, aunque existen varias ventajas en este sistema de producción, se han encontrado algunos inconvenientes, ya que, por ejemplo se reporta que cuando se manejan camas de cultivo con cuatro hileras de plantas despuntadas a tres racimos, las dos hileras del centro por el sombreado que sufren por las plantas de las hileras exteriores, tienen rendimientos de 20 a 30 % inferiores al de las hileras de la orillas que tienen el beneficio de recibir más radiación solar debido a los pasillos que hay entre cama y cama (Ucán *et al.*, 2005),

Para buscar una solución a este problema en la Universidad Autónoma Chapingo se han hecho experimentos buscando distribuir más homogéneamente la radiación solar sobre las hileras de plantas mediante su acomodo a diferentes niveles o alturas, lo que da una apariencia de un dosel en forma de escalera (Méndez *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2010; Bastida, 2012). Así al manejar dicho dosel con plantas despuntadas a pocos racimos, se espera una distribución de la radiación fotosintéticamente activa más homogénea por las distintas hojas que conforman el dosel, y con ello lograr un aumento de la tasa de asimilación neta (TAN), es decir de la cantidad de materia seca (g) que se forman por cada metro cuadrado de hoja al día, para un Índice de área foliar (IAF) dado o bien incrementar el IAF aumentando la densidad de población sin disminución de la TAN, situación que puede conducir a un incremento en el rendimiento por unidad de superficie (Sánchez *et al.*, 2009,).

Se ha experimentado con tres modalidades o arreglos de dosel escaleriforme:

1. En camas de 1.2 m de ancho sembrando hileras de plantas de la misma edad, pero cada hilera despuntada a un diferente número de racimos. (Jorge y Sánchez, 2003; Vázquez *et al.*, 2007).
2. Sembrando en camas o en bolsas hileras de plantas que se despuntan a un mismo número de racimos, pero que se van sembrando desfasadas en el tiempo, de tal modo que coexisten hileras de plantas de diferentes edades para formar un dosel en forma de escalera. (Miranda, 2003; Sánchez *et al.*, 2010; Bastida, 2012).
3. Sembrando al mismo tiempo hileras de plantas de la misma edad en tinas colocándolas a diferente altura para formar el dosel en forma de escalera, con las hileras orientadas en dirección este-oeste para formar una escalera simple (Figura 5) y, o en dirección norte-sur para formar una escalera doble (Figura 7) (Mendez *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2010; Bastida, 2012).

De acuerdo con los resultados experimentales reportado por estos últimos autores el mayor rendimiento se ha obtenido en los doseles escaleriformes con hileras de plantas en tinas colocadas a diferente altura, llegando a obtener hasta $26.9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ por ciclo en cuatro meses de trasplante a fin de cosecha.

En sistemas escaleriformes de tinas a diferentes alturas se han probado diferentes densidades de población para plantas despuntadas a tres racimos; las densidades evaluadas han sido de 5 a 7 plantas por m líneaal (20 a 28 plantas por m^2 útil) llegando hasta las 35 plantas por m^2 útil (Méndez *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2010; Bastida, 2012). Aunque con las densidades altas se han reportado mayores rendimientos por unidad

de superficie, el peso medio de fruto ha mostrado tendencia a disminuir y dado que el tamaño de frutos impacta de manera importante en su precio en el mercado se considera importante ajustar bien la densidad de población a manejar con estos sistemas.

Un inconveniente de manejar sistemas de escalera doble y simple a escala comercial es el elevado costo de los contenedores, y sobre todo de las estructuras para sostenerlos así como también de la mano de obra para su instalación. Por ello en el presente trabajo se propone otro sistema de producción escaleriforme más fácil de implementar y a menor costo.

Cabe señalar que los experimentos que se han establecido con sistemas de producción escaleriforme han sido con variedades rezagadas e incluso algunas de éstas ya desaparecieron del mercado y sólo se han evaluado los tipo bola, por lo que en uno de los experimentos de este trabajo se comparan el rendimiento y comportamiento de cuatro cultivares tipo bola y cuatro del tipo saladete, todos de hábito de crecimiento determinado y de introducción reciente.

1.1. Objetivos

Comparar el rendimiento por unidad de superficie que se puede obtener de un ciclo de cultivo de jitomate hidropónico de hábito determinado despuntado a tres racimos por planta bajo invernadero en cuatro sistemas de producción, tres de ellos basados en arreglos de dosel escaleriforme y uno con dosel uniforme.

Definir para cada sistema, la densidad de población que produce el mayor rendimiento por unidad de superficie sin afectar el tamaño de los frutos.

Con el sistema de producción que se obtenga el mayor rendimiento, comparar el rendimiento por unidad de superficie y sus componentes de ocho variedades de jitomate determinado, cuatro de tipo bola y cuatro de tipo saladete.

1.2. Hipótesis

Como resultado de una distribución más uniforme de la radiación fotosintéticamente activa en todo el dosel, los arreglos escaleriformes tendrán un mayor rendimiento por área que el arreglo de dosel uniforme.

El rendimiento por unidad de superficie depende de la variedad pero en general los jitomates tipo bola tienen mayor potencial de rendimiento que los de tipo saladete.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La agricultura protegida y los invernaderos

La agricultura protegida es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. Adicionalmente, se establece que la agricultura protegida ha modificado las formas de producir alimentos y genera múltiples ventajas para los productores (Moreno *et al.*, 2011).

La agricultura protegida tiene importancia a nivel mundial porque aumenta el rendimiento por unidad de superficie, esto al reducir las restricciones del medio, por este motivo se ha intensificado su uso en los últimos años en todo el mundo, prueba de ello es la superficie de destinada para invernaderos (Cuadro 1), siendo China el país con más superficie de invernaderos con 367,000 ha.

Cuadro 1. Estimación de la situación de los invernaderos a inicios del presente siglo

Región	Superficie (ha)
Norte de Europa	17,000
Mediterráneo	95,000
Continente Americano	16,000
Continente Asiático	468,000
Total	596,000

Fuente Jensen, 2004

Por otra parte, en México, el desarrollo de la agricultura protegida se intensificó con el empleo cada vez mayor de estructuras de protección de cultivos, en diferentes sistemas productivos de alto rendimiento, entre ellos la producción de hortalizas tanto hidropónicas como bajo sistemas de fertirrigación, así como en la producción de plantas ornamentales y en los últimos años en la producción de frutillas. Con ello los invernaderos, las casas sombra, los túneles y otras estructuras de protección cobraron gran importancia en la agricultura nacional (Cuadro 2), al grado que su empleo se considera con carácter de política nacional (Bastida, 2011).

También la agricultura protegida contribuye a los polos de desarrollo y en promedio genera de 8 a 10 empleos directos por hectárea (SAGARPA, 2009).

Cuadro 2. Superficie de invernadero en México en las últimas décadas

Año	Superficie (ha)
1980	300
1999	721
2005	3,214
2008	9,948
2013	12,000

Fuente: SAGARPA, 2009 y Ponce, 2013

De todas las estructuras empleadas para proteger a los cultivos, los invernaderos permiten modificar y controlar de forma más eficiente los principales factores ambientales que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales, ya que en su interior se reproducen micro climas artificiales ideales para aumentar los rendimientos, al margen de las condiciones ambientales externas (Bastida, 2011).

Según León (2009) las principales ventajas que existen en los invernaderos son: mejor control de plagas y enfermedades, programación de fecha de cosecha, protección de lluvia, mejores rendimientos y calidad de producto, protección de rayos U.V., mejor control de la humedad y manejo de agua, aumento de los rendimientos en las cosechas, reducción de costos de producción y de manejo del cultivo, mejores precios y mayor precocidad de las cosechas.

Aunque también existen algunas desventajas como: costo inicial alto, mano de obra calificada y mayor control de inocuidad (León, 2009).

2.2. La agricultura protegida y la hidroponía

La denominada agricultura protegida reúne una serie de tecnologías de vanguardia como son los invernaderos y la hidroponía o cultivo sin suelo en la que de forma artificial se regula la nutrición de las plantas; juntas han dado excelentes resultados con producciones muy superiores a las que se obtienen a campo abierto. Además, con estas técnicas, es posible obtener cultivos fuera de temporada sobre todo en ventanas con mejores precios para el productor (Velasco y Nieto, 2006).

La hidroponía es una de las tecnologías que mayor impacto ha tenido en el ámbito productivo, dicho sistema se caracteriza por no requerir del suelo como sistema biótico y de sostén, por lo que presenta una alternativa en los lugares en los que el suelo ha sido muy degradado o que presente muchas deficiencias tanto físicas como químicas, y además permite hacer un uso

más eficaz del agua. Se caracteriza por abastecer el agua y los nutrientes de manera controlada y de proporcionar a las plantas los elementos nutritivos en las concentraciones y proporciones más adecuadas, a través de una solución de elementos minerales esenciales (N, P, K, Ca, Mg, S., etc.) (Espinosa, 2010).

En la hidroponía se utilizan sustratos inertes diferentes al suelo a los que se les adiciona en forma constante una solución nutritiva, preparada a partir de fertilizantes comerciales; con esto se logra un medio que proporciona las condiciones físicas, químicas y sanitarias más adecuadas para el desarrollo de los cultivos (Velasco y Nieto, 2006).

La adecuada implementación de la hidroponía puede implicar ventajas muy importantes para los productores, ya que es posible obtener una mejor producción respecto a cultivar en suelo; sin embargo, como todo, también tiene sus inconvenientes y es que por sí sola no asegura obtener mejores resultados, por lo que se requiere prestar mucha atención y cuidados al cultivo (Miranda *et al.*, 2004).

2.2.1. Ventajas y desventajas de la hidroponía

Según Velasco y Nieto (2006), existen muchas ventajas en cultivar con sistema hidropónico comparado con el sistema tradicional en suelo entre las que destacan: su posibilidad de empleo en regiones del mundo que carecen de tierras cultivables, una utilización más eficiente del agua y fertilizantes, más fácil y bajo costo de desinfección del medio sustrato así como una

mayor densidad de plantación que conduce a un incremento de rendimiento por unidad de superficie.

Por otra parte Sánchez y Escalante (1988), mencionan las siguientes ventajas de este sistema: balance ideal de agua, aire y nutrientes, humedad uniforme, excelente drenaje, permite mayor densidad de población, se puede corregir fácilmente la deficiencia o exceso de algún elemento, se puede obtener un perfecto control de pH, no se depende tanto de los fenómenos meteorológicos, se logra una mayor calidad del producto, se logra mayor precocidad en cultivos, se puede producir varias cosechas en el año, se puede utilizar agua con alto contenido de sales, se tiene mayor limpieza e higiene de los productos, posibilidad de utilizar materiales nativos o de desecho.

Como desventajas destacan el costo inicial alto debido a las inversiones a realizar, de todos modos esto variará dependiendo del sistema elegido y del control que se desee realizar del ambiente de crecimiento. Además requieren amplios conocimientos del manejo del sistema, así como de fisiología y de nutrición vegetal ya que desbalances hormonales causan un efecto inmediato (Sánchez y Escalante, 1998; Gilsanz, 2007).

2. 3. Importancia del cultivo del jitomate

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las especies hortícolas más importantes para el consumo humano, misma que genera importantes ingresos, empleos y un alto valor nutritivo para la dieta. El jitomate es la

hortaliza que ocupa la mayor superficie sembrada en todo el mundo con alrededor de 3,593,490 ha y una producción global de 53,857,000 ton (Velasco y Nieto, 2006), lo que esquivale en promedio 15 t·ha⁻¹.

Actualmente doce son los países que destacan en la superficie destinada a la producción de esta hortaliza, siendo China el principal país productor con una superficie de 1,105,153 ha, y se ha caracterizado por triplicar su superficie en la última década (Namesny, 2004). En cuanto a la producción de jitomate, México se encuentra en el lugar número 10 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Producción mundial de tomate para consumo en fresco

País	Producción de jitomate (toneladas)
China	25,456,211
Estados Unidos	10,250,000
Turquía	9,000,000
India	8,500,000
Italia	7,000,000
Egipto	6,328,720
España	3,600,000
Brasil	3,518,163
Irán	3,000,000
México	2,100,000
Francia	2,000,000
Rusia	1,950,000
Chile	1,200,000
Portugal	1,132,000
Ucrania	1,100,000
Uzbekistan	1,000,000
Marruecos	881,000
Nigeria	879,000
Francia	870,000
Túnez	850,000
Argelia	800,000
Japón	797,600
Argentina	700,000

Fuente: Escalona *et al.*, 2009

En México, el jitomate es la segunda hortaliza más importante por su superficie sembrada; la más importante por su volumen en el mercado nacional, y la primera en su valor de producción. Además su cultivo utiliza una gran cantidad de mano de obra remunerando en beneficio social. A esta hortaliza de fruto se le encuentra en los mercados durante todo el año; su fruto se consume tanto en fresco como procesado y es una fuente rica de vitaminas. A pesar de cultivarse en 27 estados de México, sólo 5 entidades (Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Jalisco y Nayarit) concentran el 74% de la producción, destacando Sinaloa como el principal productor, tanto para abastecer el mercado nacional como el de exportación (Velasco y Nieto, 2006).

El noroeste del país produce una tercera parte del total de tomate para consumo en fresco y el total de la producción de industria. Los rendimientos promedio más altos se obtienen en Baja California y Sinaloa, donde se alcanzan alrededor de $56.3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (SIAP, 2013).

2. 4. Variedades

La creación de nuevas variedades principalmente híbridas han adquirido gran auge en los últimos años, como resultado de nuevas técnicas, de nuevas exigencias agrícolas e industriales y de problemas derivados de la presencia de nuevas enfermedades y plagas. En la actualidad existe un permanente reemplazo de buenas variedades por otras con mejores

atributos, y el ritmo de cambio es tan dinámico que se hace difícil componer una lista de las variedades en uso (Escalona *et al.*, 2009).

El tipo de tomate a sembrar dependerá del propósito de consumo y el mercado de destino; ya que se puede clasificar en tomate de mesa o ensalada y tomate de pasta, industrial o de cocina también llamado saladete. Dependiendo de cuál tipo de tomate se seleccione, la variedad tendrá que cumplir con los requerimientos que el mercado demande, siguiendo características tales como: buena firmeza, buen porcentaje de sólidos solubles, resistencia al manipuleo y al transporte, etc. Además, el productor tiene que seleccionar aquellos materiales que tengan características de tolerancia o resistencia a enfermedades y plagas (Corpeño, 2004).

Otro criterio para decidir la variedad de tomate a sembrar es el hábito de crecimiento de la planta, el cual se clasifica como: Determinado o Indeterminado.

Las plantas de hábito determinado son arbustivas, con un tamaño de planta definido y los racimos aparecen cada una o dos hojas (Figura 1); el crecimiento finaliza, en una inflorescencia, al faltar el brote que lo prolongue tienen períodos restringidos de floración y cuajado. El tamaño de la planta varía según el cultivar, ya que se pueden encontrar plantas compactas, medianas y largas, en donde para las dos últimas clasificaciones se necesita poner tutores (Corpeño, 2004; Nuño 2007).

