

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE JITOMATE CON DESPUNTE
A UNA INFLORESCENCIA POR PLANTA EN ALTAS
DENSIDADES DE POBLACIÓN**



Tesis

**Que como requisito parcial para obtener el grado de
Maestro en Ciencias en Horticultura**



PRESENTA

Márquez Diego José Jesús

DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

Bajo la supervisión de: Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez



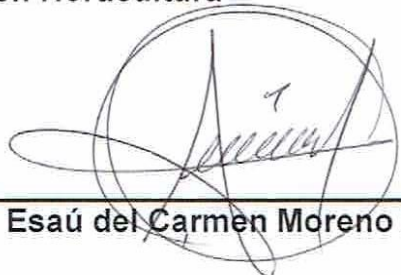
Chapingo, Edo. De México, junio de 2017.

EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE JITOMATE CON DESPUNTE A UNA INFLORESCENCIA POR PLANTA EN ALTAS DENSIDADES DE POBLACIÓN

Tesis realizada por el ingeniero José Jesús Márquez Diego, bajo la dirección del comité asesor asignado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

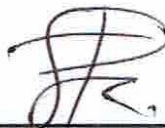
Maestro en Ciencias en Horticultura

Director:



Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez

Asesor:



Dr. Felipe Sánchez del Castillo

Asesor:



Dr. Jesús Magdaleno Villar

Chapingo, Estado de México, junio del 2017

DEDICATORIAS

Con todo cariño dedico esta tesis a mis padres, por su apoyo y su siempre incondicional amor.

A mis hermanos menores Isis y Diego, los cuales constantemente me llenan de orgullo.

Por su puesto a mis princesas que son mí mayor motivo.

AGRADECIMIENTOS

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

Al Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez, por su ayuda y enorme paciencia, igualmente a los Doctores Felipe Sánchez del Castillo y J. Jesús Magdaleno Villar por sus aportaciones en el presente trabajo.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Instituto de Horticultura.

DATOS BIOGRÁFICOS

José Jesús Márquez Diego nació en Tuxpan, Nayarit, en mayo de 1991.

Es egresado en el 2013 del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

Laboró como Investigador dentro de la Empresa Bayer CropScience del 2013 – 2014.

En el 2015 ingresó a la Maestría en Horticultura del instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Objetivos	21
1.2. Hipótesis.....	21
2. REVISIÓN DE LITERATURA	22
2.1. Jitomate	22
2.1.1. Generalidades	22
2.1.2. Importancia mundial	23
2.1.3. Importancia nacional	24
2.2. Producción de jitomate bajo invernadero.....	25
2.2.1 Producción en hidroponía	26
2.3. Oferta y demanda	28
2.4. Sistema de producción convencional de jitomate	29
2.5. Sistema de despuntes tempranos y altas densidades	31
2.6. Sistema de dosel escaleriforme	33
3. MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. Fase 1: Evaluación del rendimiento de variedades contrastantes de jitomate con despunte temprano en altas densidades de población	34
3.1.1. Material vegetal	34
3.1.2. Descripción de los tratamientos y diseño experimental	39
3.1.3. Las variables evaluadas fueron las siguientes:	40
3.1.4. Análisis estadístico	41
3.2. Fase 2: Evaluación de 12 variedades contrastantes de jitomate en dos sistemas de producción (dosel en forma uniforme y escaleriforme)	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44

4.1. Fase 1: Evaluación del rendimiento y sus componentes en variedades de jitomate bola y saladette bajo un sistema de producción a un racimo por planta, dosel escaleriforme y altas densidades de población.	45
4.1.1. Jitomate tipo bola	45
4.1.2. Jitomate tipo saladette	47
4.2. Fase 2: Evaluación de variedades seleccionadas, bola y saladette de jitomate, bajo un sistema de producción a un racimo por planta en alta densidad de población, tanto en disposición de dosel uniforme como de dosel escaleriforme.	50
4.2.1. Plantas dispuestas en dosel uniforme	50
4.2.1.1. Variables morfológicas y de precocidad, en variedades de jitomate tipo bola	50
4.2.1.2. Variables del rendimiento en jitomate tipo bola	53
4.2.1.3. Variables morfológicas y de precocidad, en variedades de jitomate tipo saladette	57
4.2.1.4. Variables de rendimiento en jitomate tipo saladette	59
4.2.2. Dosel de producción escaleriforme	63
4.2.2.1. Variables morfológicas y de precocidad, en variedades de jitomate tipo bola	63
4.2.2.1.1. Análisis de las Interacciones significativas.	64
4.2.2.2. Variables del rendimiento en jitomate tipo bola	69
4.2.2.2. Variables morfológicas y de precocidad, en variedades de Jitomate tipo saladette.	73
4.2.2.3. Variables de rendimiento, número y peso medio de frutos en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel uniforme.	76
5. CONCLUSIONES.....	79
6. LITERATURA CITADA.....	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos en jitomate tipo bola	45
Cuadro 2. Comparaciones de medias de las variables del rendimiento, número y peso medio de frutos entre variedades de jitomate tipo bola.	46
Cuadro 3. Comparaciones de medias de las variables del rendimiento, número y peso medio de frutos entre densidades de población en jitomate tipo bola.	46
Cuadro 4. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos en jitomate tipo saladette.	47
Cuadro 5. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre variedades de jitomate tipo saladette.	48
Cuadro 6. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre densidades de población para jitomate tipo saladette.	48
Cuadro 7. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables altura de plantas, densidad de follaje, días a floración y días a maduración en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.	50
Cuadro 8. Comparaciones de medias de las variables altura de planta, densidad de follaje, días a floración y días a maduración, entre variedades de jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.	52
Cuadro 9. Comparaciones de medias de las variables altura de planta, densidad de follaje, días a floración y días a maduración entre densidades de población en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.	52

Cuadro 10. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.	53
Cuadro 11. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de fruto entre variedades de jitomate tipo bola bajo el sistema de dosel uniforme.	55
Cuadro 12. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre densidades de población en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.	55
Cuadro 13. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso de frutos, entre densidades de población para las variedades Drw7834 y Cedral.....	56
Cuadro 14. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables altura, densidad de follaje, días a floración y días a maduración en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel uniforme.	58
Cuadro 15. Comparaciones de medias de las variables altura de plantas, densidad de follaje, días a floración y días a maduración entre variedades en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel uniforme.	59
Cuadro 16. Comparaciones de medias de las variables altura de planta, área foliar, días a floración y días a maduración en Jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel uniforme.	59
Cuadro 17. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.	60
Cuadro 18. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre variedades en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel uniforme.	61

Cuadro 19. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso de frutos entre densidades en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel uniforme.	61
Cuadro 20. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso de frutos entre densidades para las variedades Bullseye y Namib.....	62
Cuadro 21. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables densidad de follaje, días a floración, días maduración y altura de plantas en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel escaleriforme.	64
Cuadro 22. Comparaciones de medias de las variables de altura de planta, densidad de follaje, días a floración y días a maduración entre variedades de jitomate tipo bola bajo sistema de dosel escaleriforme.	68
Cuadro 23. Comparaciones de Medias de las variables altura de planta, densidad de follaje, días a floración y días a maduración entre densidades de jitomate tipo bola bajo sistema de dosel escaleriforme.	69
Cuadro 24. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.	69
Cuadro 25. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre variedades en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.	71
Cuadro 26. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre densidades de jitomate tipo bola bajo sistema escaleriforme.	71
Cuadro 27. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre densidades de las variedades Drw7834 e Imperial.	72

Cuadro 28. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables altura de planta, densidad de follaje, días a floración y días a maduración en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel escaleriforme.	74
Cuadro 29. Comparaciones de medias de las variables de altura de plantas, densidad de follaje, días a floración y días a maduración entre variedades para jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel escaleriforme.	75
Cuadro 30. Comparaciones de medias de las variables de altura de planta, densidad de follaje, días a floración y días a maduración entre densidades en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel uniforme.	75
Cuadro 31. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos, en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel escaleriforme.	76
Cuadro 32. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre variedades de jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel escaleriforme.	77
Cuadro 33. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre densidades de jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel escaleriforme.	78
Cuadro 34. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso de frutos entre densidades para las variedades Bullseye y Namib bajo sistema de dosel escaleriforme.	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cultivo de Jitomate bajo el sistema de producción de dosel escaleriforme.	39
Figura 2. Vista general del segundo experimento.....	42
Figura 3. Porcentaje de frutos de diferentes tamaño (jumbos, grande, mediano y pequeño) de jitomate bola bajo sistema de dosel uniforme	57
Figura 4. Interacción Variedad * Densidad para la variable densidad de follaje	65
Figura 5. Interacción Variedad * Densidad para la variable altura de plantas. ..	66
Figura 6. Interacción Variedad * Densidad para la variable de días a floración	67
Figura 7. Porcentaje de frutos de diferentes tamaños (Jumbo, grande, mediano y pequeño) de jitomate bola bajo sistema escaleriforme	73

EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE JITOMATE CON DESPUNTE A UNA INFLORESCENCIA POR PLANTA EN ALTAS DENSIDADES DE POBLACIÓN

Evaluation of tomato varieties with blunting to a one inflorescence per plant in high population densities.

Márquez Diego José Jesús¹ y Moreno Pérez Esaú del Carmen²

Resumen

El objetivo del estudio, fue evaluar el rendimiento de distintas variedades de jitomate establecidas en dos densidades de población, con arreglo de las plantas para formar un dosel uniforme, así como su comportamiento al formarse un dosel escaleriforme, con despunte de las plantas para cosechar un solo racimo, y con un manejo del cultivo en hidroponía bajo invernadero. Se tuvieron dos fases de estudio. En la primera se evaluó el rendimiento de 20 variedades contrastantes por su tipo de fruto (tipo bola y saladette) y hábito de crecimiento (determinado e indeterminado) en un dosel escaleriforme. A partir de estos resultados preliminares, se eligieron 12 variedades, las cuales fueron evaluadas, tanto en el arreglo de plantas con dosel uniforme, como escaleriforme, en cada caso con dos densidades de población. Las variedades evaluadas en la segunda fase fueron: bola determinada (Suzan, Drd8537 y Drd8539), bola indeterminada (Cedral, Imperial y Drw7834), saladette determinada (Namib, Bullseye y SV3543TE) y saladette indeterminada (Paipai, Condor y Drk2189). Las densidades fueron: 20 y 25 plantas m^{-2} útil para el sistema de dosel uniforme y, 24 y 30 plantas m^{-2} útil para el escaleriforme. Se midieron caracteres morfológicos, fenológicos y del rendimiento y sus componentes. En ambos sistemas, también se evaluó el efecto de la posición de hileras de plantas (Este, Central, Oeste) en el rendimiento. Se usó el diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, con cuatro repeticiones. Se encontró que con el manejo de las plantas en un dosel uniforme, de las variedades tipo bola destacaron por su rendimiento Drd7834 y Cedral con 19.6 y 21 $kg \cdot m^{-2}$ útil, respectivamente, y de las de tipo saladette, Bullese y Drk2189 con 14 $kg \cdot m^{-2}$ útil. En el sistema escaleriforme fueron las variedades Drd7834 con 22 $Kg \cdot m^{-2}$ e imperial con 20 $Kg \cdot m^{-2}$ útil ambas de tipo bola, y Bullseye con 14 $Kg \cdot m^{-2}$ útil de tipo saladette las más sobresalientes. Con excepción de Bullseye, en la cual se obtuvo mayor rendimiento en la densidad más alta (30 plantas m^{-2} útil) con el sistema

escaleriforme, en el resto de variedades no hubo diferencias estadísticas entre densidades. Tampoco se encontró diferencia en rendimiento en las distintas ubicaciones de hileras de plantas.

Palabras clave: dosel escaleriforme, dosel uniforme, altas densidades, *Solanum Lycopersicum* L.

- 1- Tesista
- 2- Director

Summary

The objective of this, was to assess the yield that can be obtained with different tomato varieties planted in two population densities, the arrangement of plants in a uniform canopy, as well as their behaviour in a ladder-shaped canopy, with early pruning in order to harvest only one raceme, and with crop management under hydroponic greenhouse conditions. The study had two experimental phases. In the first, the yield from 20 contrasting varieties was evaluated by type of fruit (round and saladette tomato) and growth habit (determinate and indeterminate) in a ladder-shaped canopy. Based on these preliminary results, 12 varieties were selected and then evaluated in both a uniform and a ladder-shaped canopy arrangement, in each case under two population densities. The varieties evaluated in this second experimental phase were: determinate round tomato (Suzan, Drd8537 and Drd8539), indeterminate round (Cedral, Imperial and Drw7834), determinate saladette (Namib, Bullseye and SV3543TE) and indeterminate saladette (Paipai, Condor and Drk2189). The population densities were: 20 and 25 plants per useful m^{-2} for the uniform system, and 24 and 30 plants per useful m^{-2} for the ladder-shaped canopy. Morphological and phenological characteristics, and yield components were measured. In both systems, the effect of plant row position (eastern, central, and western) on yield was assessed.

A completely randomized block experimental design in a split-plot arrangement with four replicates was used. It was found that with the plants managed under a uniform canopy, the varieties of round tomato that stood out because of their yield were Drd7834 and Cedral with 19.6 and 21 kg per useful m^{-2} , respectively, and among the saladette tomatoes, Bullseye and Drk2189 with 14 kg per useful m^{-2} . In the ladder-shaped canopy system, the varieties Drd7834 with 22 kg per useful m^{-2} and imperial with 20 kg per useful m^{-2} , both of round tomato, and saladette-type Bullseye with 14 kg per useful m^{-2} were the most outstanding

varieties. With the exception of Bullseye, which obtained the highest yield under the highest density (30 plants per useful m⁻²) with a ladder shaped canopy system, in the rest of the varieties there were no statistical differences among population densities. Neither was any difference in yield found among the different plant row positions.

Keywords: ladder-shaped canopy, uniform canopy, high population densities, *Solanum lycopersicum* L.

1- Student

2-Advisor

1. INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la segunda hortaliza más importante a nivel mundial (De Giglio, 2003; Martínez *et al.*, 2013). Esta especie es originaria de la planicie costera occidental de América del Sur, pero se considera a México como su centro de domesticación (Peralta y Spooner, 2007; Rodríguez *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2014). En México anualmente se cosechan aproximadamente 52,400 hectáreas, con una producción de 2,875,164.08 toneladas, con rendimiento promedio en campo de 57 t ha⁻¹ (SIAP – SAGARPA, 2014). Esto deja claro que el jitomate, es uno de los cultivos hortícolas más importantes de nuestro país, debido al valor de su producción, ocupación de mano de obra y generación de divisas, además de ser el principal producto olerícola de exportación.

La producción de jitomate en invernadero en México, derivó de las experiencias generadas en otros países, dentro de las cuales se incluía el tipo de estructuras, variedades, sistema de riego, fertilización y manejo fitosanitario (Grijalva *et al.*, 2009). De una superficie de 20,000 has de invernaderos que hay actualmente en México, alrededor del 70 % es cultivada con jitomate (SAGARPA, 2010). El sistema de producción más usado consiste en utilizar variedades de crecimiento indeterminado (generalmente de tipo bola), en donde se manejan densidades de población de 2 a 3 plantas·m², con plantas que llegan a crecer más de 7 m de largo, con áreas foliares que sobrepasan 1 m² por planta. En invernaderos con muy buen control de clima y del ambiente en la raíz, se logran cosechar de 15 a 25 racimos por planta a lo largo del año, lo que implica ciclos largos de cultivo que llegan a durar hasta 10 meses desde el trasplante hasta el final de la cosecha (Ponce *et al.*, 2000; Sánchez del C. *et al.*, 2014) con un rendimiento que fluctúa de 300 a 500 t·ha⁻¹·año⁻¹, pero los costos de producción cuando se manejan invernaderos de alta tecnología son muy elevados, llegando eventualmente a niveles de 500,000 dólares por hectárea por año (Picken, 1984; Vooren *et al.*, 1986; Hanan, 1998; Resh, 2001; Méndez *et al.*, 2005).

El largo ciclo de cultivo, se traduce en una serie de problemas que afectan la producción, tales como la ocurrencia de heladas o el calor excesivo que dificultan el buen desarrollo de las plantas en ciertas épocas del año (FAO, 2013), sumándole una alta incidencia de plagas y enfermedades (Medina, 2011; Sañudo, 2013). 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; Pastor, 2014).

El mercado del jitomate se comporta también como la mayoría de los productos agrícolas, es decir con fluctuaciones en producción y comercialización (Wilson y Thompson, 2003; Wilson, Thompson Cook, 1997; Ortega y Padilla, 2006) y aunque se produce jitomate durante todo el año, es en los primeros meses del año donde se concentra su mayor producción, principalmente en los meses de enero, febrero y marzo, que es cuando se genera el tope de producción nacional en cultivos a cielo abierto, siendo el principal productor el estado de Sinaloa, con una producción que representa aproximadamente el 35 % del total nacional, con lo que se abastece al mercado nacional y la mitad de las importaciones norteamericanas. Por otro lado, su nivel mínimo de producción lo tiene durante el verano, en los meses de junio y julio, presentando un ligero incremento hacia finales del año, excepto noviembre y diciembre, periodo en que generalmente se tiene la menor producción y el mayor precio del año (SAGARPA, 2010). Las variaciones en la producción, afectan el precio del producto, el cual es muy cambiante a lo largo del año, inclusive en varias ocasiones en un mismo día (Padilla, 2001; Ortega y Padilla, 2006).

Aunque el cultivo de jitomate es un negocio altamente rentable, es sumamente especulativo; por ello es necesario combinar altos rendimientos con buenos precios para lograr éxito en la producción (Muñoz, 1995; Sánchez *et al.*, 2014). Los productores deben lidiar con los precios bajos a lo largo del año, que aunque llegan a existir precios arriba de 30 pesos al consumidor, será el eslabón primario

(el productor) quien participe en menor porcentaje en el precio final, con aproximadamente el 24 %, siendo el sector intermediario (intermediarismo) el que normalmente obtiene mayores ganancias (Cih *et al.*, 2013).

Dada la problemática de manejo que presenta el sistema convencional de producción de jitomate señalado, y considerado las fluctuaciones en precios de éste en el mercado, se inició a principios de los 90's en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, una línea de investigación sobre jitomate en hidroponía bajo invernadero, con la finalidad de generar paquetes tecnológicos de menor costo inicial que los sistemas hidropónicos practicados en los países desarrollados (sistema de producción convencional y de empresas de jitomate en México), pero que fueran igualmente productivos, que permitieran producir varios ciclos de cultivo al año en forma muy redituable, y lo suficientemente fáciles desde el punto de vista técnico, de tal manera que fuera llevado a la práctica principalmente por pequeños y medianos productores del país (Sánchez *et al.*, 1991) lo cuales dominan en número.

Como resultado de dichas investigaciones se ha generado un sistema alternativo de producción que consiste en la aplicación de dos estrategias: la primera trata del manejo de plantas con despuntes tempranos del ápice y la poda de brotes laterales para dejar de uno a tres racimos por planta, compensado la menor producción por planta con densidades altas, que varían según el nivel de despunte; se utilizan camas de cultivo con 1 a 1.2 m de ancho, rellenas de arena de tezontle, y sistema de riego sencillo a base de cintillas con goteros, actualmente se manejan cuatro hileras de plantas a lo largo de cada cama, todas podadas a la misma altura de manera que se forma un dosel uniforme. Jorge y Sánchez (2003), concluyen que la producción a un racimo con 25 plantas·m⁻² obtienen el mayor número de frutos por racimo y el máximo peso. Con este esquema de producción se pueden obtener hasta cuatro ciclos de cultivo por año rebasando la productividad anual de los sistemas convencionales (Sánchez *et al.*, 1991; Sánchez *et al.*, 1998; Ponce, 1998; Bastida, 2012). 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 *et al.*, 1998; Méndez *et al.*, 2005). La principal ventaja del despunte temprano de las plantas de jitomate, es que se logra concentrar toda la cosecha en un intervalo de tiempo muy corto (un mes), mismo que se puede hacer coincidir con las fechas en que los precios del producto son los más altos en el mercado, y así incrementar la rentabilidad (Sánchez y Ponce, 1988; Sánchez *et al.* (1999); Ucan *et al.*, 2005).

Otra ventaja importante que se tiene con el acortamiento del ciclo, es que se tiene mayor probabilidad de escapar a plagas y enfermedades, lo cual permitiría ingresar a mercados más selectivos tal como el “consumidor ecológico”, ya que cada vez más, los consumidores prefieren alimentos libres del uso de pesticidas, dispuestos a pagar un precio extra por adquirir alimentos obtenidos bajo un sistema de producción orgánico certificado (Alvajana *et al.*, 2004; Gewin, 2004; Heeb *et al.*, 2005; Graham, 2007; De la Cruz-Lazaro *et al.*, 2010; Márquez *et al.*, 2013).

Gómez *et al.* (1999) menciona que los cuatro principales problemas que enfrenta la agricultura orgánica en México son: 1. Comercialización debido a la oferta y demanda 2. Limitantes ambientales por zonas aledañas donde se utilicen agroquímicos 3. Altos costos de producción y 4. Insuficiencia de capacitación. Dichos problemas pueden reducirse con el sistema de altas densidades de población y despuntes tempranos.

No obstante, un inconveniente del manejo de las plantas con un dosel uniforme, que es como normalmente se maneja en camas de cultivo, en cuatro hileras, las plantas de las hileras centrales con competencia completa, rinden menos que las de las orillas que reciben mayor cantidad de luz debido a que colindan con los pasillos (Ucan *et al.*, 2005), debido a la diferencia en cuanto a ventilación e

iluminación de plantas. Por ello una segunda estrategia que se ha estudiado, es el acomodo de plantas a distintos niveles de altura, formando un dosel en forma de escalera (escaleriforme), para fomentar que todas las plantas reciban igual cantidad de luz, lo que permitirá mayor productividad tal y como se ha mostrado en trabajos como los de Méndez *et al.* (2005), Vázquez *et al.* (2007), Bastida, (2012) y Pastor, 2014, entre otros.

El ciclo más corto de trasplante a fin de cosecha (hasta dos meses y 10 días con cinco ciclos de cultivo potenciales por año) y la mayor concentración posible de la cosecha (10 días o la posibilidad de un solo corte) se logra con el despunte de las plantas para dejarles un solo racimo combinado con un trasplante tardío; es decir con plántulas de mayor edad (45 a 60 días). Con excepción del trabajo desarrollado por Sánchez y Ponce (1998) y Jorge y Sánchez (2003), todos los estudios llevados a cabo en sistemas de alta densidad y despuntes tempranos, con arreglo de plantas formando un dosel uniforme o escaleriforme, normalmente se han hecho con plantas podadas al tercer racimo, por lo que no se conoce el comportamiento de las plantas y el rendimiento que se puede lograr podando las plantas a un solo racimo para cada sistema, y tampoco se sabe el efecto que tiene el manejo de las plantas a este nivel de poda en la posición de las hileras de plantas.

Asimismo, las empresas productoras, han generado nuevas variedades tanto de crecimiento determinado como indeterminado y no se conoce su comportamiento cuando son manejadas con despuntes tan tempranos como para dejarles un sólo racimo por planta en densidades de población tan altas como las aquí señaladas.

Por lo anterior, se consideró de interés llevar a cabo esta investigación con los objetivos que a continuación se indican.

1.1. Objetivos

1. Evaluar el rendimiento y el peso medio de fruto de distintas variedades de jitomate establecidas en diferentes densidades de población, tanto en arreglo de las plantas para formar un dosel uniforme, como un dosel escaleriforme, con niveles de despunte a un solo racimo por planta en condiciones de hidroponía e invernadero.

1.2. Hipótesis

2. Es posible incrementar el rendimiento por unidad de superficie mediante altas densidades y despuntes tempranos en un dosel con hileras de plantas de diferente altura.
3. La variabilidad genética provocará que algunas variedades tengan mayor rendimiento por planta y por unidad de superficie y un mayor tamaño de fruto para las condiciones a las que serán sometidas (despunte para dejar un racimo por planta, muy altas densidades de población, disposición de las plantas para conformar un dosel uniforme o escaleriforme).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Jitomate

2.1.1. Generalidades

El jitomate pertenece a la familia Solanaceae y su nombre científico habitual es *Solanum lycopersicum* L. Es una hortaliza cultivada normalmente como anual, pero cuya duración vegetativa en condiciones climáticas favorables puede prolongarse varios años; su importancia en México radica en la gran cantidad de hectáreas que son sembradas anualmente y su alto consumo (Ramos *et al.*, 2006; Pérez *et al.*, 2013).

Descripción: El jitomate es, en sentido estricto, una fruta, pues nace de una flor y tiene semillas de las cuales nacerá otra planta. Ya sea que le llamemos tomate o jitomate, dependiendo de la región de México, constituye uno de los ingredientes más utilizados en la cocina de nuestro país y de una buena parte del mundo (SIAP-SAGARPA, 2016).

Origen: pertenece a la familia de las Solanáceas junto con el tabaco, el chile y la papa; es originario de la América del Sur, de la región andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile. Sin embargo, su domesticación fue llevada a cabo en México. El nombre de jitomate procede del náhuatl xictli, ombligo y tomatl, tomate, que significa tomate de ombligo (Ramírez y Sáinz, 2006).