Las plantas de hábito indeterminado son de crecimiento vegetativo continuo, pudiendo llegar su tallo principal hasta unos 10 metros de largo o más, si es manejado a un solo eje de crecimiento, las inflorescencias aparecen a partir

de la sexta a la novena hoja y de ahí en adelante las siguientes inflorescencias son alternadas con tres hojas (Figura 1), creciendo indefinidamente, florecen y cuajan uniformemente (Escalona *et al.*, 2009). Se eliminan los brotes laterales y el tallo generalmente se enreda en torno a un hilo de soporte. Este tipo de variedades son las más usadas en invernaderos (Corpeño, 2004; Nuño 2007).

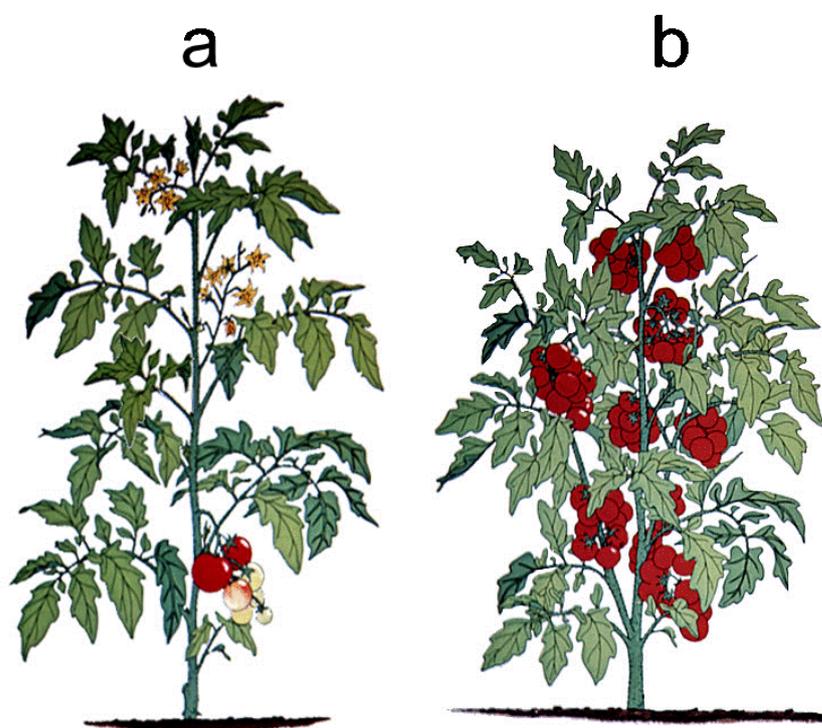


Figura 1. Esquema de los hábitos de crecimiento indeterminado (a) y determinado (b)

2. 5. Sistema convencional de cultivo de jitomate en invernadero

El jitomate bajo invernadero hoy en día se cultiva en muchos países con diferentes niveles tecnológicos y bajo condiciones climáticas diversas. Los

rendimientos más altos se han registrado en los Países Bajos, donde se cultiva una superficie más reducida que en otros países europeos, sin embargo, su productividad es diez veces más que en España o Italia (Jean-Marie, 2007).

En Finlandia, Bélgica y los Países Bajos, el cultivo se maneja en forma intensiva en invernadero, donde los rendimientos pueden llegar a las 500 t·ha⁻¹ por año. En campo abierto, el rendimiento de fruto con producción intensiva con buenas condiciones climáticas se reduce a 100 t·ha⁻¹, destinado principalmente para conservas (Jean-Marie, 2007).

Convencionalmente la producción de jitomate en invernadero se realiza de la siguiente manera:

Primero se siembra en una charola de poliestireno de 200 cavidades en semillero en donde la plántula estará los primeros 30 días, posteriormente se trasplanta en invernaderos que por lo regular tienen más de 5 m de altura. Aproximadamente a los 28 días después del trasplante comienzan a aparecer las flores, las cuales 60 días después darán origen a la cosecha de los primeros frutos (Jaramillo, 2006). El ciclo total del cultivo como normalmente se maneja tiene una duración aproximada de 11 meses (Figura 2).

El trasplante cuando es en suelo se hace en juegos de dos hileras de plantas en camas de 60 cm de ancho con una separación de 50 cm dejando pasillos que varían de 1.10 a 1.80 m, la densidad de población más utilizada está entre las 2.5 y 3 plantas/m². Como normalmente se siembra jitomate de tipo indeterminado es necesario tutorear con hilo rafia, ya que la planta de

jitomate durante su ciclo productivo puede crecer de 7 a 12 m de largo (Nuño, 2007).

La poda es una las actividades que se realizan ya que normalmente se dejan crecer las plantas a un solo tallo para cosechar de cada una de ellas 15 racimos o más. Este sistema de producción se practica en Europa, Estados Unidos y México y se pueden alcanzar las 500 t·ha⁻¹ anuales (Resh, 2004), sobrepasando considerablemente el promedio nacional mexicano de 51.3 t·ha⁻¹ anuales (SIAP, 2013).

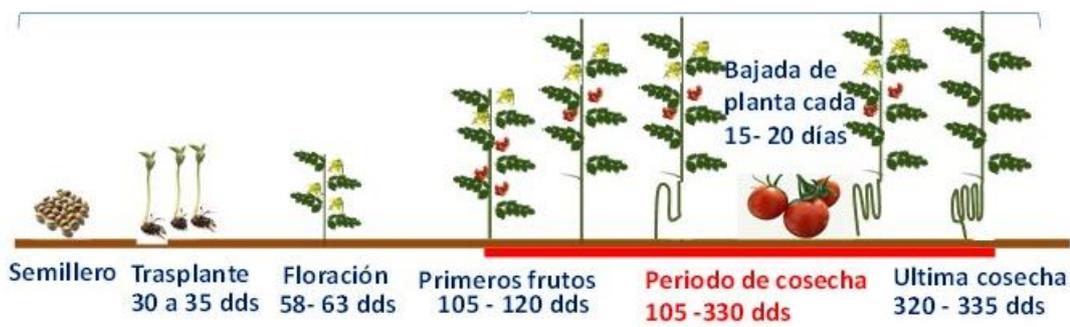


Figura 2. Fenología del sistema convencional del cultivo de jitomate en invernadero

Las principales ventajas de este sistema de producción (un solo ciclo de cultivo de 11 meses) son:

1. Con una población normal en invernadero de 2 a 3 plantas/m² se puede mantener una producción constante para el mercado a lo largo de todo el año (Nuño, 2007).
2. Buena producción por planta; 15 a 25 racimos (Sánchez y Ponce, 1998).

3. Rendimiento de 300 a 500 t·ha⁻¹ anuales (Resh, 2004; Jean-Marie, 2007).

Los principales inconvenientes de este sistema de producción son:

1. Se establece muy lentamente el Índice de área foliar óptimo por lo que en las primeras semanas después del trasplante la energía solar es subutilizada (Sánchez *et al.*, 2009).
2. Costos de producción muy elevados llegando eventualmente a 500,000 dólares por hectárea por año (Méndez *et al.*, 2005; FIRA, 2007).
3. Al ser un ciclo muy largo se tiene que mantener las plantas libres de plagas y en óptimas condiciones todo ese tiempo, además de que este sistema de producción es altamente tecnificado y costoso (Vázquez *et al.*, 2007) normalmente con invernaderos muy altos.
4. Es inconveniente para un mercado donde el precio del producto está fluctuando a lo largo del año, pues en el sistema no hay oportunidad para concentrar la producción en un periodo de tiempo determinado (Vázquez *et al.*, 2007).
5. Problemas de plagas y enfermedades, sobre todo en las etapas más tardías del ciclo de cultivo.

2.6. Sistema de producción de jitomate basado en despuntes tempranos y altas densidades de población

La densidad de plantación puede estar en función de la variedad o cultivar, sistema de cultivo, ciclo de producción o tipo de invernadero, entre otros

factores, de tal forma que, si se establece el cultivo para un ciclo corto y una variedad de crecimiento determinado, normalmente se emplea una densidad alta para conseguir la mayor cantidad posible de producción en un periodo corto de tiempo (Namesny, 2004). La densidad de siembra será, junto con otras técnicas de cultivo, determinante de la intercepción de radiación solar por el cultivo, a fin de convertir la energía solar en biomasa (Castilla, 2001). Optimizar la producción de biomasa mediante una intercepción de radiación adecuada es clave para maximizar la producción cosechable.

La densidad de siembra depende del desarrollo del cultivo, el cual está influenciado principalmente por el cultivar elegido, sus características de crecimiento indeterminado o determinado, poda y en tutorado empleados, disposición y tipo de riego, y climatología del ciclo elegido (Cruz *et al.*, 2003).

Tomando en cuenta las desventajas del sistema convencional, en la Universidad Autónoma Chapingo se han realizado investigaciones para generar sistemas o paquetes tecnológicos que produzcan altos rendimientos, pero que sean más sencillos y de bajo costo, con la finalidad de que los productores de recursos económicos limitados estén en posibilidad de disponer de estas tecnologías y derivar un beneficio importante de pequeñas superficies (Jorge y Sánchez, 2003).

Como resultado de varios de estos trabajos se generó un paquete tecnológico en la Universidad Autónoma Chapingo con un sistema de producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero que consiste en hacer despuntes tempranos para dejar uno, dos o tres racimos por planta. Con ello

se reduce drásticamente la altura de la planta a sólo 50 a 75 cm, lo que permite cultivar en altas densidades de población.

Con este paquete, el rendimiento por unidad de superficie por ciclo es similar al del sistema convencional, pues el menor rendimiento por planta es compensado por la mayor densidad; pero además, el ciclo desde trasplante hasta fin de cosecha se acorta de 10 meses a un periodo de 3 a 4 meses, según el nivel al que se despunte para lograr más ciclos por año y, por tanto mayor productividad anual (Jorge y Sánchez, 2003).

Aunado a estas ventajas en el sistema también se realizan trasplantes tardíos (con plántulas de 45 a 60 días después de la siembra en el almácigo) con el objeto de acortar el periodo del trasplante a la cosecha y obtener la posibilidad de varios ciclos por año y por tanto, una mayor productividad anual (Sánchez y Ponce, 1998; Sánchez *et al.*, 2012) (Figura 3).

Entre las investigaciones realizadas se destacan las siguientes:

Cancino *et al.*, (1990), al trabajar con dos densidades de plantas (9 y 16 plantas/m²) despuntadas a uno, dos y tres racimos, en dos variedades de jitomate, observó que el rendimiento por racimo y por planta se ve disminuido en densidades de 16 plantas/m², pero aumenta todavía el rendimiento por unidad de superficie, lo cual indica que el grado de competencia de las plantas no ha llegado a un punto en que influya negativamente en el rendimiento y calidad de los frutos. Menciona que la causa de la disminución del rendimiento por planta en densidades de 16 plantas/m², fue el amplio IAF del dosel, que originó una mayor competencia

entre plantas por la radiación incidente y por lo tanto, provocó menor producción de asimilados por planta por día.

Sánchez (1997) evaluó dos densidades de población (7 y 18 plantas/m²) de plantas de jitomate despuntadas a un racimo, los resultados mostraron un rendimiento significativamente mayor para la densidad de 18 plantas/m² con un rendimiento de 11.17 kg·m⁻² contra 6.3 kg·m⁻² en la densidad de 7 plantas/m², además no existieron diferencias en el peso medio de frutos entre ambas densidades.

Sánchez y Ponce (1998), en un experimento donde manejaron cuatro densidades de población (6, 12, 16 y 24 plantas/m²) y tres niveles de despunte (1, 2 o 3 inflorescencias) en plantas de jitomate; encontraron que para todos los tratamientos, los primeros racimos presentaron el mayor número de frutos y el mayor rendimiento respecto a los que se cosecharon posteriormente; también concluyeron que debido a lo corto del periodo de inicio a fin de cosecha con este tipo de sistema de despuntes tempranos aunado a trasplantes tardíos, se puede programar la salida al mercado con toda la producción del ciclo, en la ventana de mercado cuando el precio es más alto y favorable para el productor.

Ucán *et al.*, (2005) evaluó cuatro densidades de población (6, 8, 9 y 12 plantas/m²) con despuntes a tres racimos y dos niveles de poda de frutos (dejando 3 o 4 frutos por racimo) y testigo (sin poda). Uso camas de 1.2 m de ancho donde colocó cuatro hileras de plantas a distintas distancias para lograr las densidades deseadas, considerando pasillos entre cada cama de 50 cm de ancho. Encontró que el rendimiento por m² fue significativamente

mayor para la densidad de 12 plantas por m² con un rendimiento de 19.9 Kg m⁻², en cambio el peso medio de fruto fue a la inversa el mayor peso medio correspondió a la densidad 6 plantas por m². Además las plantas de las dos hileras centrales rindieron un promedio de 25 % menos que las plantas que colindaban con los pasillos, esto debido a la mejor intercepción de la RFA por estas últimas.

Como ventajas del manejo de despuntes tempranos y altas densidades de población (Figura 3) se pueden mencionar las siguientes:

1. El sistema de producción basado en despuntes para dejar de uno a tres racimos por planta en altas densidades de población por unidad de superficie concentra la producción en breves intervalos de tiempo que se pueden hacer coincidir con las ventanas en que los precios de venta son elevados (Nuño, 2007).
2. Si se manejan con varios ciclos al año otorgan al menos el mismo rendimiento anual, pero son más económicos de manejar que el sistema convencional (Méndez *et al.*, 2005).
3. Los costos de producción se reducen casi a la mitad al no requerir invernaderos tan altos y sofisticados y, en las condiciones climatológicas favorables de varias zonas del país pueden ser manejados con el mínimo de equipo de control ambiental (Sánchez y Ponce, 1998).
4. El periodo desde el trasplante hasta el fin de la cosecha se reduce de más de 300 días a menos de 100 según el nivel de poda, con poca disminución del rendimiento por ciclo, ya que la alta densidad de

población utilizada compensa la baja producción de cada planta (Méndez *et al.*, 2005).