Planta: Porte erecto, arbustivo, cultivo de tipo anual. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento indeterminado (SAGARPA, 2008).

Hojas: Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos

glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo (Escalona *et al.*, 2009).

Sistema radical: El sistema radical alcanza una profundidad de hasta 2 m, con una raíz pivotante y muchas raíces secundarias. Sin embargo, bajo ciertas condiciones de cultivo, se daña la raíz pivotante y la planta desarrollada resulta en un sistema radical fasciculado, en que dominan raíces adventicias y que se concentran en los primeros 30 cm del perfil (Escalona *et al.*, 2009).

Fruto: El fruto es una baya ovalada, redonda o periforme. Su tamaño va desde pequeños frutos del tamaño de una cereza, hasta enormes frutos de 750 gr. Las semillas son grisáceas, de tamaño pequeño, discoidal y recubierto por vellosidades. En 1 g puede haber hasta 350 semillas y su capacidad germinativa dura cuatro o cinco años (Ramos *et al.*, 2006).

Flores: Las flores son hermafroditas, se presentan formando inflorescencias que pueden ser de cuatro tipos: racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima múltipara; pudiendo llegar a tener hasta 50 flores por inflorescencia en el caso de variedades cerasiformes. Normalmente el tipo simple se encuentra en la parte baja de la planta, predominando el tipo compuesto en la parte superior (SAGARPA, 2008).

2.1.2. Importancia mundial

El jitomate es un producto agrícola con una alta importancia económica y tiene una gran popularidad por ser cultivado en todo el mundo (FAOSTAT, 2011). En los últimos años el consumo mundial per cápita de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en fresco o procesado se ha incrementado significativamente, haciendo de este cultivo el segundo vegetal más importante a nivel mundial. En consecuencia, en varios países también se ha incrementado la producción agrícola, en algunos de ellos sobre todo en condiciones de invernadero (DeGiglio, 2003; Martínez *et al.*, 2013).

Su amplio consumo se atribuye a la versatilidad de su uso, y tiene importancia mundial por las siguientes razones: a) tiene una amplia variedad de usos para el consumo fresco, b) puede transformar en diversos productos, tales como pastas mínimamente procesadas, jugos, salsas y sopas (Labate *et al.*, 2007; Gómez, 2012) c) presenta un sabor universalmente apreciado en más de 120 recetas culinarias, d) cuenta con un alto valor nutritivo, con altos contenidos de vitaminas A y C, y e) su alto valor comercial por unidad de superficie cultivada (Von Haeff, 1983). Por su contenido de licopeno posee propiedades antioxidantes que actúan protegiendo a la células humanas del estrés oxidativo, producido por la acción de radicales libres que son uno de los principales responsables del envejecimiento y del cáncer (Bugianesi *et al.*, 2004; Borguini y Ferraz, 2009; Notario y Corona, 2012).

A nivel mundial representa la segunda hortaliza más cultivada, con una producción aproximada de 210 millones de toneladas (FAO, 2012); los principales países productores son: China, India, Estados Unidos, Turquía, Irán, Italia, España, Brasil y México. En el año 2008, México fue el país que obtuvo el mayor volumen exportado con 1.042.730 toneladas, le siguieron España y Holanda (FAOSTAT, 2012). Debido a esta circunstancia, hay una gran demanda por los productores mexicanos de nuevas tecnologías que permitan obtener más y mejores producciones.

2.1.3. Importancia nacional

México es el principal exportador de jitomate fresco a nivel mundial, con cerca del 20 % del volumen y 25 % del valor comerciados, que se destinan principalmente a EEUU. El país exporta alrededor de 1.5 millones de toneladas anuales, que representan entre el 50 y 70 % del volumen de producción; en 2012, el valor de las exportaciones alcanzó más de 22 mil millones de pesos (mdp), y para 2013 se estima que alcanzó los 23 mil mdp (FND, 2014). Para el 2014 nacionalmente se

obtuvo una producción de 2, 875,164.00 toneladas, encabezando el estado de Sinaloa con el 30.1 % del total, seguido San Luis Potosí y Michoacán con un porcentaje de 6.8 y el 5.9, respectivamente (SIAP–SAGARPA, 2014).

En el mercado Estadounidense, el 80 % de las importaciones de jitomate son de origen Mexicano, en segundo lugar, se ubica Canadá, con 18 % de importaciones realizadas por EE.UU.; seguido a gran distancia por Holanda, Guatemala y República Dominicana, los que en su conjunto no superan el 2 % de participación (SAGARPA, 2010).

2.2. Producción de jitomate bajo invernadero

El jitomate es un cultivo muy popular dentro de la agricultura protegida (Hochmuth, 2012), el cual es un sistema realizado bajo diversas estructuras y cubiertas entre las que destacan los invernaderos (Ortega *et al.*, 2014), ya que los invernaderos permite modificar y controlar de forma más eficiente los principales factores ambientales que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales (Juárez *et al.*, 2011). Es un sistema para proteger a los cultivos al minimizar las restricciones y efectos que imponen los efectos climáticos tales como las bajas temperaturas en el invierno (FAO, 2013). 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).

Aunque la industria de los invernaderos nació y se desarrolló en Europa, para principios de los 80's empezó a tomar impulso en América, sobretudo en Canadá y algunas regiones de Estados Unidos, y en México, aunque desde los 70's nacen en el altiplano con la producción de flores (sobre todo en el Estado de México y Morelos), es a finales de los 90's que comienzan a desarrollarse en forma importante en la producción intensiva de las hortalizas, pasando de 1998 al 2006 (tan solo ocho años), de 600 a más de 6,500 hectáreas, así, de tener zonas muy

delimitadas para la producción de hortalizas en campo abierto como Sinaloa, Sonora, Baja California, Michoacán y el Bajío; en la actualidad, es posible producir en todos los estados de la república y durante los 365 días del año bajo agricultura protegida (Garza y Molina, 2008).

Los cultivos que ocupan mayor superficie en invernadero a nivel nacional son jitomate (bola, racimo y cherry) con 65 %, pepino 20 %, pimiento 10 % y el resto se distribuye entre melón, sandía, calabaza y ornamentales (Molina y Steta, 2004; Grijalva *et al.*, 2009). Por lo tanto el cultivo del jitomate en México tiene una trascendencia social muy importante, puesto que una parte considerable de la población económicamente activa se encuentra relacionada directa o indirectamente con esta actividad. Además representa una importante fuente de empleo para un considerable número de familias en México (COFUPRO, sin año).

Según Ponce (2013), en México, la horticultura protegida está en amplio crecimiento y desarrollo. En el año de 1980 se reportaron 300 hectáreas con este sistema de producción y en 2013 alrededor de 12 000 ha. Actualmente están bajo cubierta 20,000 ha, de las cuales 12,000 son de invernaderos y 8000 de estructuras denominadas casa-sombra (AMHPAC, 2013; Ponce, 2013; Sánchez *et al.*, 2014). Los Estados que concentran el mayor número de hectáreas de cultivo en invernadero son: Sinaloa, Baja California Norte, Sur, y Jalisco; en estas cuatro entidades se encuentra más del 50 % de la producción total de cultivos protegidos (Juárez *et al.*, 2011).

2.2.1 Producción en hidroponía

La hidroponía es un sistema de producción intensiva de plantas, que 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 esenciales (N, P, K, Ca, Mg, S., etc.); como la hidroponía no usa suelo, las plantas padecen de menos enfermedades y, en consecuencia el uso de pesticidas se reduce.

Considerando que el 70 % del agua mundial es usada por la agricultura, la hidroponía representa una gran oportunidad para incrementar la sustentabilidad del presente (Ruiz y Andrade, 2014). Esta técnica es una de las tecnologías que mayor impacto ha tenido en el ámbito productivo (Espinosa, 2010); Sin embargo, 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).

La técnica de Hidroponia cuenta con muchas ventajas comparado con el sistema tradicional en suelo entre las que destacan: mayor eficiencia en la regulación de la nutrición, utilización más eficiente del agua y los fertilizantes, bajos costos de la desinfección del medio de cultivo, mayor densidad de plantas y la mayor producción por unidad de superficie y mayor intensidad del uso del suelo. 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 conocimiento del manejo del sistema, así como de fisiología y de nutrición vegetal ya que desbalances hormonales causan un efecto inmediato (Sánchez y Escalante, 1988; Gilsanz, 2007 citado por Pastor, 2014).

En México, los primeros antecedentes que se tienen sobre el uso de prácticas con hidroponía datan desde la época prehispánica, ya que se tiene conocimiento que los aztecas, con el uso de la chinampa, fueron la primera civilización humana en usar agricultura hidropónica eficientemente (OASIS, sin fecha).

Aunque el uso de la hidroponía ha sido relativamente poco (Longar *et al.*, 2013) ha ido creciendo conjuntamente con el crecimiento de la superficie en invernadero (Pineda *et al.*, 2012), igualmente, Vargas *et al.* (2014), mencionan que en México la producción de hortalizas en condiciones de invernaderos e hidroponía se está extendiendo rápidamente.

2.3. Oferta y demanda

No obstante que el jitomate es un producto que se cosecha a lo largo de todo el año, pero es en los primeros meses del mismo en que se concentra su producción, principalmente en los meses de enero, febrero y marzo, gracias al estado de Sinaloa, que produce el 35 % del total nacional y que abastece al mercado interno y la mitad del norteamericano. En estas fechas el precio en el mercado nacional suele ser el más bajo. El nivel más bajo de producción lo tiene durante el verano, en los meses de junio y julio, presentando un ligero incremento de agosto a octubre, para volver a escasear a finales del año, periodo en el que los precios suelen ser los más altos del año (SAGARPA, 2010; SNIIM, 2017).

La forma más común para descubrir los precios en el sector hortícola en México es la negociación entre particulares, individuos u organizaciones, ambos con diferente información acerca de los precios y las características del producto. La oferta y demanda nacional e internacional de jitomate se relaciona con volúmenes de producción, su tipo de producto y su destino. De nada sirve producir en campo jitomate en cantidad, calidad y continuidad durante el año si no se tiene asegurada la venta, más cuando se trata de una cosecha perecedera (Zamudio y Flores, 2013).

Los cambios de precios del productor al consumidor se transmiten más rápidamente cuando existe un incremento de precios en comparación con un decremento, lo que ocasiona que se tenga la creencia común de que los consumidores no se benefician con las reducciones de precios, por lo tanto es de carácter asimétrica; es decir, los cambios en los precios al productor no se reflejan proporcionalmente en el precio que recibe el mayorista (central de abasto) y el menudista.

2.4. Sistema de producción convencional de jitomate

El paquete tecnológico aplicado para la producción de jitomate en invernadero, inició con las experiencias generadas en otros países, dentro de las cuales se incluía el tipo de estructuras, variedades, sistema de riego, fertilización y manejo fitosanitario (Grijalva *et al.*, 2009); dicho paquete por lo general consiste en utilizar variedades de crecimiento indeterminado (generalmente de tipo bola), en donde se manejan densidades de 2 a 3 plantas·m⁻² que llegan a crecer más de 7 m de largo, con área foliar que sobrepasa de 1 m² por planta. Con este sistema, en invernaderos con muy buen control de clima y del ambiente en la raíz, se logran cosechar de 15 a 25 racimos por planta por año, lo que implica ciclos largos de cultivo, que llegan a durar hasta 10 meses desde el trasplante hasta el final de la cosecha (Ponce *et al.*, 2000; Sánchez *et al.*, 2014). Con esto es posible obtener rendimientos de 300 a 400 t·ha⁻¹ año⁻¹ (Picken, 1984; Vooren *et al.*, 1986; Hanan, 1998; Resh, 2001 Citado por Méndez *et al.*, 2005).

Aunque el sistema convencional, es altamente redituable y se obtienen cosechas intermitentemente durante todo el año, presenta también una fuerte problemática que va en aumento con el tiempo, la cual se describen a continuación:

1. Los elevados costos de construcción de invernaderos, ya que deben ser muy altos (más de 6 m), soportar cargas por tutoreo de más de 25 kg·m² y tener resistencia a vientos con velocidades de más de 100 km·h⁻¹. El soporte para el tutoreo de plantas que es totalmente necesario, ya que las plantas con crecimiento indeterminado alcanzan hasta 12 metros de largo, la planta se amarra alrededor del tallo y en la parte superior se sujeta al cable de soporte del invernadero, esta actividad se auxilia con anillos sujetadores al hilo rafia que abrazan al tallo, impidiendo que las plantas se resbalen por el peso de sus hojas y frutos (Nuño, 2007).