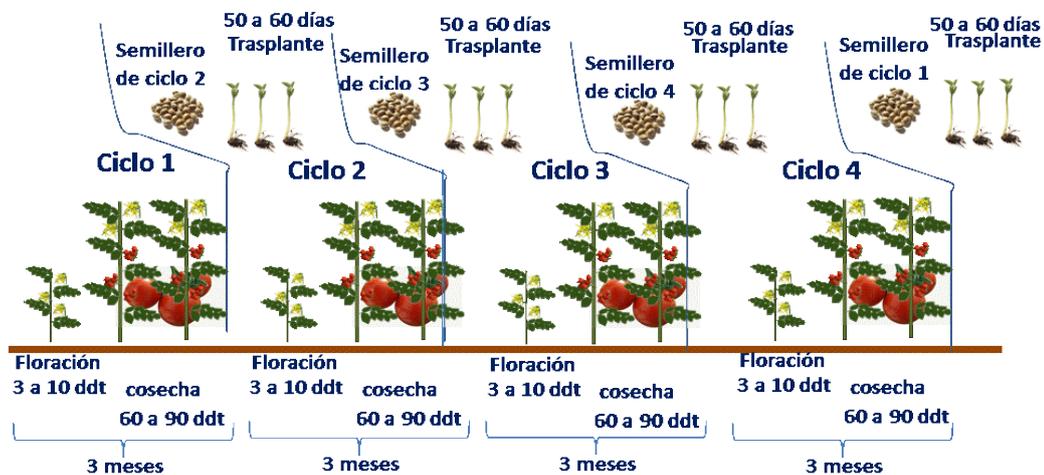


Figura 3. Sistema de producción con despuntes tempranos, altas densidades y trasplante tardío

Los principales inconvenientes de este sistema son:

1. Cuando se cultivan en camas en juegos de cuatro hileras, las plantas de las hileras centrales interceptan menor RFA y rinden de un 20 a 30 % menos que las plantas de las hileras exteriores (Ucán *et al.*, 2005).
2. En altas densidades de población resulta más caro el trasplante y la siembra por el mayor número de semilla (Jean-Marie, 2007).

2.7. Radiación solar

La radiación es la transferencia de energía por ondas electromagnéticas que se producen directamente desde la fuente hacia todas las direcciones. El

Sol es la principal fuente de energía para todos los procesos que ocurren en la Tierra, más del 99,9 % de la energía de la tierra proviene del Sol. Parte de la radiación solar es la luz, llamada también luz visible o luz blanca y se define como aquella parte del espectro de radiación que puede percibir la sensibilidad del ojo humano (Inzunza, 2006).

La radiación solar con longitud de onda entre 360 y 730 nm es la fuente de energía usada por las plantas en el proceso de fotosíntesis mediante el cual producen materia orgánica para crecer y desarrollarse. Parte de esta materia vegetal es el producto aprovechable del cultivo (sea fruto, hoja, tallo o raíz). Así pues, existe una relación directa entre la cantidad de radiación solar que un cultivo ha recibido y la cosecha que se puede obtener de él si se cultiva correctamente (Hernández *et al.*, 2001). Según Flores *et al.*,(2009) más del 80 % del peso seco de una planta se origina del carbono fijado por la fotosíntesis.

Se ha comprobado que, en condiciones de clima favorable, el rendimiento de tomates depende del total de horas de insolación y se ha demostrado que la luz solar de baja intensidad y escasa duración que llega a los invernaderos es el factor que más intensamente limita el crecimiento de las plantas de jitomate (Toovey, 1982; Nuez *et al.*, 2001).

El tomate es exigente en radiación solar; requiere de días soleados (entre 8 a 16 horas de luz) para un buen desarrollo de la planta y poder lograr una coloración uniforme del fruto. La baja irradiancia afecta los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta, y reduce la absorción de agua y nutrientes (Jaramillo *et al.*, 2006).

La orientación del invernadero es un factor que interviene directamente en la captación de radiación y disminución del efecto de sombreo, es importante que los rayos solares caigan la mayor parte del tiempo perpendiculares a la cubierta. También es importante que la cubierta del Invernadero permita la transmisión de por lo menos el 70 % de radiación solar de lo contrario la radiación fotosintéticamente activa (RFA) disminuye (Velasco y Nieto, 2006).

Por otra parte la RFA es la luz que pueden captar las plantas y aprovecharla para producir fotosintatos, influyendo sobre el crecimiento, la productividad y calidad de fruta de las plantas. Está comprendida en el rango 360-730 nm de longitud de onda (Raffo e Iglesias, 2004). La respuesta de las plantas es diferente en función de las diferentes longitudes de onda. La clorofila es el principal pigmento que absorbe la luz, otros pigmentos accesorios son el b - caroteno, compuesto isoprenoide rojo que es el precursor de la vitamina A en los animales y la xantofila, carotenoide amarillo.

Esencialmente toda la luz visible es capaz de promover la fotosíntesis, pero las regiones de 400 a 700 nm son las más eficaces. Así la clorofila pura, tiene una absorción muy débil entre 500 y 600 nm, los pigmentos accesorios complementan la absorción de la luz en esta región, suplementando a las clorofilas, Altos valores de transmisión de radiación fotosintéticamente activa son importantes para la fotosíntesis, hasta umbrales de saturación a partir de los cuales, nuevos incrementos de la radiación no se traducen en aumentos en la tasa fotosintética de las plantas (Iglesias y Muñoz, 2007).

Los componentes de la estructura intervienen de distinta manera en la distribución de la luz dentro del invernadero. La radiación solar transmitida al

interior del invernadero está relacionada tanto a la orientación como a la pendiente de la cubierta los cuales definen el ángulo de incidencia de la radiación sobre la cubierta (Iglesias y Muñoz, 2007).

El tipo de cubierta que se utilice en el invernadero tiene importancia ya que cuando la radiación solar la atraviesa se modifica la proporción entre luz directa y difusa. La radiación difusa es la que proviene de diferentes direcciones al haber sido reflejada, desviada o dispersada, así existen cubiertas con difusores de luz las cuales incrementan la radiación difusa, lo que favorece al cultivo ya que disminuyen la sombra al interior del invernadero (Velasco y Nieto, 2006).

Las distintas zonas latitudinales de la Tierra, desde el ecuador hacia los polos, reciben diferente cantidad de energía solar. La traslación de la Tierra y la inclinación del eje terrestre varían la exposición de las diferentes zonas de la tierra hacia el Sol, haciendo que la cantidad de energía solar sea diferente en todo el planeta (Inzunza, 2006).

La mayor o menor perpendicularidad de los rayos solares varía con la posición del sol con respecto a la tierra y esta depende de la localización geográfica (latitud del lugar), de la época del año y de la hora del día (Hernández *et al.*, 2001). Es por eso que dependiendo de la latitud a la que se ubique un invernadero debe ser su orientación y diseño, además de influir en el acomodo de las plantas en su interior.

En el hemisferio norte los rayos solares en verano incidan más perpendiculares a la superficie que en invierno lo que hace que su

intensidad sea mayor. En invierno, además, los rayos solares deben atravesar mayor espesor de atmósfera terrestre (Hernández *et al.*, 2001).

2.8. Distribución y orientación de las plantas

La distribución de la radiación fotosintéticamente activa en las plantas tiene un efecto sustancial en su crecimiento y desarrollo debido a su influencia en los procesos de biosíntesis, intercambio gaseoso y transpiración (Torrecillas *et al.*, 1999)

Serrano (1978), menciona que para localidades a latitud como la de España, en los cultivos de jitomate en invernadero que se cultivan en épocas de Otoño-Invierno, la dirección que deben llevar las hileras de plantas es Este-Oeste para que, cuando estén tutoradas, reciban durante las horas de luz solar la mayor cantidad de radiación posible. Cuando se trata de cultivar tomates en Primavera- Verano, la dirección que debe darse a las líneas de plantas es la Norte-Sur para evitar quemaduras tanto de la vegetación como de los frutos.

2.9. Dose vegetal

Un dosel vegetal es una eficiente trampa de radiación, ya que captura o absorbe el mayor espectro de radiación incidente; sin embargo, puede verse disminuido por las estructuras epidérmicas de las hojas (pubescencia, tricomas, cutícula, etc.), las cuales modifican la reflectancia foliar,

igualmente la orientación de las láminas foliares y la tonalidad clara u oscura de las hojas permite tener menor o mayor absorbanza de radiación (Gates, 1980).

De acuerdo con Donal y Hamblin (1983) para un índice de área foliar donde se intercepte más del 90 % de la radiación incidente y una misma altura de planta, la mejor distribución de hojas en un dosel será aquella cuyo coeficiente de extinción de luz (K) sea el menor posible, pues así las hojas inferiores aumentan su tasa de fotosíntesis al recibir mayor irradiancia, mientras que las hojas superiores no disminuyen su fotosíntesis al interceptar menor irradiancia.

Debido a que la asimilación de CO₂ resulta de la absorción de energía solar y debido a que la radiación solar se distribuye uniformemente sobre una superficie de terreno, los principales factores que afectan la producción y rendimiento de materia seca total por unidad de superficie son la radiación solar absorbida y la eficiencia de utilización de esa energía para la fijación de CO₂. (Gardner *et al.*, 1990).

Tanto la cantidad como la calidad de la radiación solar cambian con la profundidad en el dosel debido a que la radiación transmitida y reflejada es predominantemente infrarroja (Gardner *et al.*, 1990).

La mayor tasa de fotosíntesis del dosel ocurre cuando la mayoría de las hojas están iluminadas a una irradiancia media que cuando sólo pequeños porcentajes de éstas reciben una intensidad de radiación alta y una mayor porción recibe una irradiancia baja (Sánchez, 1997).

La fotosíntesis de la hoja es más eficiente (CO_2 fijado por unidad de luz incidente) a bajos niveles de radiación. Por lo general las hojas expuestas a la radiación solar directa se encuentran arriba de su punto de saturación por luz. En un dosel plano o uniforme, en ausencia de otros factores limitantes, las hojas de arriba realizan fotosíntesis máxima por estar saturadas por la luz, mientras que las hojas de abajo tienen una fotosíntesis reducida debido al sombreado, lo que limita el aumento de la fotosíntesis total del dosel al incrementar el IAF. Teóricamente un dosel de este tipo podría ser más eficiente (mayor fotosíntesis total por unidad de área de suelo) si la radiación estuviera distribuida más homogéneamente entre todas las hojas. Esto último podría lograrse con un dosel donde las hojas de arriba fueran erectas y las de abajo planófilas con el sol ubicado cerca del zenit (Gardner *et al.*, 1990).

La inclinación de las hojas puede variar en los distintos estratos del dosel. Los doseles con las hojas verticalmente inclinadas en la parte superior del dosel y que gradualmente van siendo más horizontales hacia el interior del mismo se han considerado como los follajes mejor arreglados para máxima fotosíntesis del dosel (Pendleton *et al.*, 1968).

Muchas especies de plantas dicotiledóneas a menudo cambian el ángulo de inclinación de sus hojas en respuesta al sol. Algunas orientan sus hojas perpendicularmente a los rayos solares, otras pueden angular la superficie foliar en relación a la radiación solar directa. Bajo condiciones de nubosidad se ha observado que cultivos como la soya orientan sus hojas perpendicularmente a la parte más brillante del cielo, mientras que

mantienen un ángulo oblicuo con respecto a la insolación directa (Kawashima, 1969).

Con un bajo IAF hay poca sombra entre las hojas, de tal manera que los doseles con hojas horizontales tienen ligera ventaja sobre los basados en hojas verticales debido a mayores irradiancias en la superficie de las hojas; sin embargo, a alto IAF los doseles con hojas verticales tienen ventaja debido a que la luz está distribuida de manera más uniforme sobre el área foliar del dosel; la menor interceptación de radiación por las hojas superiores permite que un mayor porcentaje de luz sea interceptado por las hojas inferiores maximizando la fotosíntesis total del dosel (Loomis y Willians, 1970).

2.10. Sistemas de cultivo con dosel en arreglo escaleriforme

Como ya se señaló; el rendimiento por unidad de superficie con el sistema de despuntes tempranos y altas densidades de población es elevado pero se limita por la heterogénea distribución de la radiación fotosintéticamente activa en el dosel (Méndez *et al.*, 2005), lo que provoca que cuando se cultivan a cuatro hileras las plantas de las hileras centrales interceptan menor RFA y rinden de un 20 a 30 % menos que las de hileras exteriores (Ucán *et al.*, 2005).

La limitación de la RFA según Méndez *et al.*, (2005) se debe a que en el sistema de alta densidad con plantas despuntadas a tres racimos las plantas generalmente se siembran en cuatro hileras orientadas Norte-Sur, quedando el 50 % de éstas con competencia completa por luz (hileras centrales) y 50

% con menor competición (hileras exteriores), las cuales se ven favorecidas por el espacio de los pasillos que se dejan entre cada tina (Figura 4),

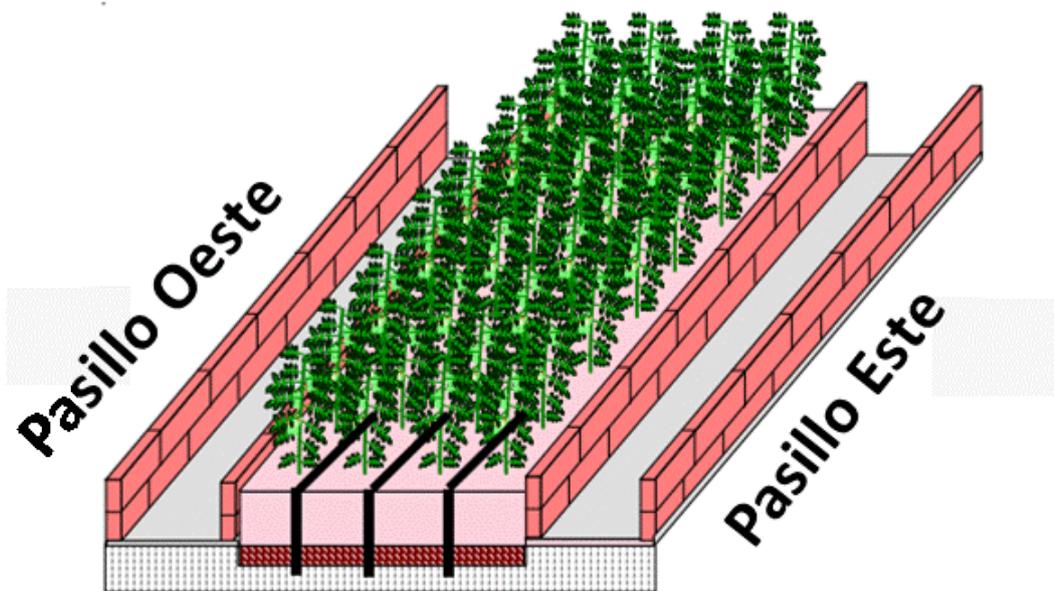


Figura 4. Sistema de dosel uniforme en alta densidad de población.

Fuente: Méndez *et al.*, 2005.

Según Gardner *et al.*, (1990) si la radiación solar se distribuyera más equitativamente entre todas las hojas del dosel se podría lograr mayor producción de materia seca por día y, por lo tanto, mayor rendimiento por unidad de superficie y tiempo.