2. Costos de producción muy elevados que pueden llegar a valores de 500,000 dólares por hectárea por año (Picken, 1984; Vooren *et al.*, 1986; Hanan, 1998; Resh, 2001; Citado por Méndez *et al.*, 2005).

3. La poda es una práctica agronómica utilizada para obtener plantas equilibradas y vigorosas, y a su vez buscar que los frutos no queden ocultos entre el follaje y mantenerlos aireados y libres de condensaciones. Consiste en eliminar las hojas maduras y en caso necesario, hojas que todavía están en actividad fotosintética; la práctica inicia con la eliminación de las hojas más viejas y preferentemente se deben de eliminar entre dos y tres hojas por semana, por tallo productivo, se realiza en forma manual; o bien, utilizando tijeras previamente desinfectadas con cloro diluido, alcohol, sales cuaternarias de amonio, etc. También en ocasiones se hace poda de frutos. Esto con el objeto de homogeneizar y aumentar el tamaño de los frutos a cosechar, así como para obtener frutos de mayor calidad comercial la cual consiste en eliminar frutos inmaduros, mal posicionados, que presenten algún daño o deformidad, tamaño reducido, así como el exceso de frutos en el racimo (INIFAP, 2011). Todo lo anterior, son prácticas de cultivo que influirán en los costos de producción.

4. Bajada de plantas: El momento ideal para iniciar la bajada de planta es cuando el ápice está por alcanzar el alambre, antes de eso no se justifica y después de ese punto puede ser más riesgoso pues el tallo puede quebrarse. Primero se debe inclinar las plantas en el sentido que se van a bajar 2 días antes de la labor, como preparación para la planta. Para realizar la bajada de planta el encargado debe tomar el hilo y soltar la cantidad hilo requerida y desplazar la planta a su nueva posición. Para efectuar la labor el operario debe comenzar por un lado del lomo, de este modo el operario tiene suficiente espacio para seguir bajando las plantas, es necesario poner una estaca que permita rodear las plantas en la cabecera de la mesa en ambas puntas. La labor se debe realizar cuantas veces sea necesario para dar espacio al número de racimos que se tienen como objetivo, evitando siempre que el ápice sobrepase en alambre, siempre procurando cuidar las

heridas, y aplicando productos preventivos a enfermedades. Es conveniente además en los extremos o cabeceras de la mesa, colocar un tutor o estaca que permita que los tallos recostados en las cabeceras se mantengan en orden (SEMINIS, sin fecha).

5. Aunque con el sistema convencional es posible obtener cosechas intermitentes durante 5 a 7 meses del año, la calidad irá mermando con el transcurso del tiempo, además de bajar paulatinamente de la densidad de población (Sánchez *et al.*, 2009).

6. 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 para hacerla coincidir en las ventanas en que los precios son más altos (Vázquez *et al.*, 2007; citado por Pastor, 2014).

8. Lo largo del ciclo incrementa el riesgo de fuertes infecciones de plagas y enfermedades, que afectan el rendimiento y calidad del cultivo, lo que provoca la realización de aplicaciones constantes de productos químicos que buscan mantener a las plantas libres de plagas y enfermedades durante todo ese tiempo, afectado negativamente la rentabilidad del cultivo (Medina, 2011; Sañudo, 2013).

Además de una fuerte infección de plagas y enfermedades, que se anidarán en el cultivo, lo que provoca que se tengan que mantener a las plantas libres de plagas y en óptimas condiciones todo ese tiempo, las cuales en los últimos ciclos han afectado mayormente la rentabilidad del cultivo, reduciendo los rendimientos y por ende la economía de los agricultores (Medina, 2011; Sañudo, 2013).

2.5. Sistema de despuntes tempranos y altas densidades

Dados los problemas que presenta el sistema convencional, a principios de los 90's se inició en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, una línea de investigación sobre jitomate en hidroponía bajo

invernadero con la finalidad de generar paquetes tecnológicos de menor costo de producción que los sistemas convencionales ya señalados, pero que otorguen al menos el mismo rendimiento anual para lograr más rentabilidad económica y, a la vez, sean más fáciles de manejar desde el punto de vista técnico, de tal manera que fueran más accesibles para los productores del País (Sánchez *et al.*, 1991).

Este sistema consiste en despuntar tempranamente las plantas (eliminación de las yemas terminales) para dejarles de uno a tres racimos por planta cuya altura quede entre 50 a 90 cm y tenga un área foliar reducida, lo que hace factible establecerlas en altas densidades de población (Cancino *et al.*, 1991; Sánchez *et al.*, 1992; Sánchez y Corona, 1994; Sánchez y Ponce, 1998; Sánchez *et al.*, 1998; Sánchez *et al.*, 1999; Vázquez *et al.*, 2007).

Este sistema de despunte para dejar de 1 a 3 racimos en cada planta combinado con altas densidades de población tienen las siguientes ventajas:

1. Productividad potencial anual alta, incluso mayor que con el sistema convencional (Sánchez *et al.*, 1991).
2. Mayor probabilidad de escapar a enfermedades por el acortamiento del ciclo de cultivo.
3. Es un sistema adaptable a invernaderos de menor altura, por tanto factible con estructuras menos costosas, lo que contribuye a una mayor rentabilidad económica respecto al sistema convencional (Sánchez *et al.*, 1998; Sánchez *et al.*, 2012).
4. Otra gran ventaja de dicha propuesta tecnológica es que se puede concentrar la cosecha de todo un ciclo en un intervalo tan corto como 15 a 30 días, de tal manera que el productor puede programar ese intervalo de cosecha para aprovechar las ventanas de mercado cuando el precio es más alto. Cabe mencionar que este sistema ya está siendo aplicado por productores con buenos niveles de rentabilidad económica (Sánchez *et al.*, 1998).

2.6. Sistema de dosel escaleriforme

La distribución de plantas más utilizada en el sistema de producción de despuntes tempranos y altas densidades, en un sistema de dosel uniforme, consiste en camas de 1 a 1.3 m de ancho separadas por pasillos de 0.5 a 0.7 m de ancho, y las plantas se siembran en cuatro a seis hileras por tina extendidas a lo largo de ésta y generalmente orientadas en dirección norte-sur. En este caso, las plantas de las hileras exteriores, las que colindan con los pasillos, quedan bien iluminadas, en tanto que las de las hileras interiores, por tener competencia completa interceptan menos radiación, ya que sólo las hojas superiores no están sombreadas. La consecuencia, como lo señala Jarvis (1998), es una disminución del rendimiento por planta, que para este sistema de despuntes tempranos y altas densidades puede llegar a ser de 25 % en las plantas de las hileras interiores (Jorge y Sánchez, 2003).

Por lo tanto, buscando todavía mayor aprovechamiento de la radiación solar para incrementar la fotosíntesis y con ello el rendimiento, se ha planteado formar un dosel de plantas en forma de escalera (escaleriforme), en vez de un dosel uniforme como normalmente se cultiva, esto se puede lograr colocando las hileras de plantas orientadas en dirección norte sur a distintos niveles o escalones (Sánchez *et al.*, 2009). Así, al manejar dicho dosel con plantas despuntadas con uno a tres racimos, se esperaría una distribución de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) más homogénea por las distintas hojas que conforman el dosel, y con ello, lograr un aumento de la tasa de asimilación neta que puede conducir a un incremento del rendimiento por unidad de superficie (Gardner *et al.*, 1990; Sánchez *et al.*, 2009; Bastida *et al.*, 2012).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el campo experimental del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado a 19°20' de latitud Norte y 98°53' de longitud Oeste a 2250 msnm. Se tuvieron dos fases de evaluación, la primera fue en el ciclo primavera – verano del 2015, y la segunda en primavera – verano del 2016.

En la primera fase, se estableció un experimento en el que fueron comparadas, en rendimiento y sus componentes, 20 variedades, todas establecidas bajo un sistema de dosel escaleriforme. Con base en los resultados de este primer experimento, se estableció la segunda etapa, en la cual fueron comparadas las mismas variables en 12 variedades tanto en un sistema de dosel uniforme, como en dosel escaleriforme.

3.1. Fase 1: Evaluación del rendimiento de variedades contrastantes de jitomate con despunte temprano en altas densidades de población

3.1.1. Material vegetal

Se estableció un experimento en el que fueron evaluados de manera preliminar 20 híbridos comerciales disponibles en el mercado; se incluyeron tres de tipo saladette determinado (Namib, Bullseye y Capaya), cinco de saladette indeterminado (Paipai, Aquila, Condor, Moctezuma y Drk2189), cinco de bola determinado (Suzan, Pikripe, Drd8537, Drd8539 y El patrón) y siete de bola indeterminado (Sprigel, Florenza, Cedral, Imperial, Yigido, Drw7834 y Drw7744).

A continuación se enlistan las características sobresalientes de cada una de ellas:

Variedades de tipo saladette de hábito determinado

1. NAMIB. De la empresa Syngenta, es una variedad con excelente adaptación para siembras tempranas y tardías, es una planta vigorosa que brinda carga uniforme de flores y frutos, aún en temperaturas más cálidas, su fruto es de alta calidad y notable firmeza, de gran tamaño y rojo intenso. Presenta resistencia a: 1, 2, 3 / S; IR: TYLCV*.

2. BULLSEYE. De la empresa Seminis, es una variedad de ciclo precoz (70 – 75 días a madurez relativa), plantas vigorosas y con carga uniformes de frutos de más de 170 gramos. Muestra Resistencia a: ToTV/Fol:0,1/Va:0/Vd:0 (RA) TYLCV (RA).

3. CAPAYA. Es un híbrido de la empresa Seminis de hábito determinado con frutos de madurez uniforme. Presenta resistencia a: V; F1-2; N, St, Asc; TSWV.

4. SV3543TE. De la empresa Seminis, es una variedad de ciclo precoz con una madurez de 70 días, frutos ovalados y medianos de 110 gramos. Muestra resistencia a: ToMV.TYLCV.F3.C5.ToTV.

Variedades de tipo saladette de hábito indeterminado

1. PAIPAI. De la empresa Enza Zaden, es un cultivo con excelente cobertura foliar, y madurez precoz con plantas fuertes y compactas de entrenudos cortos,

frutos de pared gruesa y extraordinaria vida de anaquel. Presenta resistencia a enfermedades: TSWV/Ma/Mi/Mj.

2. AQUILA. De la empresa Seminis, es una variedad de ciclo corto adaptable en primavera, verano y otoño, plantas muy productivas especialmente para cultivo protegido, maduración de frutos intermedia de buen tamaño grande y extra grande con paredes de buen grosor. Presenta resistencia/Tolerancia a: V, Fol 1, Fol 2, N, ToMV, TSWV.

3. CONDOR. De la empresa Ahern, es un cultivo de primavera verano, de buena cobertura de planta, de ciclo corto y maduración de frutos intermedia, con buenos rendimientos de producción por sus frutos de paredes gruesas con tamaños grandes y extra grandes con excelente firmeza y vida de anaquel. Presenta resistencia/Tolerancia a: V, Fol 1, Fol 2, ToMV, N, TSWV.

4. MOCTEZUMA. De la empresa Gowan, son plantas vigorosas con madurez relativa corta con frutos extra grandes. Presenta resistencia a: F3, TSWV y TYLC.

5. DRK2189. De la empresa Deruiter, son plantas vigorosas con entrenudos intermedios, de madurez relativa corta, con frutos ovalados de 100 – 125 gramos. Presenta resistencia a enfermedades: HR: ToMV/ ToTV/ Fol:0-2/ Va/ Vd/.

Variedades de tipo bola de hábito indeterminado

1. CEDRAL. De la empresa Zeraim México, son plantas con excelente vigor y continuidad, con altos rendimientos ideal para ciclos largos, con frutos de

excelente firmeza que mantienen su calibre a lo largo del ciclo. Presenta resistencia a enfermedades como: TSWV.

2. IMPERIAL643. De la empresa Enzazaden, son plantas con un sistema radicular muy fuerte, de follaje abierto con altas tolerancias a temperaturas altas de madurez intermedia y frutos con pesos promedios de 260 gramos. Presenta resistencia a enfermedades como: ToMV, TSWV.

3. SPRIGEL. De la empresa Zeraim México, son plantas fuertes con excelente continuidad con entrenudos medios, uniformidad en forma y tamaño del fruto que se mantienen en grandes ciclos. Es resistente a TSWV, y tiene alta tolerancia a *Stemphylium* spp.

4. YIGIDO. De la empresa Seminis, son plantas de alto vigor y crecimiento equilibrado, producen flores muy llamativas para polinización con insectos, de madurez relativamente larga, con frutos de rojo intenso, uniformes en su maduración y buen comportamiento ante el rajado de 230 a 250 gramos. Tiene resistencia a Marchitez por *Verticillium*, *Fulvia*, Virus de la Peste Negra, Virus del mosaico del Tomate, *Fusarium* y nematodos.