Según Méndez *et al.* (2005), se han desarrollado estudios a fin de tratar de repartir más equitativamente la radiación solar, bajo el supuesto de que es posible incrementar el rendimiento por unidad de superficie en el cultivo de jitomate mediante la formación de doseles en forma de escalera a partir del manejo de hileras de plantas a diferente altura y orientadas en dirección Este-Oeste, debido a que con ello se puede lograr una distribución más homogénea de la radiación fotosintéticamente activa entre las distintas hojas

que conforman el dosel en relación a las plantas manejadas con doseles uniformes (hileras de plantas a la misma altura), situación que se puede aprovechar para incrementar la densidad de población o, mejor dicho, el número de racimos a cosechar por unidad de superficie en un tiempo dado (Figura 5).

Vázquez *et al.*, (2007), probaron el formar doseles escaleriformes mediante el manejo de hileras de plantas de distintas alturas y con orientación este-oeste, que es el sentido longitudinal de las tinajas, la forma de escalera se logró podando cada hilera de plantas a diferentes alturas y dejando un diferente número de racimos por planta, con esta disposición se lograron cosechar 44 racimos/m², de superficie útil, contra solo 30 racimos en el tratamiento testigo con dosel uniforme y cuatro hileras de plantas manejadas a tres racimos y 10 plantas/m² de superficie útil. Los resultados obtenidos demostraron que las plantas manejadas en dosel escaleriforme rindieron más por unidad de superficie.

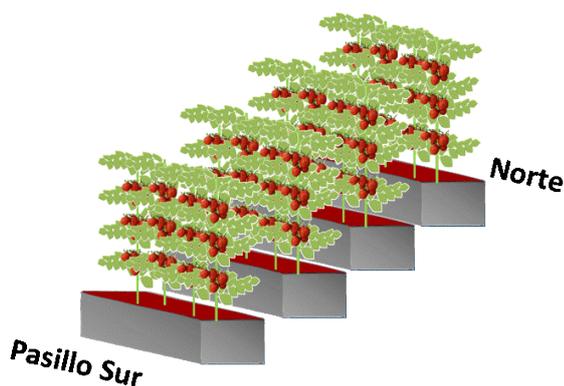


Figura 5. Sistema de dosel escaleriforme con alta densidad de población

Según Jorge y Sánchez, (2003) también se han hecho experimentos para hacer más eficiente la distribución de la radiación al combinar distintas densidades, con diferentes niveles de despunte (de 1 a 3 racimos por planta y sin despunte) y dos arreglos de dosel (uniforme y escaleriforme), encontrando el mayor rendimiento de $24 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, con dosel en forma de escalera distribuidas en cinco hileras por tina, donde la primera y quinta hilera se despuntaron a un racimo, la segunda y cuarta hileras a dos racimos, y la tercera hilera se despuntó a tres racimos (Figura 6).

Méndez *et al.*, (2005), compararon diferentes disposiciones de plantas conformando doseles en forma de escalera y doseles uniformes. Encontraron que, el rendimiento y el índice de área foliar resultaron significativamente mayores utilizando doseles escaleriformes formados con hileras de plantas despuntadas a diferente número de racimos. Concluyen que las plantas manejadas con disposición escaleriforme, rinden más por unidad de superficie que el testigo basado en un dosel uniforme.

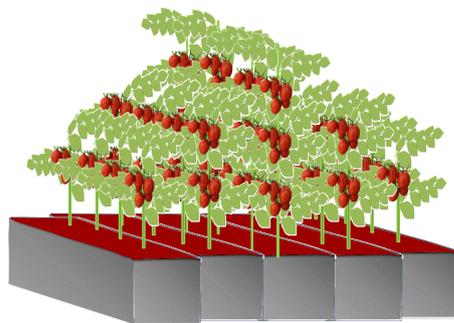


Figura 6. Sistema de dosel escaleriforme con plantas despuntadas a 1, 2 y 3 racimos

Sánchez *et al.*, (2009) y Bastida, (2012), distribuyeron las plantas en juegos de cinco hileras de contenedores rectangulares orientados norte-sur, y colocados a diferente altura para formar un dosel en forma de doble escalera. Concluyeron que las plantas establecidas en un dosel en forma de doble escalera, despuntadas a tres racimos y manejadas en alta densidad, es un sistema que permite obtener alto rendimiento por unidad de superficie y tiempo al aprovechar eficientemente la radiación solar incidente (Figura 7).



Figura 7. Sistema de dosel en doble escalera con alta densidad de plantación.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y periodo de los experimentos

La presente investigación comprendió dos experimentos; el primero se inició en el mes de junio del 2012 y se terminó en el mes de noviembre del mismo año; el segundo comprendió de abril a septiembre de 2013. Ambos experimentos se hicieron en condiciones de invernadero e hidroponía en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo.

3.2. Experimento 1: Comparación de sistemas de producción escaleriformes

3.2.1. Material biológico

Para este experimento se utilizó el híbrido comercial Pick ripe de hábito de crecimiento determinado y fruto tipo bola, el cual es apreciado en el mercado por sus frutos grandes, color uniforme, buen sabor, firmeza y relativamente larga vida de anaquel (Sánchez *et al.*, 2010).

Este híbrido es comercializado por la empresa SEMINIS y es resistente a los virus Rizado Amarillo del Tomate y del Mosaico del Tomate, además de Cáncer de tallo por alternaria, *Verticillium* sp, Mancha gris de la hoja causada por *Stemphylium solani*, y *Fusarium oxisporium* f. sp. (FHIA, 2010).

3.2.2. Descripción de los tratamientos y diseño experimental

Para este experimento se tuvieron ocho tratamientos como resultado de las combinaciones de cuatro disposiciones de plantas en el espacio y dos densidades de población. Para cada tratamiento se hicieron cuatro repeticiones.

Tres de las disposiciones o arreglos de plantas buscaban formar un dosel en forma de escalera (escaleriforme); por lo que las hileras de plantas que los constituían se encontraban a diferentes alturas para facilitar una intercepción más homogénea de la RFA por cada una de ellas. El cuarto arreglo se usó como testigo y consistió en la formación de un dosel uniforme, donde todas las plantas se encontraban a la misma altura.

En todos los tratamientos las plantas fueron despuntadas (eliminación de la yema terminal) dos hojas por encima de la tercera inflorescencia para dejar solo tres racimos por cada planta y detener su crecimiento a menos de un metro de altura.

Como ya se señaló, cada uno de los arreglos fue probado a dos densidades de población (cuatro y cinco plantas por metro lineal de hilera), a continuación se detalla cada uno de los tratamientos:

Tratamiento 1. Dosel en forma de Escalera simple con baja densidad de población: consistió en una unidad experimental formada por cuatro tinajas de lámina galvanizada de un metro de largo por 25 cm de ancho y 25 cm de profundidad colocándolas con una orientación este-oeste a diferentes alturas de forma escalonada, dejando 30 cm de desnivel entre ellas, quedando la

tina inferior del lado sur y la más alta del lado norte. Se dejaron 60 cm de pasillo y se colocaron cuatro plantas por tina para dar un total de 16 plantas por m^2 útil o 10 plantas por m^2 de invernadero considerando los pasillos (Figura 8).

Tratamiento 2. Dosel en forma de Escalera simple con alta densidad de población: consistió en una unidad experimental semejante al tratamiento 1, pero se colocaron cinco plantas por tina para dar un total de 20 plantas por m^2 útil o 12.5 plantas por m^2 de invernadero.



Figura 8. Dosel en forma de escalera simple

Tratamiento 3. Dosel en forma de doble escalera punta con baja densidad de población: Consistió en una unidad experimental formada por cinco tinas de lámina galvanizada de un metro de largo por 25 cm de ancho y 25 cm de profundidad, las tinas se colocaron con orientación norte-sur, formando una doble escalera de dos escalones cada una, encontradas y unidas en la parte superior por un tercer escalón, quedando de esta manera una escalera apuntando al este y otra al oeste, se dejaron 30 cm de

desnivel y 60 cm de pasillo y se colocaron cuatro plantas por tina para dar un total de 20 plantas por m² útil o 11 plantas por m² de invernadero (Figura 9).

Tratamiento 4. Dosel en forma de doble escalera punta con alta densidad de población, Consistió en una unidad experimental semejante al Tratamiento 3, pero se colocaron cinco plantas por tina para dar un total de 25 plantas por m² útil o 13.5 plantas por m² de invernadero.



Figura 9. Dosel en forma de doble escalera punta

Tratamiento 5: Dosel en forma de doble escalera plana en baja densidad: Consistió en una unidad experimental formada por cuatro tinas de lámina galvanizada de un metro de largo por 25 cm de ancho y 25 cm de profundidad, las tinas se colocaron con orientación norte-sur, formando un par de escaleras de dos escalones cada una, encontradas en la parte superior, quedando de esta manera una escalera orientada al este y otra al oeste se dejaron 30 cm de desnivel y 60 cm de pasillo. Se colocaron cuatro plantas por tina para dar un total de 16 plantas por m² útil o 10 plantas por m² de invernadero (Figura 10).

Tratamiento 6: Dosel en forma de doble escalera plana con alta densidad de población, Consistió en una unidad experimental semejante al Tratamiento 5, pero se colocaron cinco plantas por tina para dar un total de 20 plantas por m² útil o 12.5 plantas por m² de invernadero.



Figura 10. Dosel en forma de doble escalera plana

Tratamiento 7: Dosel uniforme a baja densidad de población: Consistió en una unidad experimental formada por cuatro tinajas de lámina galvanizada de un metro de largo por 25 cm de ancho y 25 cm de profundidad, las tinajas se colocaron a la misma altura con orientación norte-sur, dejando 60 cm de pasillo. Se colocaron cuatro plantas por tina para dar un total de 16 plantas por m² útil o 10 plantas por m² de invernadero (Figura 11).

Tratamiento 8: Dosel uniforme en alta densidad de población, Consistió en una unidad experimental semejante al Tratamiento 7, pero colocando cinco plantas por tina para dar un total de 20 plantas por m² útil o 12.5 plantas por m² de invernadero.



Figura 11. Dosel uniforme

El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar con un arreglo en parcelas divididas, en donde en las parcelas grandes se colocaron los arreglos escaleriformes con cuatro repeticiones y las parcelas chicas fueron las dos densidades como se muestra en las Figura 12 y Figura 13.



Figura 12. Distribución del experimento en el invernadero

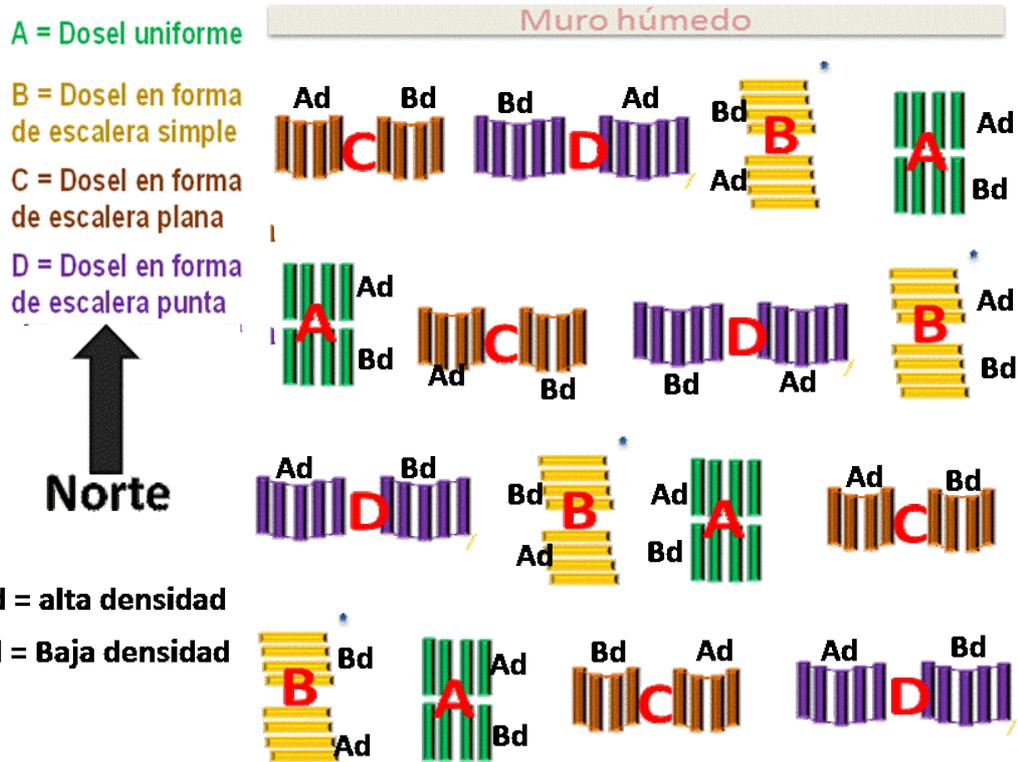


Figura 13. Esquema de Distribución del arreglo del primer experimento

3.2.3. Variables a evaluar

Altura de planta.- Esta variable se midió a los 65 días después de la siembra (dds) lo que corresponde a dos semanas después del despunte al tercer racimo para ello se usó una cinta métrica midiendo desde donde comienza el tallo hasta la punta de la planta.

Diámetro de tallo.- Al igual que la altura de planta se midió a los 65 dds, para esto se usó un vernier y se tomó como referencia el tallo por debajo del entrenudo el primer racimo.

Área foliar.- A los 59 dds se tomó una muestra de ocho plantas, las cuales fueron llevadas al laboratorio y se les midió el largo, ancho y área foliar de cada hoja utilizando un medidor de área foliar de laboratorio modelo Li-3100 (Licor, Inc. Lincoln, NE, EE UU). Esto con el fin de obtener una función que pudiera estimar el área foliar de manera no destructiva tal y como lo menciona Sánchez (1997). Se usó una regresión lineal en donde la variable independiente (**X**) fue el producto de la multiplicación del largo por el ancho de cada hoja y la variable dependiente (**Y**) fue el área foliar de cada una de ellas, la función obtenida tuvo una R^2 de 0.96 y fue:

$$Y= 0.2639(X) + 29.334$$

Posteriormente a los 65 dds se midió el largo y ancho de todas las hojas de una planta por contenedor y con estos datos y la función obtenida anteriormente se estimó el área foliar.

Rendimiento por planta.- Para la toma de esta variable se cuantificó el peso total de los frutos por tina en el primero, segundo y tercer racimo, posteriormente se dividieron entre el número de plantas en esa tina. Se tomó como referencia de cosecha cortar los jitomates a partir de que alcanzaran un color naranja.

Rendimiento por unidad de superficie.- Esta variable se estimó teniendo en cuenta que las tinas son de 0.25 metros de ancho por 1 metro de largo por lo que cada arreglo tuvo un ancho específico útil. Sin embargo, de esta manera no se están considerando pasillos, por lo que el área de los arreglos se multiplica por un factor de corrección para estimar cual sería la producción en un invernadero comercial que esté usando cada arreglo

propuesto como se muestra en el Cuadro 4 y el resultado se dio en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ de invernadero.

Número de frutos por planta.- Se contaron los frutos totales que se cosechaban por tina en el primer, segundo y tercer racimo y se dividieron entre el número de plantas presentes en cada tina.

Número de frutos por unidad de superficie.- Esta variable se estimó de manera similar al rendimiento por unidad de superficie y el resultado se dio en frutos/ m^2 de invernadero.

Peso fresco y seco de frutos.- Para el peso fresco y seco de frutos se tomó como referencia una planta marcada por tina, a ésta se le midió el peso fresco de los frutos de cada uno de sus racimos, posteriormente se metieron los frutos a la estufa en donde permanecieron hasta peso constante momento en el que se midió el peso seco.

Peso fresco y seco de raíces, tallos y hojas.- Una vez que se terminó la cosecha de jitomates en las plantas marcadas de cada tina, se desenterraron y se separaron cuidadosamente las hojas, el tallo y la raíz y se pesaron en fresco; después se metieron a la estufa en donde fueron llevadas a peso constante, momento en el que se les tomó el peso seco.

Índice de Cosecha (IC).- Se obtuvo al dividir el rendimiento agronómico (peso seco de fruto) entre el rendimiento biológico (materia seca total) por planta.

Cuadro 4. Conversión de metros cuadrados útiles a metros cuadrados en invernadero

Medidas de los arreglos y conversión a metros en invernadero						Número de plantas por m ² útil (sin contar pasillos)		Número de plantas por m ² de invernadero	
	Número de tinas	Ancho (m)	Largo (m)	pasillos (m)	Área total (m ²)	5 plantas por Tina	4 plantas por tina	5 plantas por tina	4 plantas por tina
Dosel Doble Escalera Plana	4	1	1	0.6	1.6	20	16	12.5	10
Dosel Doble Escalera punta	5	1.25	1	0.6	1.85	25	20	13.5	11
Dosel Escalera simple	4	1	1	0.6	1.6	20	16	12.5	10
Dosel uniforme (testigo)	4	1	1	0.6	1.6	20	16	12.5	10

3.2.4. Conducción del experimento

La siembra de las semillas de jitomate se realizó el 23 de junio en charolas germinadoras de poliestireno de 60 cavidades con capacidad de 180 ml cada una, utilizando como sustrato una mezcla de peat-moss y perlita en proporción 1:1 (v:v). A los 33 días después de siembra (dds) se hizo el trasplante de los diferentes tratamientos. Durante todo el ciclo del cultivo se usó la solución nutritiva propuesta por Sánchez *et al.*, (2009) cuya concentración de nutrimentos minerales en mg·L⁻¹ es la siguiente: N = 250, P = 60, K = 250, Ca = 300, S = 200, Mg = 60, Fe = 3, Mn = 0.5, Cu = 0.1 y Zn = 0.1. Como fuentes de estos elementos se emplearon los siguientes fertilizantes comerciales: nitrato de calcio, sulfato de potasio, ácido fosfórico al 85 %, sulfato de magnesio, sulfato ferroso, sulfato de manganeso, tetraborato de sodio (bórax), sulfato de cobre y sulfato de zinc.

El trasplante se hizo en las tinas metálicas, las cuales contenían como sustrato tezontle rojo con partículas de 1 a 4 mm de diámetro, posteriormente las plantas se tutoraron individualmente con cordones de rafia. Los brotes laterales se podaron cuando tenían una longitud de 10 cm o menos, de tal forma que las plantas crecieran a un solo tallo.

A los 53 dds se despuntaron las plantas (eliminación de la yema terminal) dos hojas por arriba de la tercera inflorescencia para dejar tres racimos por planta y limitar su altura a menos de un metro y así adecuarlas al sistema de producción escaleriforme.

La etapa de trasplante a fin de cosecha se desarrolló en un invernadero con cubierta de polietileno y ventanas laterales a todo lo largo por ambos costados, protegidas con mallas anti-áfidos y cortinas enrollables. El piso estaba cubierto con tela blanca de polipropileno (groundcover), para el sistema de riego se colocaron cuatro emisores por tina, con lo cual se proporcionaron un promedio de cuatro riegos al día con la solución antes mencionada. El primer corte se realizó a los 101 dds y el último corte se realizó a los 140 dds.

3.2.5. Análisis de la información

Los datos obtenidos se sometieron a la prueba de análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando para su estudio el programa computacional SAS. (Statistical Analysis System Institute),

mediante el procedimiento del modelo lineal general para el diseño de bloques completos al azar, que a continuación se presenta:

$$Y_{ij} = M + B_i + T_j + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor observado del tratamiento e-ésimo en el bloque j-ésimo.

M = Media general.

T_j = Efecto del tratamiento i-ésimo.

B_i = Efecto del bloque i-ésimo.

E_{ij} = Error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} .

Ya se mencionó que para el análisis de varianza se usó un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo de tratamiento en parcelas divididas y que las parcelas grandes fueron los arreglos escaleriformes considerados y dentro de estas parcelas se encontraban las parcelas chicas las cuales fueron las dos densidades de siembra; el modelo empleado para el análisis de varianza fue el de parcelas divididas dentro de bloques completamente al azar como a continuación se indica:

$$Y_{ijk} = M + T_i + B_j + E_a + C_k + (TC)_{ik} + E_b$$

Dónde:

Y_{ijk} = Valor observado de la Parcela Chica (Densidad de Siembra) k-ésimo en la Parcela Grande (Arreglo Escaleriforme) i-ésimo en el Bloque j-ésimo.

M = Media general.

T_i =Efecto del arreglo escaleriforme i-ésimo. (Parcela grande)

B_i =Efecto del bloque i-ésimo.

E_a =Error aleatorio asociado a la parcela grande.

C_k =Efecto de la Densidad de Siembra k-ésima. (Parcela chica)

$(TC)_{ik}$ = Efecto de la interacción de la densidad de siembrak-ésima con el arreglo escaleriforme i-ésimo.

E_b =Error aleatorio asociado a la parcela chica.

3.3. Experimento 2: Evaluación de cuatro variedades determinadas tipo bola y cuatro tipo saladete

3.3.1. Material biológico

Para este experimento se utilizaron semillas de jitomate híbrido de hábito de crecimiento determinado tipo bola y tipo saladete.

3.3.1.1 Variedades tipo bola

Todas las variedades tipo bola utilizadas son de la compañía Hazera Genetics, (2013) y se describen a continuación:

Suzan: Esta variedad es un híbrido determinado con planta de maduración temprana y concentrada de muy buen cierre. Se caracteriza por tener frutos de forma globosa con un peso promedio de entre 250 y 300 gramos. Se acostumbra sembrar a campo abierto y es resistente a HR: Vd, Fol (race 1,2,3), ToMV IR: Mi, Mj, TYLCV, TSWV.

40317: Esta variedad es un nuevo híbrido determinado con planta de maduración temprana, se caracteriza por tener buena firmeza de frutos, así como también prolongada vida de anaquel, cabe destacar que este variedad solo ha sido sembrada en noreste del país.

29024: Esta variedad es un nuevo híbrido determinado, se caracteriza por ser una planta vigorosa por tener buena firmeza de frutos, así como también prolongada vida de anaquel, cabe destacar que este variedad solo ha sido sembrada en el noreste del país.

Daysi: Esta es una nueva variedad es un nuevo híbrido determinado y se caracteriza por tener frutos firmes y de buen amarre, el peso promedio del fruto es de los 250 gramos y son de forma globosa, son resistentes a V1, ToMV, Pst, Ma, Mi, Mj, Fol us1,2.

3.3.1.2 Variedades tipo Saladete

Pony : Esta variedad es comercializada por la empresa Gowan Semillas, bajo la marca Harris Moran, se caracteriza por tener Frutos firmes de tamaño grande y extra grande que van de los 125-130 gramos y es

resistente a V1, ToMV, Pst, Ma, Mi, Mj, Fol us1, teniendo una resistencia intermedia a Fol 3. (Harris Moran, 2013).

Regidor: Esta variedad es comercializada por la empresa Agromora, bajo la marca Wester Seeds, es un Híbrido F1, la planta se adapta al cultivo envarado o de piso. Tiene entrenudos 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.(Tomato Magazine, 2010).

Nabateo: es una variedad muy productiva comercializada por la empresa De Ruiters Seeds Latina, es perfecta para el productor profesional, con buena cobertura foliar, y resistencia a Fusarium raza 3. Presenta una planta de crecimiento vigoroso, de temporada temprana y producción muy concentrada. Ofrece un gran desempeño en altas temperaturas, produciendo un fruto ovalado con excelente color rojo intenso al madurar, buena calidad y brillo para el mercado de exportación. El fruto es muy firme y alcanza un peso promedio de 100 a 125 gramos. Nabateo posee alta resistencia a ToMV, Ff:1-5, Fol:0-2, Va, Vd, Ma, Mi, Mj. (CESVMOR, 2010).

Recova: Esta variedad es comercializada por la empresa Agromora, bajo la marca Wester Seeds, este híbrido tipo saladete determinado, se caracteriza por ser precoz y altamente productivo. Además de ser tener resistencias a TMV y Va. (Tomato Magazine, 2010).

3.3.2. Descripción de tratamientos y diseño del experimento

Derivado de los resultados obtenidos en el primer experimento, se obtuvo que por cuestiones económicas y de facilidad de manejo el mejor arreglo escaleriforme fue el denominado “Doble escalera plana en alta densidad” que consistió en una unidad experimental formada por cuatro tinas de lámina galvanizada de un metro de largo por 25 centímetros de ancho y 25 centímetros de profundidad, las tinas se colocaron con orientación norte-sur, formando un par de escaleras de dos escalones cada una, encontradas en la parte superior, quedando de esta manera una escalera apuntando al este y otra al oeste se dejaron 30 centímetros de desnivel y 60 centímetros de pasillo. Se colocaron cinco plantas por tina para dar un total de 20 plantas por m² útil o 12.5 plantas por m² de invernadero.

Se estableció un diseño en bloques completos alzar con variedades anidadas al tipo de jitomate con cuatro repeticiones, en donde cada bloque se formó por diez tratamientos experimentales, cinco de los cuales estuvieron juntos y formados por cuatro variedades de jitomate tipo bola con un arreglo de dosel escaleriforme en forma de doble escalera plana, repitiéndose la variedad 40317 como testigo en dosel uniforme, de manera similar los otros cinco tratamientos estuvieron juntos y se formaron por cuatro variedades de jitomate tipo saladete con el mismo arreglo de dosel escaleriforme, repitiéndose la variedad Recoba como testigo en dosel uniforme.

La distribución se hizo de la siguiente manera: en cada bloque las unidades experimentales con variedades tipo bola quedaron juntas al igual que las

variedades de tipo saladete, así mismo las variedades tipo bola y saladete quedaron intercaladas en cada bloque (en el primer bloque las variedades tipo saladete quedaron del lado norte, en el segundo bloque las variedades tipo bola quedaron del lado norte y así sucesivamente). Una vez realizado el intercalado de variedades se prosiguió a realizar la aleatorización dentro de cada tipo de variedad, primero se aleatorizó la posición de la unidad que fungió como el testigo y posteriormente se aleatorizaron las cuatro unidades, restantes para asignarles la variedad a colocar en cada una de ellas quedando de esta manera las variedades anidadas al tipo de jitomate, un procedimiento similar se llevó a cabo en cada uno de los bloques. Figura 14



Figura 14. Diseño Experimental del segundo experimento

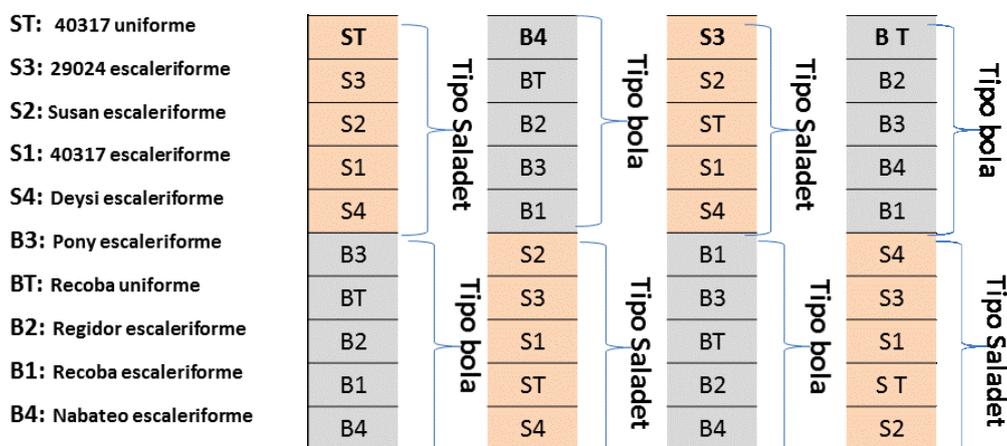


Figura 15. Esquema de Diseño Experimental del segundo experimento

3.3.3. Variables a evaluar

Altura de planta.- Esta variable se midió a los 65 días después de la siembra (dds) lo que corresponde a dos semanas después del despunte al tercer racimo. Se usó una cinta métrica midiendo desde donde comienza el tallo hasta la punta de la planta.

Diámetro de tallo.- Al igual que la altura de planta se midió a los 65 dds, para esto se usó un vernier y se tomó como referencia el tallo por debajo del entrenudo el primer racimo.

Rendimiento por unidad de superficie.- Esta variable se estimó cuantificando el peso total de los frutos que se obtuvieron en cada unidad experimental, teniendo en cuenta que las tinas son de 0.25 m de ancho por 1 m de largo y 60 cm de pasillos por lo que la unidad experimental tuvo una superficie de un m^2 útil ó $1.6 m^2$ de invernadero, considerando que lo que interesa es saber cuál es el rendimiento por superficie de invernadero el resultado se dio en $kg \cdot m^{-2}$ de invernadero.

Número de frutos por unidad de superficie.- De manera similar al rendimiento por unidad de superficie, se contaron los frutos totales que se cosecharon por unidad experimentas, el resultado se dio en frutos $\cdot m^{-2}$ de invernadero.

3.3.4. Conducción del experimento

La siembra de las semillas de jitomate se realizó el 4 de Abril de 2013 en charolas germinadoras de poliestireno de 60 cavidades con capacidad de 180 ml cada una, utilizando como sustrato una mezcla de peat-moss y perlita en proporción 1:1 (v:v). posteriormente cuando las plántulas alcanzaron un estado apropiado de desarrollo, a los 43 dds se hizo el trasplante de los diferentes tratamientos. Se utilizó la misma formulación nutritiva que en el primer experimento.

El trasplante se hizo en contenedores metálicos (tinajas) como los que se utilizaron en el primer experimento. Posteriormente las plantas se tutoraron individualmente con cordones de rafia, así mismo los brotes laterales se podaron cuando alcanzaron una longitud de 10 cm o menos, de tal forma que las plantas continuaron a un solo tallo, además se hicieron despuntes de yema terminal dos hojas arriba de la tercera inflorescencia, dejando tres racimos en cada planta.