5. DRW-7834. De la empresa Seminis, es un cultivo que prefiere el calor húmedo de ciclo largo, plantas vigorosas con frutos grandes mayores a 230 gramos. Tiene Resistencia a enfermedades como: ToMV:0-2/ToTV/Ff:A-E/Fol:0-2/Vd:0/Vd:0 (RA) TYLCV (RI).

6. DRW7744. De la empresa De ruiter, es un cultivo ideal para primavera, otoño e invierno, con buena adaptación a cultivos en malla y plásticos, plantas abiertas, balanceadas de vigor medio con frutos rojos muy uniformes de peso promedio de

200 – 240 gramos. Presenta resistencia a: HR:ToMV/Fol:0,1/Va/Vd/Ma/Mi/Mj. IR:TYLCV/ToTv.

Variedades de tipo bola de hábito determinado

1. PIKRIPE461. De la empresa Seminis, produce frutos con buenos cierres y de excelente amarre, con color muy uniforme a su maduración. Presenta resistencia a: ASC, F-1,2, GLS, ToMV 0-2, TYLCV, V-1 (R).

2. DRD8537. De la empresa Seminis, tiene plantas fuertes de buena cobertura foliar, con madurez de ciclo largo, frutos en forma de bola, redonda y grande, de color rojo intenso y excelente firmeza. Se reporta resistencia a TYLCV.

3. DRD8539. De la empresa Seminis, es un cultivo de crecimiento fuerte con buena cobertura foliar, de ciclo precoz y muy productivo, frutos de 250 a 280 gramos, redondos con excelente firmeza. Presenta resistencia a enfermedades: alta resistencia a TYLCV.

4. SUZAN. De la empresa Seminis, es una variedad con gran follaje y frutos de buen tamaño con madurez uniforme.

5. EL PATRÓN. De la empresa Syngenta, es una planta con gran vigor de excelente cobertura foliar, lo que proporciona una gran calidad de fruto hasta el último racimo de primera calidad. Es resistente a Fol 1, 2/ TOMV 0-2/ TSWV/ Va/Vd.

3.1.2. Descripción de los tratamientos y diseño experimental

Cada variedad fue establecida en dos densidades de población (24 y 30 plantas:m² útil) de tal manera que se tuvieron 40 tratamientos resultantes de la combinación de las 20 variedades en dos densidades de población.

Se utilizó el sistema de plantación con hileras de plantas ubicadas en juegos de tres camas contiguas a distinta altura (una cama central colocada en un escalón 40 cm por encima de dos camas exteriores) para formar un dosel en forma de escalera (escaleriforme). Cada cama se rellenó con arena de tezontle con partículas comprendidas entre 1 y 3 mm de diámetro, y se trasplantaron dos hileras de plantas en cada una. Las camas estaban dispuestas en dirección norte-sur (Figura 1).



Figura 1. Cultivo de Jitomate bajo el sistema de producción de dosel escaleriforme.

Todas las plantas fueron despuntadas (eliminación de la dominancia apical), arriba de la segunda hoja del primer racimo, de igual manera los chupones o brotes laterales también fueron eliminados conforme aparecían.

La siembra de las semillas de jitomate se realizó el 23 de febrero del 2015 en charolas germinadoras de unicel de 200 cavidades, utilizando como sustrato una mezcla de peat-moss y perlita en proporción 1:1 (v:v). A los 30 días después de siembra (dds) se hizo el trasplante de los diferentes tratamientos. Durante todo el ciclo del cultivo se usó una solución nutritiva cuya concentración de nutrimentos minerales en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ fue la siguiente: Nitrógeno= 200, Fósforo= 60, Potasio= 250, Calcio= 250, Azufre= 150, Magnesio= 60, Hierro= 3, Manganeso= 0.5, Boro= 0.05, Cobre= 0.05 y Zinc= 0.05. 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 bolis contruidos con ground cover blanco de 30 centímetros de altura y de ancho, los cuales estaban rellenos de sustrato tezontle, se utilizaron bases de metal para sostener firmemente la rafia donde se sujetaron las plantas con la ayuda de anillos de plástico.

El ciclo de cultivo se desarrolló en un invernadero de polietileno con ventanas por los cuatro lados, además de 2 cenitales protegida con mallas anti-áfidos y cortinas enrollables. El piso de los pasillos estaba cubierto con groundcover y en las camas se utilizó un sistema de riego a base de cintilla con goteros integrados a cada 20 centímetros.

Los brotes laterales se podaron cuando tenían una longitud de 10 cm o menos, de tal forma que las plantas crecieron a un solo tallo. Cuando la planta desarrolló la segunda hoja sobre el primer racimo, se procedió a despuntarlas.

3.1.3. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Número de frutos por planta y por unidad de superficie. Debido a las altas densidades de población se cuantificó también el porcentaje de frutos amarrados respecto al número de flores formadas.
- Peso de frutos: Con el apoyo de una balanza, se tomó el peso de frutos de cada planta, y por tratamiento.

- Rendimiento: Se evaluó el rendimiento de cada variedad y por planta.

3.1.4. Análisis estadístico

Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa SAS (Statistical Analysis System) se realizaron análisis de varianza ($P \leq 0.05$) y pruebas de comparaciones de medias de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

3.2. Fase 2: Evaluación de 12 variedades contrastantes de jitomate en dos sistemas de producción (dosel en forma uniforme y escaleriforme)

Los resultados obtenidos en el primer experimento, fueron la base para el establecimiento del segundo experimento, ya que de este se seleccionaron las mejores variedades de cada tipo de jitomate: Saladette determinado (Namib, Bullseye y SV3543TE), saladette indeterminado (Paipai, Condor y Drk2189), bola determinado (Suzan, Drd8537 y Drd8539), y bola indeterminado (Cedral, Imperial y Drw7834).

En la segunda fase, se establecieron dos experimentos independientes, ambos en la misma fecha y con las mismas variedades. En el primer experimento de esta fase, se compararon las 12 variedades anteriormente descritas, bajo un sistema de producción en dosel uniforme con camas de 1 m de ancho y pasillos de 0.5 m. En cada variedad se manejaron dos densidades de población (20 y 25 plantas·m⁻² útil): a cada 25 cm entre hileras y 20 cm entre plantas, o a cada 20 cm entre hileras y 20 cm entre plantas.

En un segundo experimento, se evaluaron las mismas variedades, también en dos densidades de población (24 y 30 plantas·m⁻² útil), pero establecidas bajo un sistema de producción en escalera (sistema escaleriforme), el cual estaba

constituido por juegos de tres camas de ground cover de 30 cm de ancho y de alto, rellenas de tezontle de textura media colocados con orientación norte-sur, donde se colocaron dos hileras de plantas por cama (Figura 2).

Se estableció un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde cada bloque consistía del total de las doce variedades con dos distintas densidades para dar un total de 24 tratamientos.



Figura 2. Vista general del segundo experimento

La siembra, se realizó el 23 de junio del 2016 en charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, con capacidad de 25 cm^3 cada una, utilizando como sustrato una mezcla de peat-moss y perlita en proporción 1:1 (v:v).

Cuando las plántulas alcanzaron un estado apropiado de desarrollo, aproximadamente a los 33 días después de la siembra (dds), se hizo el trasplante

de los diferentes tratamientos. Los primeros 7 dds, se regó con agua sola, el resto del tiempo que permanecieron en las charolas, con solución nutritiva al 50 % de la concentración usada después del trasplante.

Al trasplante, se aplicó por inmersión Confidor® + Previcur energy® para prevenir insectos chupadores y enfermedades (damping off). Posteriormente de forma preventiva se hicieron aplicaciones de azoxistrobin, cobre, propamocarb y lamda cyalotrina.

El manejo del cultivo en cuanto a sistema de riego, aplicación de solución nutritiva despuntes y demás prácticas culturales fue muy similar al experimento de la primera fase.

Las variables estudiadas fueron las siguientes:

Días a floración: Esta variable se midió entre los meses de abril y mayo, se registró la fecha donde el 50 % de las plantas establecidas de cada unidad experimental habían abierto por lo menos una flor.

Altura de planta: Con una cinta métrica, después de los 50 ddt, se midió la altura de 3 plantas por tratamiento.

Densidad de follaje: Para dicha variable, primero se llevaron plantas a laboratorio (una planta por variedad) para medir el ancho y largo de los cinco foliolos de cada planta, se evaluó el área foliar con el “Integrador de área foliar”, y se obtuvo una correlación entre el promedio de las medidas de las hojas, y el resultado del integrador, para así poder tomar el ancho y largo de las plantas en el cultivo, y poder obtener mediante la correlación el área foliar de los tratamientos.

Días a maduración: Similar a la floración, se registró el día por unidad experimental, cuando el 50 % de las plantas tuvieron al menos un fruto de coloración rojiza.

Rendimiento por unidad de superficie útil: se evaluó el total de frutos y su peso por planta y por tratamiento.

Número de frutos por unidad de superficie útil: Se contaron los frutos totales que se cosecharon por planta y por unidad experimental.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Fase 1: Evaluación del rendimiento y sus componentes en variedades de jitomate bola y saladette bajo un sistema de producción a un racimo por planta, dosel escaleriforme y altas densidades de población.

4.1.1. Jitomate tipo bola

En el cuadro 1, se muestra el análisis de varianza para las variables número de frutos, rendimiento y peso de frutos, en el que se observa que hubo diferencias significativas entre variedades y densidades. La interacción Variedad * Densidad no fue significativa en ningún caso.

Cuadro 1. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos en jitomate tipo bola

Fuentes de variación	GL	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ²	Peso medio de frutos (g)
Densidad	1	82.78 *	7001.38**	498.0 *
Repetición	2	38.15	1320.50	215.82
Error a	2	13.19	198.72	98.25
Variedad	11	740.90 **	2190.7**	818.13 **
Densidad x Variedad	11	34.21 NS	71.78 NS	97.98 NS
Error b	44	6.38	326.50	60.13
Total	71			
Media general		15.8	109.83	144.26
C.V		15.91	16.45	5.37

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

En las pruebas de comparaciones de medias (Cuadro 2), se observó que para las variedades de jitomate tipo bola indeterminado, destacaron por su rendimiento Cedral, Florenza e Imperial, con rendimientos de 22.5, 18.6 y 17.6 Kg·m⁻² útil, respectivamente. Para las variedades bola de hábito determinado sobresalieron las variedades Drw8539, Drw8537 y Suzan con más de 17 Kg·m⁻² útil.

En general, las variedades de hábito indeterminado obtuvieron mayores rendimientos que las plantas de tipo determinadas, aunque se encontró una variedad determinada (Suzan) que tuvo frutos con alto peso (160 g) y buen rendimiento final, cercano a lo obtenido en las mejores variedades indeterminadas.

Las densidades de población a las que se manejaron, afectaron el número de frutos a favor de la densidad mayor (30 plantas·m⁻² útil), pero no difirieron significativamente en el peso de fruto ni en el rendimiento (Cuadro 3).

Cuadro 2. Comparaciones de medias de las variables del rendimiento, número y peso medio de frutos entre variedades de jitomate tipo bola.

Variedad	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ²	Peso medio de frutos (g)
Variedades de hábito indeterminado			
Cedral	22.5 a	140.6 a	146.24 abc
Florenza	18.6 ab	125.6 ab	129.88 de
Imperial	17.6 abc	119.8 ab	143.99 bcd
Drw 7744	15.4 bcd	101.1 bcd	149.60 abc
Yigido	13.7 bcde	106.8 abcd	126.63 e
Drw 7834	13.5 cde	100.3 bcd	156.17 ab
Sprigel	11.4 de	73.5 d	155.49 ab
Variedades de hábito determinado			
Suzan	17.2 bc	111.3 abc	160.90 a
Drw 8539	17.1 bc	119.3 ab	134.71 cde
Drw 8537	17.1 bc	116.8 ab	128.51 e
Pikripe	15.8 bcd	122.8 ab	147.14 abc
El patrón	10.1 e	79.6 cd	151.89 ab
DMSH	5.03	33.8	15.44

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

Cuadro 3. Comparaciones de medias de las variables del rendimiento, número y peso medio de frutos entre densidades de población en jitomate tipo bola.

Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Rendimiento (kg·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ²	Peso medio de frutos (g)
30	16.95 a	119.69 a	141.63 a

24	14.81 a	99.97 b	146.89 a
DMSH	2.6	14.29	10.05

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

4.1.2. Jitomate tipo saladette

En el Cuadro 4, se muestra el análisis de varianza para las variables número de frutos, rendimiento y peso medio de frutos en jitomate tipo saladette. Se encontraron diferencias tanto entre densidades como entre variedades, pero la interacción Densidad * Variedad no fue significativa en ninguno de los casos.