La etapa de trasplante a fin de cosecha se desarrolló en el mismo invernadero que se utilizó para el primer experimento, se colocó un sistema de riego con cuatro emisores por tina con lo que se dieron los riegos necesarios, se mantuvieron las plantas con los cuidados necesarios iniciando la cosecha a los 120 dds y terminando a los 150 dds, con lo que las plantas estuvieron 107 días dentro del invernadero.

3.3.5. Análisis de la información

Los datos obtenidos se sometieron a la prueba de análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando para su esto el programa computacional SAS., mediante el procedimiento del modelo lineal general. Para el análisis de varianza se tomó en cuenta que dicho diseño contenía parcelas anidadas, ya que las parcelas grandes fueron los tipos de jitomate (bola o saladete) y dentro de estas parcelas se encontraban las parcelas chicas las cuales fueron las cinco variedades de cada tipo y dado que la presencia de una variedad depende de la presencia del tipo de jitomate las variedades estaban anidadas al tipo, representándose con el modelo que a continuación se presenta:

$$Y_{ijk} = M + B_i + T_{ij} + V_{ijk} + E_{ijk}$$

Dónde:

M = Media general.

Y_{ijk} = Valor observado del nivel k-ésimo del factor Variedad dentro del valor j-ésimo del factor Tipo en el Bloque i.

B_i = Efecto del Bloque i-ésimo.

T_{ij} = Efecto del j-ésimo factor Tipo en el Bloque i.

V_{ijk} = Efecto del k-ésimo factor Variedad dentro del valor j-ésimo factor Tipo en el Bloque i.

E_{ijk} = Error aleatorio asociado a la observación Y_{ijk} .

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Experimento 1. Comparación de sistemas de producción escaleriformes

4.1.1. Variables morfológicas

En el Cuadro 5 se muestran los análisis de varianza para las variables morfológicas altura de planta, diámetro de tallo, área foliar por planta y área foliar por unidad de superficie a los 65 días después de la siembra (dds).

Se encontraron diferencias significativas entre los arreglos de dosel para el diámetro de tallo, y diferencias altamente significativas en altura de planta, área foliar por planta e IAF por unidad de superficie. Mientras que para la densidad (plantas/m de hilera) hubo diferencias significativas para altura de plantas y altamente significativa para IAF. La interacción arreglo por densidad no fue significativa para ninguna de las variables.

Cuadro 5. Cuadrados medios y niveles de significancia para variables morfológicas y sus componentes a los 65 días después de siembra

Fuentes de Variación	GL	Altura de la planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Área foliar por planta (cm ²)	Índice de área foliar (IAF)
Arreglo	3	204 **	0.00801 *	3861956 **	5.54 **
Repetición	3	21 NS	0.00357 NS	91937 NS	0.12 NS
Error a	9	30	0.00584	82649	0.1
Densidad	1	128 *	0.00045	1815	9.16 **
Arreglo*Densidad	3	30 NS	0.00098 NS	51758 NS	0.16 NS
Error	12	35	0.00477	65080	0.08
Total	31				
Media General		102.9	1.13	4267	4.89
Coefficiente de variación		5.76	3.5	5.97	5.96

*: Significativo $\alpha = 0.05$. **: Altamente significativo $\alpha = 0.01$. NS: no significativo. GL: grados de libertad.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), para arreglos (Cuadro 6) se observa que las plantas de mayor altura fueron las de dosel uniforme las cuales, aunque resultaron estadísticamente iguales a las de los doseles de doble escalera plana y doble escalera en punta, tienen tendencia a ser diferentes. Así mismo, las plantas que desarrollaron una menor altura fueron las del arreglo en escalera simple con una altura 12 % menor a las del testigo. De igual manera las plantas que desarrollaron menor diámetro de tallo fueron las que se encontraban en un dosel uniforme (6 % menos que las de los otros arreglos).

Las plantas de mayor área foliar fueron las del arreglo de dosel uniforme, las cuales fueron estadísticamente diferentes a las de los otros arreglos. De manera similar el dosel uniforme obtuvo el IAF más alto. Estos resultados coinciden con lo encontrados por Sánchez *et al.*, (2010) al observar que el IAF en dosel uniforme de cuatro hileras fue superior al de dosel escaleriforme. Por otra parte los arreglos doble escalera plana y escalera simple fueron los que obtuvieron menor área foliar por planta e IAF.

La mayor altura de planta y el menor diámetro de tallo de las plantas con arreglo en dosel uniforme indican un mayor efecto de competencia entre plantas por la radicación incidente en relación a los arreglos de dosel escaleriforme. Este tipo de manifestación señalada por varios autores (Gardner *et al.*, 1990; Salisbury y Ross, 1994; Taiz y Zeiger, 2002) como el inicio de un proceso de etiolación debido a las competencias entre plantas provocada por una alta densidad de población.

La mayor área foliar por planta e IAF en el dosel uniforme puede deberse a que las hojas que están más iluminadas como las de los arreglos escaleriformes se desarrollan con mayor grosor y menor área que las que cercen relativamente más sombreadas, ya que estas últimas se desarrollan más delgadas pero con una lámina foliar más extensa (Taiz y Zeiger, 2002)

Cuadro 6. Medias de variables morfológicas y sus componentes de los arreglos de dosel en el promedio de las densidades a los 65 días después de siembra

Arreglo	Altura de la planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Área foliar por planta (cm ²)	Índice de área foliar (IAF)
Doble Escalera Plana	101.2 ab	1.16 a	3898 c	4.3 c
Doble Escalera punta	102.7 ab	1.14 ab	4388 b	5.3 b
Escalera simple	97.8 b	1.15 a	3595 c	4.0 c
Dosel uniforme	109.8 a	1.09 b	5187 a	5.8 a
DMS	8.8	0.059	378	0.43

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. Tukey ($p \leq 0.05$). DMS= Diferencia Mínima Significativa.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), para las densidades (Cuadro 7) no se encontraron diferencias significativas para las variables diámetro de tallo, área foliar por planta y altura de planta. Resultados similares encontraron Sanchez *et al.* (2009) al comparar tres densidades de población en doseles escaleriformes. Por otra parte se observa que los arreglos que tuvieron 5 plantas/m de hilera tuvieron estadísticamente mayor IAF por unidad de superficie que los que tuvieron 4 plantas/m.

La tendencia a mayor altura de planta en alta densidad como ya se indicó es síntoma de mayor competencia entre plantas. El mayor IAF en alta densidad es consecuencia de que el aumento en la densidad no produjo menor área foliar por planta.

Cuadro 7. Medias de variables morfológicas y sus componentes de las densidades en el promedio de los arreglos a los 65 días después de siembra

Densidad (Plantas · m ⁻¹)	Altura de la planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Área foliar por planta (cm ²)	Índice de área folia (IAF)
4	100.9 a	1.13 a	4274 a	4.3 a
5	104.9 a	1.14 a	4259 a	5.4 b
DMS	4.5	0.03	196	0.25

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. Tukey (p ≤ 0.05). DMS= Diferencia Mínima Significativa.

4.1.2. Indicadores de crecimiento biológico y económico

En el

Cuadro 8 se muestran los análisis de varianza para las variables peso seco total (PST) por planta y por unidad de superficie, peso seco de fruto (PSF) por planta y por unidad de superficie e índice de cosecha (IC).

Se encontraron diferencias significativas entre los arreglos para el PST /planta, PST/m², PSF/m², e IC y diferencias altamente significativas para PSF/planta. Mientras que para la Densidad (plantas/m de hilera) hubo diferencias altamente significativas para PST/planta, PST/m², PSF/planta y PSF/m². En ningún caso la interacción arreglo por densidad fue significativa.

Cuadro 8. Cuadrados medios y niveles de significancia para indicadores de crecimiento y sus componentes

Fuentes de Variación	GL	PST /planta (g)	PST/m ² (g)	PSF/planta (g)	PSF/m ² (g)	IC
Arreglo	3	592*	66430*	613.5**	87123*	0.004*
Repetición	3	48	5037	3.3	670	0.0005
Error a	9	250	32898	113.7	14921	0.00019
Densidad	1	7260**	345280**	1489.2**	198135**	0.0021 NS
Arreglo*Densidad	3	223 NS	27755 NS	94.6 NS	10563 NS	0.000019 NS
Error	12	107	12520	51	6264	0.00047
Total	13					
Media General		217	2470	123	1402	0.56
Cof de var.		4.78	4.52	5.8	5.64	3.85

*: Significativo $\alpha = 0.05$. **: Altamente significativo $\alpha = 0.01$. NS: no significativo. GL: grados de libertad. PST: Peso seco total, PSF: Peso seco de frutos, IC: Índice de Cosecha = PSF/PST.

En el Cuadro 9 de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$) de los arreglos en el promedio de las densidades se observa que el mayor PST/planta lo obtuvo el arreglo de doble escalera plana seguido por el arreglo escalera simple quienes resultaron estadísticamente iguales; así mismo, el menor PST/m² lo obtuvo el arreglo dosel uniforme, aunque resultó estadísticamente igual al arreglo escalera simple, tuvo alta tendencia a ser diferente. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Bastida (2012), quien encontró que para el peso seco los doseles escaleriformes mostraron valores estadísticamente superiores a los del testigo con dosel uniforme.

Para el peso seco de fruto (PSF) se observa que el menor lo obtuvo el dosel uniforme el cual resultó estadísticamente igual al arreglo doble escalera en punta pero estadísticamente diferente a los arreglos escalera simple y doble escalera plana. Se destaca que el menor PSF/m² lo obtuvo el arreglo de dosel uniforme siendo estadísticamente diferente a los demás.

En cuanto al Índice de cosecha (IC) el arreglo doble escalera plana presentó el IC más alto, siendo estadísticamente igual al de los otros doseles escaleriformes y diferente al arreglo dosel uniforme quien obtuvo el menor, resultando estadísticamente igual al dosel escalera simple. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Sánchez *et al.*, (2010) quienes observaron que el mayor IC lo obtuvo el arreglo escaleriforme y tendió a ser estadísticamente diferente al dosel uniforme.

Los menores valores obtenidos por el arreglo de dosel uniforme en las variables indicadoras del crecimiento se explican en función de que se da una mayor competencia entre las plantas por la radiación existente respecto

a los arreglos escaleriformes donde se logra una distribución más equitativa de la radiación en las hojas del dosel, haciendo más eficiente la fotosíntesis y por lo tanto la producción de materia seca tal y como lo explican Gardner *et al.*, (1990).

Cuadro 9. Medias de indicadores de crecimiento y sus componentes de los arreglos en el promedio de las densidades

Arreglo	PST /planta (g)	PST/m ² (g)	PSF/planta (g)	PSF/m ² (g)	IC
Doble Escalera Plana	225 a	2514 a	132 a	1480 a	0.589 a
Doble Escalera punta	210 b	2535 a	121 bc	1468 a	0.576 a
Escalera simple	222 ab	2495 ab	126 ab	1414 a	0.565 ab
Dosel Uniforme	209 b	2335 b	112 c	1252 b	0.536 b
DMS	15.4	166	10.6	117	0.032

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. Tukey ($p \leq 0.05$). DMS= Diferencia Mínima Significativa. PST: Peso seco total, PSF: Peso seco de frutos, IC = PSF/PST.

En el Cuadro 10 se muestra que la mayor densidad redujo el peso seco por planta situación que ocurrió de manera similar con Bastida (2012). Sin embargo, ocurrió lo opuesto con el peso seco por unidad de superficie ya que la densidad de 5 plantas/m de hilera obtuvo mayor PST/m² que la densidad de 4, resultando estadísticamente diferentes. Un comportamiento similar se observa con el peso seco del fruto observándose que el mayor PSF/m² lo obtuvo la densidad de 5 plantas/m.

Cuadro 10. Medias de indicadores de crecimiento y sus componentes de las densidades en el promedio de los arreglos

Densidad (Plantas·m ⁻¹)	PST /planta (g)	PST·m ⁻² (g)	PSF/planta (g)	PSF·m ⁻² (g)	IC
4	232 a	2363 b	129 a	1324 b	0.558 a
5	201 b	2574 a	116 b	1481 a	0.575 a
DMS	7.9	86	5.5	60.9	0.019

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. Tukey ($p \leq 0.05$). DMS= Diferencia Mínima Significativa. PST: Peso seco total, PSF: Peso seco de frutos, RB: IC = PSF/PST.

Aunque el PSF m^{-2} fue mayor con la densidad alta (5 plantas/m de hilera), se observa que el peso seco por planta disminuyó al igual que lo hizo el PST/planta, indicando que 5 plantas· m^{-1} es una densidad que ya causa una disminución importante en la producción de fotoasimilados por planta y que intentar densidades más altas puede ocasionar disminución significativa en el tamaño y peso del fruto como ocurrió con Sánchez *et al.*, (2009), quienes limitaron el tamaño del fruto con densidades superiores a las 35 plantas/ m^2 en consecuencia negativa en precio del producto en el mercado.

4.1.3. Rendimiento y sus componentes

En el Cuadro 11 se muestran los análisis de varianza para las variables rendimiento y sus componentes por planta y por unidad de superficie.

Se encontraron diferencias significativas entre los arreglos para los frutos por unidad de superficie y diferencias altamente significativas para rendimiento por planta y por unidad de superficie y para frutos por planta. Mientras que para la densidad (plantas/m de hilera) hubo diferencias altamente significativas para todas las variables excepto, para el peso medio del fruto. En ningún caso la interacción arreglo por densidad fue significativa para ninguna de las variables.

Cuadro 11. Cuadrados medios y niveles de significancia para el rendimiento y sus componentes

Fuentes de Variación	GL	RP (Kg)	RUS (Kg·m ⁻²)	Frutos/planta	FUS (Frutos·m ⁻²)	PMF (g)
Arreglo	3	0.3253**	50.47**	10.58**	1697*	10.84 NS
Repetición	3	0.0127	1.63	0.03	4.03	55.31
Error a	9	0.0076	0.98	0.37	48.05	8.36
Densidad	1	0.1069**	200.1**	3.25**	6412**	0.36 NS
Arreglo*Densidad	3	0.00059 NS	0.31 NS	0.09 NS	42.19 NS	30.59 NS
Error	12	0.0027	0.32	0.18	24.26	20.86
Total	13					
Media General		2.47	28.37	13.9	159	177
Coef de var.		4.13	3.02	3.05	3.08	2.56

*: Significativo $\alpha = 0.05$. **: Altamente significativo $\alpha = 0.01$. NS: no significativo. GL: grados de libertad. RP: Rendimiento por planta. RUS: Rendimiento por unidad de superficie. FUS: Frutos por unidad de superficie. PMF: Peso medio de fruto.

En el Cuadro 12 se observa que el rendimiento por planta y por unidad de superficie fueron estadísticamente menores para el arreglo de dosel uniforme, por lo que con los doseles escaleriformes el rendimiento por unidad de superficie aumenta de un 18 a un 21 %. Resultados similares encontraron (Vázquez *et al.* 2007; Sánchez *et al.* 2009; Sánchez *et al.* 2010; Bastida 2012), al observar que los doseles en forma de escalera dieron mayor rendimiento por unidad de superficie que el tratamiento de dosel uniforme.

El mayor rendimiento por unidad de superficie se obtuvo en el dosel de doble escalera punta, el cual resultó estadísticamente igual al dosel de doble escalera plana. El arreglo que obtuvo más frutos por planta fue el dosel de doble escalera plana seguido por el dosel escalera simple, los cuales resultaron estadísticamente iguales. El arreglo que obtuvo menor cantidad de frutos por planta fue el dosel uniforme.

Se observa que el arreglo que obtuvo menor cantidad de frutos por unidad de superficie fue el de dosel uniforme, el cual resultó estadísticamente diferente a los arreglos escaleriformes.

Cabe destacar que el rendimiento por unidad de superficie de arreglo de dosel uniforme fue alto comparado con el de otros experimentos similares (Vázquez *et al.*, 2007; Bastida, 2012), lo que se puede explicar por la mayor densidad de población utilizada. Ya se había establecido como densidad óptima para el sistema de dosel uniforme manejado a tres racimos por planta 8 plantas/m² (Sánchez y Corona, 1994; Sánchez y Ponce, 1998), pero se había establecido para cultivares de hábito indeterminados; los cuales presentan mayor densidad de follaje debido a un mayor número de hojas por planta.

Este resultado sugiere que se debe trabajar en establecer la densidad óptima para cultivos determinados de jitomate los cuales ofrecen la posibilidad de más rendimiento por unidad de superficie que los indeterminados que son los que están actualmente en boga en invernaderos.

Cuadro 12. Medias de rendimiento y sus componentes de los arreglos en el promedio de las densidades

Arreglo	RP (Kg)	RUS (Kg·m ⁻²)	Frutos/planta	FUS (Frutos/m ²)	PMF (g)
Doble Escalera Plana	2.64 a	29.68 ab	14.97 a	168.12 a	176.76 a
Doble Escalera punta	2.47 b	30.02 a	13.97 b	169.37 a	177.18 a
Escalera simple	2.59 a	29.15 b	14.51 ab	163.12 a	179.37 a
Dosel Uniforme	2.19 c	24.64 c	12.33 c	138.25 b	178.2 a
DMS	0.07	0.85	0.63	7.31	8.68

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. Tukey ($p \leq 0.05$). DMS= Diferencia Mínima Significativa. RP: Rendimiento por planta. RUS: Rendimiento por unidad de superficie. FUS: Frutos por unidad de superficie. PMF: Peso medio de fruto.

En el Cuadro 13 se observa que los arreglos con menor densidad tuvieron mayor rendimiento por planta, aunque para el caso de rendimiento por unidad de superficie los arreglos con mayor densidad tuvieron rendimientos 19 % mayores que los de menor densidad, resultando estadísticamente diferentes. Además se resalta que no se encontró diferencia estadística para el tamaño de fruto entre las densidades, indicando que se puede utilizar comercialmente la densidad alta sin decremento en el peso medio del fruto para incrementar el rendimiento. Esto siempre y cuando se trate de cultivares de hábito determinado como el que se manejó en el presente experimento.

La disminución del número de frutos por planta se atribuye a una menor intercepción de la RFA por planta (Charles-Edwards *et al.*, 1986)

Cuadro 13. Medias de rendimiento y sus componentes de las densidades en el promedio de los arreglos.

Densidad (Plantas·m ⁻¹)	RP (Kg)	RUS (Kg·m ⁻²)	Frutos/planta	FUS (Frutos·m ⁻²)	PMF (g)
4	2.53 a	25.87 b	14.29 a	145.5 b	179.88 a
5	2.42 b	30.86 a	13.63 b	173.8 a	177.77 a
DMS	0.04	0.44	0.32	3.79	3.51

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. Tukey (p ≤0.05). DMS= Diferencia Mínima Significativa. RP: Rendimiento por planta. RUS: Rendimiento por unidad de superficie. FUS: Frutos por unidad de superficie. PMF: Peso medio de fruto.

4.2. Experimento 2. Evaluación de cuatro variedades determinadas tipo bola y cuatro tipo saladete

4.2.1. Variables morfológicas

En el Cuadro 14 se muestran los análisis de varianza para las variables morfológicas altura de planta, diámetro de tallo e IAF a los 65 días después de la siembra (dds) para ocho variedades determinadas de jitomate determinado en dos grupos de cuatro variedades, uno tipo bola y el otro tipo saladete.

Sólo se encontraron diferencias significativas en altura de planta entre tipos y entre variedades de jitomate.

Cuadro 14. Cuadrados medios y niveles de significancia para variables morfológicas y sus componentes a los 65 días después de siembra

Fuentes de Variación	GL	Altura de la planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Índice de área foliar (IAF)
Tipo	1	0.0874*	0.0019 NS	0.027 NS
Repetición	3	0.0017	0.0378	0.54
Variedad (Tipo)	8	0.0224*	0.0106 NS	0.14 NS
Error	27	0.001	0.0201	0.25
Total	39			
Media General		0.98	1.15	4.3
Coef de var.		3.14	12.33	11.8

*: Significativo $\alpha = 0.05$. NS: no significativo. GL: grados de libertad.

En el promedio de variedades no se detectó diferencia en ninguna de las variables morfológicas debidas al tipo de jitomate, sólo se observa que las plantas de jitomate tipo saladete tienen tendencia a ser más altas que las tipo bola (Cuadro 15).

Cuadro 15. Medias de variables morfológicas y sus componentes para dos tipos de jitomate en el promedio de las variedades a los 65 días después de siembra

Tipo	Altura de la planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Índice de área foliar (IAF)
Bola	0.96 a	1.14 a	4.32 a
Saladete	1.05 a	1.15 a	4.27 a
DMS	0.109	0.07	0.32

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. Tukey ($p \leq 0.05$). DMS= Diferencia Mínima Significativa.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), para las variedades dentro del tipo saladete (Cuadro 17), se observa que la variedad Nabateo fue en la que se obtuvo mayor altura de planta siendo estadísticamente diferente a todas las demás, así mismo las plantas de porte más bajo fueron las de la variedad Pony, aunque estadísticamente semejante a las variedades Recoba y Regidor.

Cuadro 16. Medias de variables morfológicas y sus componentes para las variedades dentro del tipo saladete a los 65 días después de siembra

Variedad	Altura de la planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Índice de área foliar
Nabateo Escaleriforme	1.16 ^a	1.24a	3.99a
Recoba Uniforme	1.08b	1.31a	4.13a
Recoba Escaleriforme	1.03bc	1.13a	4.39a
Regidor Escaleriforme	1.02bc	1.13a	4.31a
Pony Escaleriforme	0.97cd	1.09a	4.54a
DMS	0.065	0.291	1.025

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. Tukey ($p \leq 0.05$). DMS= Diferencia Mínima Significativa.

Para el caso de las plantas de jitomate tipo bola (Cuadro 17), la variedad Daysi fue la de menor porte, resultando estadísticamente diferente a todas las demás. El IAF en todos los casos estuvo ligeramente por arriba de cuatro.

Cuadro 17. Medias de variables morfológicas y sus componentes para las variedades tipo bola a los 65 días después de siembra

Variedad	Altura de la planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Índice de área foliar
40317 Uniforme	1.03a	1.14a	4.31a
40317 Escaleriforme	0.98a	1.17a	4.2a
Suzan Escaleriforme	0.98a	1.16a	4.27a
29024 Escaleriforme	0.97a	1.16a	4.25a
Daysi Escaleriforme	0.83b	1.06a	4.6a
DMS	0.065	0.291	1.025

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. Tukey ($p \leq 0.05$). DMS= Diferencia Mínima Significativa.

Las diferencias de altura entre variedades dentro de cada tipo se pueden explicar debido a que cada variedad tiene sus propias características morfológicas que vienen genéticamente preestablecidas y se expresan dependiendo del ambiente en el que se desarrollan lo que da como resultado la variabilidad fenotípica (Reigosa *et al.*, 2003).

4.2.2. Rendimiento y sus componentes

En el Cuadro 18 se muestran los análisis de varianza para las variables de rendimiento y sus componentes de plantas que estuvieron 107 días en el invernadero.

Tanto para el tipo de jitomate como para la variedad dentro del tipo se encontraron diferencias altamente significativas para todas las variables.

Cuadro 18. Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes en diferentes tipos y variedades de jitomate

Fuentes de Variación	GL	RUS (Kg·m ⁻²)	FUS (Frutos/m ²)	PMF (g)
Tipo	1	1273**	2496**	51402**
Repetición	3	1.14	128	26
Variedad (Tipo)	8	29.44**	1607**	1623**
Error	27	0.52	35	17.9
Total	39			
Media General		23.5	190	125.9
Coef de var.		3.08	3.11	3.3

*: Significativo $\alpha = 0.05$. **: Altamente significativo $\alpha = 0.01$. GL: grados de libertad. RUS: rendimiento por unidad de superficie. FUS: frutos por unidad de superficie. PMF: Peso medio de fruto.

Al comparar las medias de rendimiento de los tipos de jitomate se observa que el tipo bola se obtuvo un peso medio de fruto significativamente superior en un 78 % al peso medio del fruto saladete (Cuadro 19), lo cual provocó que, aunque las plantas de variedades tipo saladete tuvieran un 8.1 % más frutos que las tipo bola, el rendimiento por unidad de superficie fuera significativamente mayor para plantas de fruto tipo bola con valores de 29.1 y 17.8 Kg·m², respectivamente.

Es importante resaltar que el tiempo de trasplante a última cosecha fue de 107 días haciendo el trasplante con plántula a los 43 días de edad. El ciclo de trasplante a fin de cosecha puede reducirse a 90 días manteniendo las plántulas en semillero 60 días (Sánchez *et al.*, 2010; Bastida, 2012), lo que en un invernadero con un buen control climático podría permitir la obtención de cuatro ciclos de cultivo al año con potencial de rendimiento superiores a los 100 kg·m² al año (1000 t·ha⁻¹al año), que es el doble de lo que se produce en un invernadero de alta tecnología con el sistema convencional.

Debido a que estadísticamente las plantas de tipo bola rinden más con una inversión semejante a la que se requiere para cultivar plantas tipo saladete, se sugiere proponer a los productores interesados cultivar el jitomate tipo bola determinado para tener mayores ganancias ya que se podría obtener hasta un 80% más de rendimiento..

A esto hay que sumarle que según datos del SNIIM (2013), el jitomate bola tiene un precio de venta medio comercial superior al saladete.

Cuadro 19. Medias de rendimiento y sus componentes para dos tipos de jitomate en el promedio de las variedades

Tipo	RUS (Kg·m ⁻²)	FUS (Frutos/m ²)	PMF (g)
Bola	29.1 a	183 a	161 a
Saladete	17.8 b	198 a	90 b
DMS	3.95	29.23	29.37

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. Tukey ($p \leq 0.05$). DMS= Diferencia Mínima Significativa. RUS: rendimiento por unidad de superficie. FUS: frutos por unidad de superficie. PMF: Peso medio de fruto.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), para el caso de las plantas de jitomate tipo bola, la variedad Suzan fue en la que se obtuvo mayor rendimiento, seguida de las variedades 29024 y 40317; la variedad en que se obtuvo el rendimiento más bajo fue Daysi. Así mismo se destaca que la variedad 40317, que se sembró tanto en dosel uniforme como en escaleriforme tuvo mayor rendimiento con el dosel escaleriforme el cual fue estadísticamente superior en un 19.6 % al dosel uniforme. Esto debido a que se formaron más frutos con el dosel escaleriforme, lo que concuerda con los resultados obtenidos en el primer experimento donde se mostró que el rendimiento en dosel escaleriforme aumentó de un 18 a un 21 %.

Los frutos del tipo bola que tuvieron un mayor tamaño, fueron los de la variedad 29024 seguidos de Suzan, lo que resulta muy interesante desde el

punto de vista comercial, ya que el mayor tamaño de fruto se refleja en mejor precio en el mercado. Los frutos más pequeños fueron los de las variedades 40317 y Daysi que resultaron estadísticamente iguales, lo que provocó que estos cultivares tuvieran menor rendimiento por unidad de superficie.

Cuadro 20. Medias de rendimiento y sus componentes para variedades de jitomate tipo bola

Variedad	RUS (Kg·m ⁻²)	FUS (Frutos/m ²)	PMF (g)
Suzan Escaleriforme	32.9a	205a	161b
29024 Escaleriforme	31.4b	149c	210a
40317 Escaleriforme	29.8c	202a	146c
Daysi Escaleriforme	26.7d	182b	147c
40317 Uniforme	24.9e	173b	143c
DMS	1.48	12.13	8.67

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. Tukey ($p \leq 0.05$). DMS= Diferencia Mínima Significativa. RUS: rendimiento por unidad de superficie. FUS: frutos por unidad de superficie. PMF: Peso medio de fruto.

En cuanto a las plantas tipo saladete los rendimientos más altos correspondieron a la variedad Nabateo, seguida por las variedades Pony y Recoba. La variedad que obtuvo los rendimientos más bajos fue Regidor. Así mismo se destaca que para la variedad Recoba que se sembró en dosel uniforme y en escaleriforme se obtuvieron mayores rendimientos para un dosel escaleriforme (17.8 % más altos).

Dentro del tipo Saladete los frutos más grandes fueron los de la variedad Nabateo, aunque estadísticamente iguales a la variedad Pony.

Cuadro 21. Medias de rendimiento y sus componentes para variedades de jitomate tipo saladete

Variedad	RUS (Kg·m ⁻²)	FUS (Frutos/m ²)	PMF (g)
Nabateo Escaleriforme	20.65a	209ab	98a
Pony Escaleriforme	18.37b	203b	90ab
Recoba Escaleriforme	18.15b	216a	84b
Regidor Escaleriforme	16.75c	189c	88b
Recoba Uniforme	15.4c	174d	89b
DMS	1.48	12.13	8.67

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. Tukey ($p \leq 0.05$). DMS= Diferencia Mínima Significativa. RUS: rendimiento por unidad de superficie. FUS: frutos por unidad de superficie. PMF: Peso medio de fruto.

5. CONCLUSIONES

Los arreglos de plantación para formar doseles en forma de escalera tuvieron un rendimiento más alto en comparación con el testigo de dosel uniforme manejado a la misma densidad de población. El arreglo escaleriforme denominado doble escalera plana rindió estadísticamente igual a los otros dos arreglos escaleriformes pero resultó más económico y fácil de construir, por lo que se considera como el mejor sistema.

La mayor densidad de población (5 plantas/m de hilera) dio el mayor rendimiento de frutos por unidad de superficie sin afectar el tamaño o peso medio del fruto respecto a la densidad más baja (4 plantas/m de hilera).