Cuadro 4. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos en jitomate tipo saladette.

Fuentes de variación	GL	Rendimiento (Kg.m ⁻² útil)	Número de frutos.m ²	Peso medio de frutos (g)
Densidad	1	22.87 *	5182.240 **	97.58 *
Repetición	2	3.92	249.462	277.4
Error a	2	2.503	211.120	1.72
Variedad	7	82.99 **	1100.296 **	7481.528 **
Densidad x Variedad	7	12.06 NS	155.240 NS	243.963 NS
Error b	28	1.25	87.1088	43.818
Total	47			
Media general		12.76	122.57	102.78
C.V		8.77	7.614	6.48

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

De acuerdo con las comparaciones de medias (Cuadro 5), se pudo observar que dentro de las variedades de tipo indeterminado, existió una relación proporcional entre el número de frutos y su rendimiento, siendo las mejores Drk 2189, Aquila y Condor con rendimientos mayores a 12 Kg.m⁻² útil, destacando la primera por su peso de frutos (mayores a 125 gramos). Para las variedades de tipo Saladette

determinado, Namib y Bullseye tuvieron los rendimientos más altos con 14 y 15 kg·m⁻² respectivamente, estadísticamente igual a las de hábito indeterminado; la variedad Capaya, mostró bajos rendimientos y muy bajo peso medio de frutos.

Cuadro 5. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre variedades de jitomate tipo saladette.

Variedad	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Número de frutos (m ²)	Peso medio de frutos (g)
Variedades de hábito indeterminado			
Drk2189	12.65 bc	146.667 a	86.54 c
Aguila	12.61 bc	135.167 ab	93.771 ab
Condor	12.46 c	126.333 bc	111.852 b
Moctezuma	11.07 c	122.500 bcd	92.793 c
Paipai	11.16 c	113.833 cde	98.060 c
Variedades de hábito determinado			
Bullseye	15.09 a	120.167 bcde	125.8 a
Namib	14.60 ab	127.667 bc	114.929 ab
Capaya	12.15 c	108.333 e	111.8 b
DMSH	2.11	17.902	12.498

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, P ≤0.05). DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Los tratamientos con la densidad mayor, obtuvieron mayor número de frutos y mejor rendimiento por metro cuadrado, pero no se afectó el peso promedio de frutos, lo que sugiere que la densidad de 30 plantas·m⁻² útil, se adapta mejor a dichas variedades al ser podadas a la altura del primer racimo, dejando 2 hojas por arriba de éste (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre densidades de población para jitomate tipo saladette.

Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ⁻²	Peso medio de frutos (g)
30	13.45 a	132.3 a	102.0 a
24	12.07 a	112.7 b	106.5 a

DMSH	1.424	17.01	5.32
------	-------	-------	------

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

De los resultados de esta primera fase, respecto a los jitomates de tipo bola indeterminados, por sus altos rendimientos y calidad de frutos se seleccionaron, para el segundo ciclo de evaluación, las variedades Cedral e Imperial. Florenza aunque tuvo más de $18 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ útil, presentó gran incidencia de cracking (rajado de fruto), mostrando con ello muy mala calidad del fruto por lo que se descartó. Sprigel fue eliminada por tener los más bajos rendimientos. Yígido se descartó por presentar frutos muy pequeños.

Para las variedades de bola tipo determinado, se eligieron las variedades Suzan, por sus buenos rendimientos (estadísticamente igual a las variedades indeterminadas), así como Drd8539 y Drd8537. La variedad El Patrón, tuvo una producción muy baja por lo cual fue descartada.

Dentro de las variedades tipo saladette con hábito de crecimiento indeterminado, las variedades Drk2189, Condor y Aquila destacaron en cuanto a rendimiento y peso de sus frutos; sin embargo, esta última variedad, presentó gran incidencia de frutos deformes, por lo que no se tomó para su evaluación en la segunda fase. Igualmente se descartó Moctezuma por tener muy bajo rendimiento y el menor peso de fruto, por lo que las variedades elegidas fueron Drk2189, Condor y Paipai.

Entre los híbridos de tipo determinado, Namib y Bullseye tuvieron los más altos rendimientos para saladette, con frutos de buena calidad, por lo tanto fueron éstas las que se utilizaron en la segunda fase experimental. Los resultados de Capaya, fueron los más bajos en productividad, por lo cual se optó por probar la variedad SV3543TE que es una variedad popular en el mercado.

4.2. Fase 2: Evaluación de variedades seleccionadas, bola y saladette de jitomate, bajo un sistema de producción a un racimo por planta en alta densidad de población, tanto en disposición de dosel uniforme como de dosel escaleriforme.

4.2.1. Plantas dispuestas en dosel uniforme

4.2.1.1. Variables morfológicas y de precocidad, en variedades de jitomate tipo bola

En el Cuadro 7, se muestra el análisis de varianza y niveles de significancia para las variables densidad de follaje, altura de planta, días a floración y días a maduración. Se observó que hubo diferencias significativas entre variedades para todas las variables. Entre densidades sólo hubo diferencia en densidad de follaje. No hubo efectos significativos para la interacción Densidad * Variedad.

Cuadro 7. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables altura de plantas, densidad de follaje, días a floración y días a maduración en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.

Fuentes de variación	GL	Altura de la plantas (cm)	Densidad de follaje ($m^2.m^{-2}$)	Días a floración (ddt)	Días a maduración (ddt)
Variedad	5	384.153 **	27.3 **	40.74 *	55.6 *

Repetición	3	19.1304	0.73	5.30	9.7
Error a	15	7.785	0.28	0.86	1.9
Densidad	1	2.224 NS	20.7 **	1.33 NS	0.45 NS
Densidad x Variedad	5	1.617 NS	0.49 NS	0.42 NS	0.39 NS
Error b	18	1.10	0.17	0.524	0.68
Total	47				
Media general		56.50	6.14	57.50	111.4
C.V		1.86	6.76	1.259	0.74

*: Significativo $P \leq 0.05$. **: Altamente significativo $P \leq 0.01$. NS: no significativo. GL: grados de libertad. (ddt): días después del trasplante.

De acuerdo con la comparación de medias entre variedades (Cuadro 8), se observó que las plantas de hábito indeterminado fueron de mayor altura respecto al grupo de variedades determinadas, coincidiendo con González (1991) y Maroto (1986). De la misma manera, el grupo de plantas indeterminadas tuvieron tendencia de producir mayor densidad de follaje, con respecto a las variedades determinadas, siendo la variedad Imperial, la de mayor densidad de follaje. La variedad más compacta fue Suzan con 44.6 cm de altura. Las variedades indeterminadas fueron también las más tardías, con una diferencia promedio de cuatro días entre ambos grupos de variedades.

Méndez *et al.* (2005), indican que el uso de variedades de jitomate con hábito de crecimiento determinado, no es común en invernaderos, pero para los sistemas de altas densidades y despuntes tempranos podrían ser apropiadas, por ser más compactas, y presentar menos sombreado mutuo para las altas densidades de población que se manejan. De la misma manera, Sánchez *et al.* (2009), mencionan que cuando se manejan altas densidades (25 y 35 plantas.m⁻²), debe optarse por variedades más compactas, preferentemente de hábito determinado, para disminuir la competencia entre ellas.

Cuadro 8. Comparaciones de medias de las variables altura de planta, densidad de follaje, días a floración y días a maduración, entre variedades de jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.

Variedad	Altura de la planta (cm)	Densidad de follaje ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$)	Días a floración (ddt)	Días a maduración (ddt)
Variedades de hábito indeterminado				
Cedral	64.2 a	7.6 b	59.4 a	113.8 a
Imperial	60.7 ab	8.9 a	59.2 a	114.4 a
Drw7834	60.0 b	6.1 c	59.6 a	112.7 a
Variedades de hábito determinado				
Drd8539	55.0 c	3.9 e	56.7 b	108.5 b
Drd8537	52.7 c	4.9 d	54.7 c	108.5 b
Suzan	44.6 d	4.9 d	55.0 c	110.3 b
DMSH	3.98	0.729	1.51	2.29

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta. (ddt): días después de trasplante.

En el Cuadro 9, se observó que las distintas densidades evaluadas en promedio de variedades, se afectó la altura de planta, lo que significa que, para el sistema de dosel uniforme, la densidad de 25 plantas $\cdot \text{m}^{-2}$ útil, no pareció crear mayor competencia entre plantas que la de 20 (Sánchez, 2009).

De la misma manera, para días a floración y días a maduración, no hubo diferencias significativas. Sin embargo, la densidad de 25 plantas $\cdot \text{m}^{-2}$ útil, formó un poco más de 1 m^2 de follaje que la densidad de 20 plantas $\cdot \text{m}^{-2}$, lo cual coincide con Villegas *et al.* (2004), quienes encontraron que la biomasa por unidad de superficie, incrementa considerablemente conforme se aumenta la densidad de población.

Cuadro 9. Comparaciones de medias de las variables altura de planta, densidad de follaje, días a floración y días a maduración entre densidades de población en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.

Densidad	Altura de	Densidad de	Días a	Días a
----------	-----------	-------------	--------	--------

(plantas·m ⁻² útil)	planta (cm)	follaje (m ² ·m ⁻²)	floración (ddt)	maduración (ddt)
25	56.3 a	6.79 a	57.6 a	111.3 a
20	56.2 a	5.48 b	57.3 a	111.5 a
DMSH	1.022	0.252	0.43	0.50

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta. (ddt)= días después del trasplante.

4.2.1.2. Variables del rendimiento en jitomate tipo bola

El análisis de varianza para las variables evaluadas muestra que hubo efectos significativos tanto entre variedades, como entre densidades de población, excepto para peso medio de fruto entre densidades. La interacción Variedad * Densidad, no fue significativa en ningún caso (Cuadro 10).

Cuadro 10. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.

Fuentes de variación	GL	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ²	Peso medio de frutos (g)
Variedad	5	65022039.3 *	1357.4 *	15726.4 **
Repetición	3	7849391.1	74.8	572.8
Error a	15	3360433.3	104.9	119.3
Densidad	1	114333220.0 *	4524.0 *	323.8 NS
Densidad*variedad	5	334260.3 NS	30.2 NS	35.8 NS
Error b	18	1990965.2	47.0	120.7
Total	47			
Media general		17.779	95.8	189.6
C.V.		7.936	7.1	5.79

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

De acuerdo con la comparación de medias entre variedades (Cuadro 11) se observó que en general, los híbridos indeterminados fueron mejores en rendimiento que los determinados. Destacaron las variedades Cedral y Drw7834

con 21.47 y 19.69 Kg·m⁻² útil, seguidas por la variedad Imperial con 18.1 Kg·m⁻² útil. El mayor rendimiento en las dos primeras, se explica por su mayor peso medio de frutos, y en Imperial por su alta cantidad de frutos producido por m², los cuales aunque no son de muy alto peso, forman un fruto más por racimo que Cedral y Drw7834.

Entre las variedades de hábito de crecimiento determinado, la variedad Suzan con 17.86 Kg·m⁻² fue mejor que las variedades Drd8539 y Drd8537; e incluso, Suzan rindió estadísticamente igual que Drw7834 e Imperial, la cuales son de hábito indeterminado, lo cual la deja como una variedad adecuada para el sistema de altas densidades y despuntes tempranos, debido a sus buenos rendimientos y por ser la variedad más compacta en cuanto a crecimiento (Cuadro 9). Resultados igualmente positivos encontró González (2014) respecto a esta variedad, quien encontró que bajo un sistema de producción con 13 plantas·m⁻² útil y, 3 racimos por plantas, se obtenía rendimientos superiores al resto de las variedades probadas mayores a 25 Kg·m⁻² útil y con un buen peso de fruto (197 g).

El mayor peso de fruto y rendimiento de las variedades de crecimiento indeterminado, posiblemente se explique por su mayor densidad de follaje formado (entre 6 y 9 m² de hojas·m⁻² de superficie útil cubierta) como se mostró en el Cuadro 13, equivalente a un IAF de entre 4 y 6.5, lo que seguramente permitió producir y translocar una mayor cantidad de azúcares hacía los frutos para un mayor peso de fruto y rendimiento final, tal como lo mencionan Sánchez *et al.* (2009), quienes indican que con sistemas de despuntes tempranos se obtiene una intercepción más pronta y eficiente de la luz por el dosel.

Los tratamientos con la densidad más alta dieron mayor producción; sin embargo, el peso de los frutos es igual, lo cual deja claro que en general para la producción de jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme de plantas podadas a un racimo por planta, es mejor la densidad de 25 plantas·m⁻² que 20 plantas·m⁻² útil, debido al aumento en rendimiento sin que se afecte el peso promedio de frutos (Cuadro 12).