Para una misma densidad de población, las variedades determinadas tipo bola rindieron más que las determinadas tipo saladete debido a que aunque producen menos frutos por planta, sus frutos tuvieron un mayor peso medio y en consecuencia el peso de cada racimo fue superior.

En cuanto a las variedades de fruto tipo bola se sugiere utilizar el híbrido 29024 ya que aunque rindió de manera similar a Suzan y Pick ripe sus frutos fueron más grandes. En cuanto a las variedades de fruto tipo saladete se recomienda utilizar al híbrido Nabateo por un mayor rendimiento por unidad de superficie.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre S., C. A.; Valdez L., J. R.; Ángeles P., G.; De Los Santos P., H. M., Aguirre S., A. I. 2011. Mapeo del Índice Foliar y cobertura Mediante Fotografía Hemisférica y datos Spot 5 HRG: Regresión y K-NM. *Agrociencia*. 45:105-119.
- Bastida T., A. 2011. Los Invernaderos y la Agricultura Protegida en México. Serie de Publicaciones Agribot. Departamento de Preparatoria Agrícola. Chapingo, México. 415 p.
- Bastida C., O. A. 2012. Métodos De Cultivo Hidropónico De Jitomate (*Solanum Lycopersicum L.*) Bajo Invernadero Basados En Doseles Escaleriformes. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México. 115 p.
- Cadenas T., F; González, V.J.; Hernández, J. M. 2003. El cultivo protegido del tomate. En técnicas de producción de Cultivos Protegidos. Editorial Caja Rural Intermediaterránea. Almería, España.
- Cancino B., J.; Sánchez Del C., F.; Espinosa R., P. 1990. Efecto del despunte y la densidad de población sobre dos variedades de jitomate en hidroponía bajo invernadero. *Revista Chapingo* 73 (74): 26-30.
- Castilla, P. N. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo. *In*: Nuez, F. El cultivo del tomate. Editorial Mandí-Prensa. Madrid, España. pp. 225.p.
- CESVMOR (Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Morelos). 2010. Órgano de comunicación del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Morelos. Manejo fitosanitario del Jitomate. Año 4. Número 13.

- Charles-Edwards, D. A.; Doley, D.; Rimmington, G. M. 1986. Modelling Plant Growth and Development. Academic Press. Sidney, Australia. 235 p.
- Corpeño B. 2004. Manual del Cultivo del Tomate. Centro de Inversión, Desarrollo y Exportación de Agronegocios. San Salvador. República de El Salvador. 30 p.
- Cruz C., J.; Jiménez, F.; Ruiz, J.; Díaz, G.; Sánchez, P.; Perales, C.; Arellanes, A. 2003. Evaluación de Densidades de Siembra en Tomate en Invernadero. Agronomía Mesoamericana. 14(1): 85-88.
- Donald, C. M.; Hamblin, J. 1983. The convergent evolution of annual seed crops in agriculture. Advances in Agronomy 28:301-359.
- Escalona C., V.; Alvarado V., P.; Monardes M., H.; Urbina Z., C.; MARTIN B., A. 2009. Manual del cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. 60 p.
- Espinosa R., P. 2010. Hidroponía Rustica. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Subsecretaria de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural.
- Fisher, K. J. 1977. Competition effects between fruit trusses of tomato plant. Scientia Horticulturae 7:37-42.
- Fideicomiso Instituido en Relación a la Agricultura (FIRA). 2007. Agricultura Protegida: Cultivo de Tomate en Invernadero, Costos de cultivo y análisis de rentabilidad. Dirección de Consultoría en Agronegocios. Dirección Regional del Norte. Agencias Montemorelos, Saltillo, Parral, Cuauhtemoc, Casas Grandes y Cd. Juarez.

- Flores L., R.; Sánchez Del C., F; Rodríguez P., J. E.; Mora A., R.; Colinas L., M. T.; Lozoya S., H. 2009. Influencia de la Radiación Solar en la Producción de Semilla-Tubérculo de Papa Bajo Cultivo sin Suelo. Revista Chapingo Serie Horticultura 15 (1): 25- 30. 2009.
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 2010. Programa de Hortalizas. Informe Técnico 2010, Lima, Cortés, Honduras.
- Gardner, F. O.; Pearce, R. B.; Mitchel, R. L. 1990 Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. Iowa, EUA. 327 p.
- Gardner, F. P.; Brent P.,R.; Mitchel, R. L. 1985. Carbon fixation by crop canopies. In: Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. Pp. 31-57. Traducido por: J Chiesa, S.F. Luque M.G. Cantarero. Cereales y Oleaginosas 2000.
- Gates, D. M. 1980. Biophysical Ecology. Springer-Verlag New York, Inc. New York. 257 p.
- Gilsanz, J. C. 2007. Hidroponía. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Montevideo. Uruguay 31p.
- Harris Moran. 2013. Pony Express. Fresh market, determinate Saladette. Disponible en <http://www.harrismoran.com/products/tomato/pdf/ponyexpress.pdf> consultado en abril de 2013
- Hazera Genetics. 2013. Catálogo de semillas de tomate tipo bola determinados disponible en <http://www.hazera.com/sa/> consultado en abril de 2013.
- Hernández J.; Escobar I.; Castilla N. 2001. La Radiación solar en Invernaderos Mediterráneos. Caja Rural de Granada. Gabinete Técnico. España. 36 p.
- Iglesias, N.; Muñoz, A. 2007. Comparación de la transmisión de la radiación fotosintéticamente

activa (PAR) en invernaderos del norte de Patagonia. Horticultura Argentina 26(60) : 10-16

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2009. Híbridos de Tomate para la producción en invernadero en el noreste de Sonora. Centro de investigación regional del noroeste Campo experimental Costa de Hermosillo. Folleto científico 1.

Inzunza B., J. C. 2006. Meteorología Descriptiva. Universidad de Concepción. Departamento de Geofísica. Concepción, Chile

Jaramillo N., J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán A., M.; Zapata, M. A. 2006. El cultivo de Tomate Bajo Invernadero. Boletín Técnico No. 21. CORPOICA. Centro de Investigación La Selva Rionegro. Antioquia. Colombia. 48 p.

Jarvis R W (1998) Control de enfermedades en Cultivos de Invernaderos Mundi-Prensa, Madrid, España. 334 p.

Jean-Marie, P. 2007. Cultivo de Tomates. Traducido por Frederic Valero. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España. 95 p.

Jensen, M. H. 2004. Agricultura en ambientes controlados en desiertos y trópicos. Memorias del Curso Internacional de Invernaderos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Jorge S., M.; Sánchez Del C., F. 2003. Densidades de Población, Arreglos de Dosel y Despuntos en Jitomate Cultivado en Hidroponía Bajo Invernadero. Revista Fitotecnia Mexicana 26 (4). 257-262.

- Juárez L., P.; Bugarin M, R.; Castro B, R.; Sánchez M., A. L.; Cruz C., E.; Juárez R., C. R.; Alejo S., G.; Balois M., R. 2011. Estructuras Utilizadas en la Agricultura Protegida. *Revista Fuente*. 3(8): 1-7.
- Kawashima, R. 1969. Leaf inclination variation within canopies. *Proc. Crop. Sci. Soc.* 3: 67-72.
- Kinet, J. M. 1977. Effect of defoliation and growth substances on the development of inflorescence in tomato. *Scientia Horticulturae* 7: 61 -69.
- León R., E. 2009. Buena práctica Agricultura Protegida. Proyecto Centro de Desarrollo Rural FSG 963. Universidad del Valle de Guatemala y Fundación Soros Guatemala.
- Loomis, R. S.; Willians, W. A. 1970. Productivity and the morphology of crop stands: ptters with leaves, pp. 27 - 51. *Physiological Aspects of Crop Yiled*. Dinauer, C. R. (editor). American Society of Agronomy and Crop Science Society of America Madisson, Wisconsin, USA.
- Méndez G., T.; Sánchez Del C., F.; Sahagún C., J.; Contreras M., E. 2005. Doseles Escaleriformes Con Hileras De Plantas De Jitomate Orientadas En Dirección Este-Oeste. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(1): 185-192
- Miranda V., I. 2003. Aprovechamiento De La Radiación Solar Con Plantas De Jitomate De Distinta Edad En Hidroponía Bajo Invernadero. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México. 115 p.
- Miranda V., I.; Gil V., I.; Bastida T., A.; Reyes R., D. S.; Hernández O., J.; Morales P., J; Flores E., G. 2004. Manejo de Cultivos Hidropónicos Bajo Invernadero. Serie de Publicaciones Agribot, Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 225 p.

- Mondragón, L. 2007. Producción de Jitomate en Invernadero. Gobierno del Estado de México. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México ICAMEX. Metepec. Estado de México.
- Moreno R., A.; Aguilar D., J.; Luévano G., A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. Revista Mexicana de Agronegocios. 15 (29) : 763-774.
- Namesny, A. 2004. Tomates Producción y Comercio. Ediciones de Horticultura, S.L. Barcelona, España. 253p.
- Nuez, F.; Rodríguez Del R., A.; Tello, J.; Cuaterno, J.; Segura, B. 2001. El cultivo del Tomate, Segunda Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 793 p.
- Nuño M., R. 2007. Manual de Producción de Tomate Rojo Bajo Condiciones de Invernadero, para el Valle de Mexicali, Baja California. Fundación Produce, Modulo No. 21. Baja California. México. 41 p.
- Pendleton, J. W.; Smit, G. E.; Winter, S.R.; Johnson, T. J. 1968. Leaf inclination variation within maize canopies. Agronomy Journal 60: 422-424.
- Pérez G., M.; Márquez S., F.; Peña L., A. 1997. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Mundi-Prensa. D. F., México. 380p.
- Ponce C., P. 2013. Producción de Tomates en invernadero en México. Disponible en <http://www.hortalizas.com/articulo/35512/produccion-de-tomates-en-invernadero-en-mexico> consultado el 11 de agosto de 2013
- Raffo, M. D.; Iglesias, N. 2004. Efecto de la intercepción y distribución de la radiación fotosintéticamente activa en manzanos, Bajo cuatro sistemas de conducción en alta

densidad. Revista de Investigaciones Agropecuarias (2) 33: 29-42.

Ramos O., A.; Carballo C., A.; Hernández L., A., Corona T., T.; Sandoval V., M. 2006. Caracterización de líneas de jitomate en hidroponía. Agricultura técnica en México. 32(2);213-223

Resh, H. M. 2004. Cultivos Hidropónicos. Tercera edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p

Reigosa, M, Pedrol, N, Sánchez, A 2003, La Ecofisiología Vegetal Una ciencia ciencia de síntesis Internacional. 1ra edición. THOMSON Editores Spain ParaninParaninfoo S.A .

Rietter, E.; Angulo, B.; Riga, P.; Herran, C.; Relloso, J.; José, S. M. 2001 Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation system for the production of potato minitubers Potato Research 44: 127-135.

Rodríguez A., E. 1995. Efecto de la poda y la densidad de población en el rendimiento calidad de fruto de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis Profesional Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 79 p.

Rusell., C. R.; Moriis., D. A. 1983. Patterns of assimilate distribution and source-sink relationships in the young reproductive tomato plant (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Annals of Botany 52:357-363.

Salisbury F.B., Ross C.W. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. México

- Sánchez Del C., F. 1994. Relaciones entre fuente y demanda en jitomate manejado con despuntes y altas densidades de población. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México 110 p.
- Sanchez 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 C., E. 1998. Hidroponía: un Sistema de Producción de Plantas, Principios y Métodos de Cultivo. Tercera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México.
- Sánchez Del C., F.; Moreno P., Contreras M., E. 2012. Development of Alternative Crop Systems for Commercial Production of Vegetables in Hydroponics – I: Tomato. Acta Hort 947 : 179- 188
- Sánchez Del C., F.; Moreno P., E. Del C.; Coatzin R., R.; Colina L., M. T.; Peña L., A. 2010. Evaluación Agronómica y Fisiotécnica de Cuatro Sistemas de Producción en Dos Híbridos de Jitomate. Revista Chapingo Serie Horticultura 16(3): 207-214.
- Sánchez Del C., F.; Moreno P., E. Del C.; Cruz A., E. 2009. Producción de Jitomate hidropónica Bajo invernadero en un sistema de Dosel en forma de Escalera. Revista Chapingo Serie Horticultura 15(1): 67-73.
- Sánchez Del C., F.; Ponce, O. J. 1998. Densidades de población y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. Revista Chapingo. Seria Horticultura 4(2): 89-93.
- Sánchez Del C., F.; Corona S., T. 1994. Evaluación de cuatro variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo un sistema hidropónico de producción a base de

despuntos y altas densidades. Revista Chapingo, Serie Horticultura 1: 109–114.

Sanz De G., J.; Uribarri, A.; Sádaba, S.; Aguado, G.; Del Castillo, J. 2003. Aspectos a considerar en una Instalación de Cultivo Hidropónico. Instituto Tecnológico Agropecuario. Universidad de La Rioja. La Rioja. España. 17p.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2009. Programa de Ejecución Directa 2009, Agricultura Protegida, disponible en <http://www.amhpac.org/contenido/plan%20nacional%20de%20agricultura%20protegida%202009.pdf>

Serrano C., Z. 1978. Tomate, Pimiento y Berenjena en Invernadero. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid, España.

Servicio de Información agroalimentaria y Pesquera. (SIAP). 2013. disponible en http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=346

Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM). 2013. Disponible en <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>. Consultado el 9 /12/2013.

Taiz, L.; Zeiger, E,2002. Plant physiology, third edition. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Tomato Magazine. 2010. Tomato Variety Update. Disponible en <http://www.columbiapublications.com/tomatomagazine/2010/tomatovariety.htm> consultado en abril de 2013

Toovey, F. W. 1982. Producción Comercial de Tomates. Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España. 179 p.

- Torrecillas, A., R.; Galego, A; Pérez-Pastor Y M. C.; Ruiz-Sánchez. 1999. Gas exchange and water relations of young apricot plants under drought conditions. *J. Agric. Sci.* 132: 445-452.
- Ucán, C.; Sanchez 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
- Vázquez R., J.C.; Sánchez-Del C., F.; Moreno P., E. Del C. 2007. Producción de jitomate en doseles Escaleriformes Bajo Invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(1): 55-62.
- Velasco H., E.; Nieto A., R. 2006. Cultivo de Jitomate en Hidroponía e Invernadero. Segunda Edición. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 100 p
- Villegas C., J. R.; González H., V. A.; Carrillo S., J. A.; Livera M., M.; Sánchez Del C., F.; Osuna E., T. 2004. Crecimiento y Rendimiento de Tomate en Respuesta a Densidades de Población en Dos Sistemas de Producción. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27 (4): 333-338.
- Welles, J. M.; Norman, J. M. 1991. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. *Agronomy Journal*. 83; 818-825.