Cuadro 11. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de fruto entre variedades de jitomate tipo bola bajo el sistema de dosel uniforme.

Variedad	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ²	Peso promedio de frutos (g)
Variedades de hábito indeterminado			
Cedral	21.472 a	94.7 bc	226.7 b
Drw7834	19.694 ab	78.7 c	250.3 a
Imperial	18.181 bc	114.3 a	160.3 d
Variedades de hábito determinado			
Suzan	17.865 bc	86.8 c	205.6 c
Drd8539	16.243 c	107.0 ab	152.2 de
Drd8537	13.217 d	93.2 c	142.2 e
DMSH	2.977	16.6	17.75

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

Cuadro 12. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre densidades de población en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.

Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ²	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Peso medio de frutos (g)
25	105.5 a	19.322 a	187.0 a
20	86.1 b	16.235 b	192.2 a
DMSH	4.16	0.855	6.66

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

Al hacerse el análisis del efecto de la densidad de población para cada una de las mejores variedades (Cedral y Drw7834), dentro de los jitomates tipo bola (Cuadro 13), se observó que el principal efecto de establecer una mayor densidad, fue la formación de más frutos por m², sin que se afectara el peso medio de fruto. En promedio en ambas variedades, hubo una diferencia de alrededor de 3 Kg·m⁻², que aunque estadísticamente no es significativa, desde el punto de vista agronómico, representa una diferencia importante en el rendimiento como para deducir que la

densidad más alta (25 plantas·m⁻² útil) es mejor que la densidad baja (20 plantas·m⁻² útil), como se observó en el promedio de variedades en el Cuadro 12. Tal resultado es similar a los que indican Jorge y Sánchez (2003) donde concluyen que para sistemas uniforme, la mejor densidad es de 25 plantas·m⁻² útil.

Cabe resaltar que con la variedad Drw7834, en la densidad más alta, se obtuvo un rendimiento de 21.34 Kg·m⁻² útil, equivalente a 14 Kg·m⁻² de invernadero (140 t ha⁻¹) en un periodo de 113 días de trasplante a fin de cosecha, lo que permitiría obtener tres ciclos con una producción anual de 420 t ha⁻¹, lo cual es superior al promedio que se ha reportado en México que es de 300-400 t ha⁻¹ que se logra sólo con alta tecnología, y con ciclos de producción largos y costosos (Picken, 1984; Vooren *et al.*, 1986; Hanan, 1998; Resh, 2001 citado por: Méndez *et al.*, 2005).

Cuadro 13. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso de frutos, entre densidades de población para las variedades Drw7834 y Cedral.

Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ²	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Peso medio de frutos (g)
Variedad Drw7834			
25	86.5 a	21.341 a	246.4 a
20	71.0 b	18.049 a	254.3 a
DMSH	9.14	3.885	24.42
Variedad Cedral			
25	103.7 a	22.990 a	221.0 a
20	85.7 b	19.955 a	232.5 a
DMSH	13.05	5.264	37.95

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, P ≤0.05). DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta.

Cabe señalar que, en el mercado nacional y de exportación, el tamaño o peso de fruto del jitomate bola es un factor de calidad que influye notablemente en el precio de venta. Por frutos mayores de 6 cm de diámetro, el precio que se paga al productor es un 40 a 60 % mayor que por frutos medianos de 4 a 6 cm (Vázquez

et al., 2007). Por lo tanto de acuerdo con la Figura 3, y los resultados reportados en el Cuadro 16, se podría considerar como las mejores variedades a Cedral y Drw7834 por su uniformidad (67 y 56 %, respectivamente de frutos de tamaño grande). Las variedades Drd8537 y Drd8539 son las que tuvieron el mayor porcentaje de frutos medianos y pequeños (74 y 64 %, respectivamente).

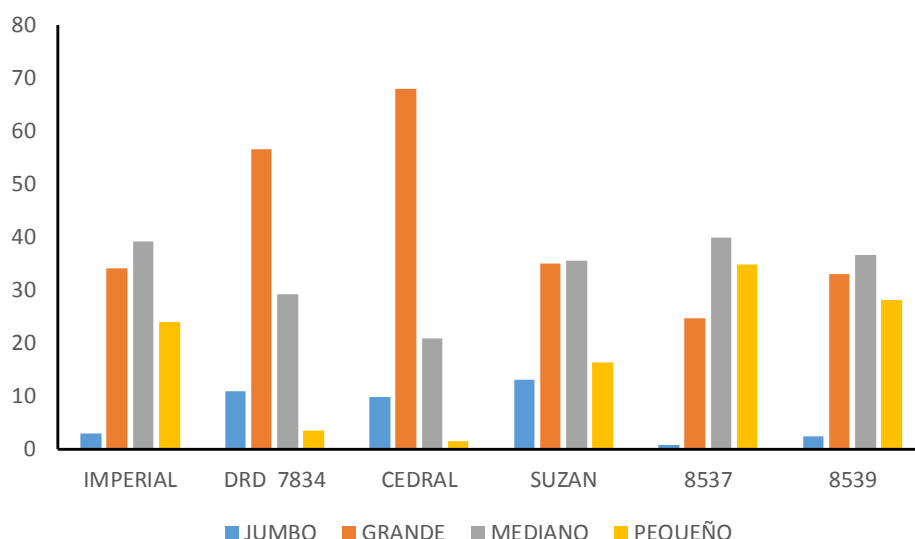


Figura 3. Porcentaje de frutos de diferentes tamaño (jumbos, grande, mediano y pequeño) de jitomate bola bajo sistema de dosel uniforme

4.2.1.3. Variables morfológicas y de precocidad, en variedades de jitomate tipo saladette

En el Cuadro 14 se muestra el análisis de varianza para las variables altura, densidad de follaje, días a floración y días a maduración. Se encontraron diferencias significativas para las variedades. La interacción arreglo por densidad y las densidades no tuvieron diferencias significativas para ninguna de las variables.

Cuadro 14. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables altura, densidad de follaje, días a floración y días a maduración en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel uniforme.

Fuentes de variación	GL	Densidad de follaje ($\text{m}^2\cdot\text{m}^{-2}$)	Días a floración (ddt)	Días a maduración (ddt)	GL	Altura de plantas (cm)
Variedad	5	3.2314 **	28.47 **	14.08 *	5	227.1 *
Repetición	3	0.4487	1.07	42.99	3	1.78
Error a	15	0.980	1.75	34.68	15	9.04
Densidad	1	20.728 **	0.057 NS	76.68 *	1	8.36 NS
Densidad x Variedad	5	0.354 NS	0.574 NS	17.43 NS	5	5.35 NS
Error b	18	0.1341	0.395	16.297	66	6.98
Total	47				95	
Media general		5.720	55.10	109.194		46.03
C.V		6.40	1.91	3.697		5.73

*: Significativo $P \leq 0.05$. **: Altamente significativo $P \leq 0.01$. NS: no significativo. GL: grados de libertad. (ddt)= días después del trasplante.

De acuerdo con la comparación de medias para las variedades (Cuadro 15) se observó que en este caso las plantas determinadas son ligeramente más grandes que las indeterminadas cuando la poda se hizo a la segunda hoja sobre el primer racimo, siendo SV3543TE ligeramente más alta que el resto con 52 cm. Respecto a la densidad de follaje, la variedad Bullseye tuvo mayor follaje, con casi más de 1 m^2 que SV3543TE.

En precocidad, no hubo muchas diferencias, solamente Namib destacó ligeramente al madurar 104 días después del trasplante.

Como se observa en el Cuadro 16, la densidad no influyó en los resultados de altura, días a floración y maduración. Sin embargo, con la densidad de 25 plantas $\cdot\text{m}^{-2}$ útil se tuvo 1.3 m^2 de follaje extra que con la densidad menor (20 plantas $\cdot\text{m}^{-2}$ útil).

Cuadro 15. Comparaciones de medias de las variables altura de plantas, densidad de follaje, días a floración y días a maduración entre variedades en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel uniforme.

Variedad	Altura de la planta (cm)	Densidad de follaje ($m^2 \cdot m^{-2}$)	Días a floración (ddt)	Días a maduración (ddt)
Jitomate saladette tipo determinado				
SV3543TE	52.1042 a	5.93 ab	54.2 b	107.12 ab
Namib	47.9583 b	5.21 b	53.3 b	104.12 b
Bullseye	47.1458 bc	6.83 a	54.3 b	111.75 a
Jitomate saladette tipo indeterminado				
Paipai	43.9167 cd	5.54 ab	55.2 b	110.87 a
Condor	43.0417 d	5.68 ab	54.6 b	109.16 ab
Drk 2189	42.0625 d	5.08 b	58.7 a	112.12 a
DMSH	3.4544	1.60	2.155	6.139

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta. (ddt)= días después del trasplante.

Cuadro 16. Comparaciones de medias de las variables altura de planta, área foliar, días a floración y días a maduración en Jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel uniforme.

Densidad (plantas $\cdot m^{-2}$ útil)	Altura de la planta (cm)	Densidad de follaje ($m^2 \cdot m^{-2}$)	Días a floración (ddt)	Días a maduración (ddt)
25 plantas	46.3333 a	6.37 a	55.13 a	109.7 a
20 plantas	45.7431 a	5.06 b	55.06 a	108.6 a
DMSH	1.0769	0.222	0.221	5.41

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta. (ddt)= días después del trasplante.

4.2.1.4. Variables de rendimiento en jitomate tipo saladette

En el Cuadro 17, Se muestran los resultados para las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos; se encontraron diferencias significativas entre

variedades, entre densidades hubo diferencias significativas en número de frutos y rendimiento, pero las interacciones no fueron significativas.

Cuadro 17. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.

Fuentes de variación	GL	Número de frutos·m ²	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Peso medio de frutos (g)
Variedades	5	1844.9 **	13358963.9 *	1694.3 **
Repetición	3	105.5	1058325.9	101.5
Error a	15	229.5	2598966.7	77.5
Densidad	1	10830.0 **	89061181.0 **	30.01 NS
Densidad x Variedad	5	203.1 NS	790483.0 NS	23.8 NS
Error	18	235.0	1590532.9	37.22
Total	47			
Media general		133.0	13045.5	99.37
C.V		11.5	9.66	6.13

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

De acuerdo con las comparaciones de medias para las variedades de jitomate tipo saladette (Cuadro 18), se observó que las plantas de tipo indeterminado producen un mayor número de frutos que las determinadas; sin embargo, esto no es determinante para la producción, ya que los rendimientos entre ambos tipos de variedades fueron similares, debido a que las plantas determinadas dieron en promedio frutos de mayor peso.

Bullseye sobresalió en rendimientos con 14.7 Kg·m⁻² útil, debido a que aunque no formó muchos frutos, estos fueron de buen tamaño y peso. Quizá la alta cantidad de follaje formado (Cuadro 15), le permitió tener una mayor producción de fotoasimilados para dar lugar a un alto peso de fruto. De igual manera Drk2189 produjo más de 14 Kg·m⁻², lo cual se logró gracias a un alto número de frutos formados (150 frutos·m⁻²).

Paipai y Condor, también tuvieron una alta cantidad de frutos, pero de menor peso que los de Drk2189, por lo que se redujo su rendimiento.

Cuadro 18. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre variedades en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel uniforme.

Variedad	Número de frutos·m ²	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Peso medio de frutos (g)
Variedades de hábito indeterminado			
Drk2189	150.62 a	14.497 a	96.1 bcd
Paipai	144.87 ab	12.600 a	87.5 cd
Condor	143.62 abc	11.846 b	82.6 d
Variedades de hábito determinado			
Namib	125.37 bcd	12.683 ab	101.4 bc
Bullseye	119.62 cd	14.792 a	123.7 a
SV3543TE	114.25 d	11.852 b	104.7 b
DMSH	24.61	2.618	14.3

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

Con la densidad de 25 plantas·m⁻² útil, se obtuvo mayor número de frutos·m⁻² y mejor rendimiento que con la densidad menor (20 plantas·m⁻² útil), sin afectar el peso de fruto (Cuadro 19).

Cuadro 19. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso de frutos entre densidades en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel uniforme.

Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ²	Rendimientos (kg·m ⁻² útil)	Peso promedio de fruto (g)
25	148.0 a	14.40 a	98.588 a
20	118.0 b	11.68 b	100.170 a
DMSH	9.29	0.764	3.7004

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

De acuerdo a la comparación de medias (Cuadro 20), en ambas densidades no hubo diferencias estadísticas en las variables analizadas; sin embargo, se puede observar que las variedades de tipo saladette que obtuvieron mejor

comportamiento en el sistema de producción de dosel uniforme fueron Bullseye y Drk2189, ambas obtuvieron cerca de 2 Kg·m⁻² útil más en la mayor densidad (25 plantas·m⁻² útil), respecto a la menor (20 plantas·m⁻² útil), lo que significa un aumento de al menos 1.3 Kg·m⁻² útil de invernadero (13 t ha⁻¹ por ciclo), lo cual puede ser de gran relevancia en la economía de los productores

Cuadro 20. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso de frutos entre densidades para las variedades Bullseye y Namib.

Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ²	Rendimientos (kg·m ⁻² útil)	Peso medio de frutos (g)
Variedad Bullseye			
25	127.7 a	15.707 a	123.2 a
20	111.5 a	13.878 a	124.3 a
DMSH	31.67	3.460	14.35
Variedad Drk2189			
25	162.2 a	15.896 a	97.9 a
20	139.0 a	13.098 a	94.2 a
DMSH	25.96	2.912	10.75

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, P ≤0.05). DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta.

De los resultados obtenidos, se deduce que para la siembra de jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme, destacaron ampliamente las variedades Cedral y Drw 7834 con 21.5 y 19.7 kg·m⁻² útil, respectivamente, y en peso de fruto con 226.7 y 250.3 gramos con relación al tamaño de fruto, la mejor variedad fue Cedral por su homogenidad con más de 67 % de frutos de tamaño grande y casi el 10 % de frutos jumbo. La variedad Drd7834, obtuvo también el 10% de jumbos y el 56 % de frutos grandes. Aunque en general en todos los tratamientos con la densidad mayor (25 plantas·m⁻² útil) se obtienen mejores rendimientos, cuando se hizo el análisis por separado, se encontró que las variedades Cedral y Drd7834 no mostraron diferencias respecto a las densidades en rendimientos y peso de frutos, por lo tanto se recomiendan manejar 20 plantas·m⁻² útil, para mayor comodidad de

manejo y menor uso de semilla, pues el alto costo de la semilla es una limitante importante para el manejo de jitomate en alta densidad de población.

Para siembras de jitomate tipo saladette, destacan principalmente las variedades Bullseye y Drk2189 con rendimientos que superan los 14 Kg·m⁻² útil.

4.2.2. Dosel de producción escaleriforme

4.2.2.1. Variables morfológicas y de precocidad, en variedades de jitomate tipo bola

En el Cuadro 21, se muestran los cuadrados medios y niveles de significancia para las variables densidad de follaje, altura, días a floración y días a maduración; se encontraron diferencias significativas entre variedades para todas las variables, y la densidad fue importante sólo en densidad de follaje. La interacción Variedad * Densidad fue significativa para las variables de precocidad (días a floración y días a maduración) y para la densidad de follaje.

Cuadro 21. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables densidad de follaje, días a floración, días maduración y altura de plantas en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel escaleriforme.

Fuentes de variación	GL	Altura de plantas (cm)	Densidad de follaje ($m^2 \cdot m^{-2}$)	Días a floración (ddt)	Días a maduración (ddt)
Variedades	5	153.9 **	26.52 **	23.5 **	75.64 **
Repetición	3	38.24	3.74	2.064	9.57
Error a	15	109.16	2.34	1.884	1.88
Densidad	1	0.09 NS	11.12 *	0.520 NS	3.520 NS
Densidad x Variedad	5	2.520 NS	5.37 *	0.781 *	3.481 NS
Error b	18	5.068	0.499	0.182	2.241
Total	47				
Media general		59.51	7.651	56.993	113.54
C.V		3.78	9.23	0.750	1.318

*: Significativo $P \leq 0.05$. **: Altamente significativo $P \leq 0.01$. NS: no significativo. GL: grados de libertad. (ddt)= días después del trasplante.

4.2.2.1.1. Análisis de las Interacciones significativas

La interacción significativa entre Variedades * Densidades, para densidad de follaje, se explica debido que aunque todas las variedades tuvieron una tendencia de desarrollar menor follaje en la densidad baja ($24 \text{ plantas} \cdot m^{-2}$ útil), en algunas variedades como el caso de Imperial y Cedral, este cambio fue más acentuado.

En cambio, otros tratamientos tuvieron casi la misma densidad de follaje en ambas densidades tal como la variedad Suzan (Figura 4).

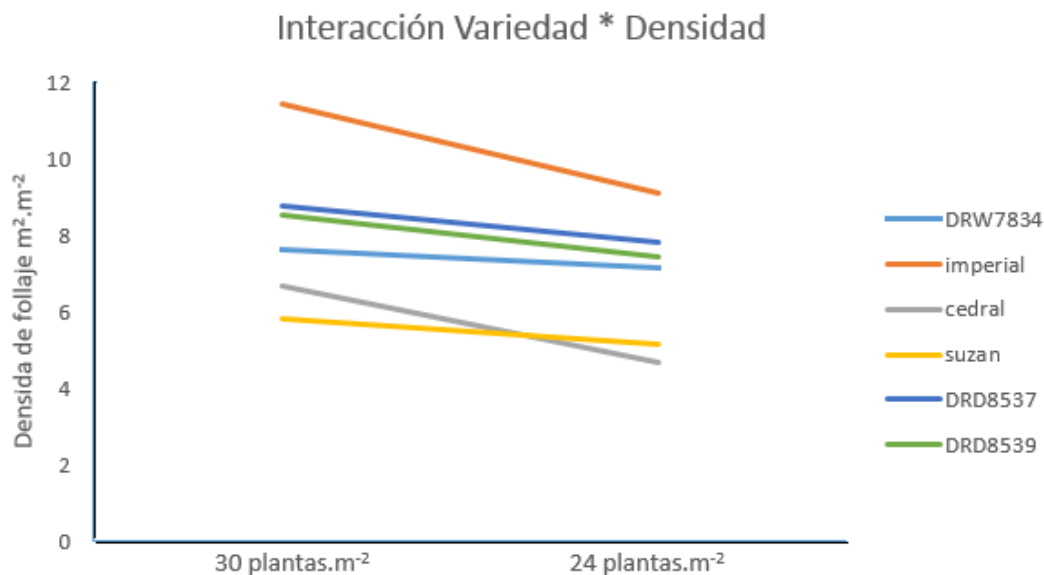


Figura 4. Interacción Variedad * Densidad para la variable densidad de follaje

La significancia de la Interacción Variedad * Densidad para altura de plantas, se explica porque algunas variedades tuvieron mayor competencia en altas densidades, lo cual les provoca que tengan mayor altura tal como Imperial y Drd8537, en cambio la variedad Drw7834, disminuyó su altura en la densidad más alta (30 plantas.m⁻² útil); el resto de los tratamientos no tuvieron diferencias importantes en ambas densidades (Figura 5).

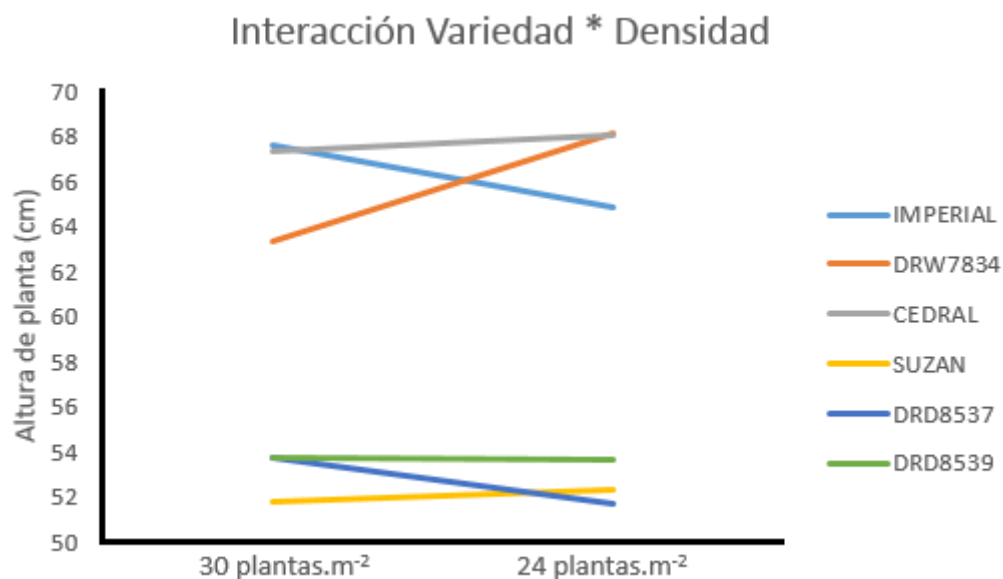


Figura 5. Interacción Variedad * Densidad para la variable altura de plantas.

Para el caso de la Interacción Variedad * Densidad para la variable de días a floración, se observa en la Figura 6, que para algunas variedades la densidad influyó en la precocidad, al madura ligeramente más pronto en la densidad de 30 plantas.m⁻², tal como Drd8537 y Suzan, en cambio la variedad Drd8539 e Imperial maduraron primero en la densidad de 24 plantas.m⁻². Se observa también que para algunas variedades (Drw7834 y Cedral), la densidad de población no influyó en la variable de precocidad.

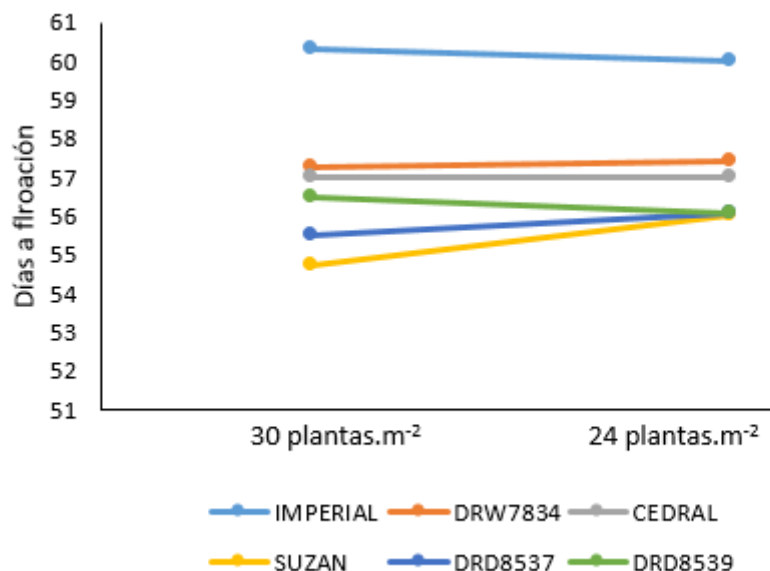


Figura 6. Interacción Variedad * Densidad para la variable de días a floración

De acuerdo con la comparación de medias para las variables morfológicas y de precocidad (Cuadro 22), se observa que al igual que el sistema de producción de dosel uniforme, los grupos de plantas de tipo indeterminadas, son de mayor altura que el grupo de plantas determinadas, con más de 14 cm en promedio.

En aspectos de densidad de follaje, sobresalió el híbrido Imperial con 9.4 m² de densidad de follaje; Suzan resultó ser la variedad más compacta al presentar menor altura y densidad de follaje. Respecto a los indicadores de precocidad (días a floración y maduración), se observó que las plantas indeterminadas tienden madurar de 5 a 6 días antes que las determinadas, comportamiento que fue similar en el sistema uniforme.

Las distintas densidades no afectaron la altura de plantas, días a floración y maduración. Quizá por el nivel de poda practicado, aun con la densidad alta (30 plantas.m⁻² útil), no aumenta tanto la competencia entre plantas por la radiación incidente, tal como lo indican varios autores, que existe un proceso de etiolación

debido a la competencia entre luz, provocada por una alta densidad de población (Gardner *et al.*, 1990; Taiz y Zeiger, 2002).

Cuadro 22. Comparaciones de medias de las variables de altura de planta, densidad de follaje, días a floración y días a maduración entre variedades de jitomate tipo bola bajo sistema de dosel escaleriforme.

Variedad	Altura de planta (cm)	Densidad de follaje (m ² ·m ⁻²)	Días a floración (ddt)	Días a maduración (ddt)
Variedades de hábito determinado				
Cedral	67.688 a	7.11 c	57.0 b	116.5 ab
Imperial	66.208 a	9.45 a	60.1 a	117.6 a
7834	65.750 a	7.59 bc	57.3 b	116.5 b
Variedades de hábito indeterminado				
8539	53.687 b	8.63 ab	56.2 b	111.2 c
8537	52.688 b	8.77 a	55.7 b	110.2 c
Suzán	52.062 b	6.82 c	55.3 b	111.3 c
DMSH	5.9375	1.13	2.23	2.23

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta. (ddt)= días después del trasplante.

Sin embargo, los tratamientos con 30 plantas·m⁻², producen casi dos metros más de densidad de follaje por m² de superficie, lo cual concuerda con Sánchez (2009), quien indica que al aumentar la densidad, incrementará el índice de área foliar, pero con mayor competencia por sombreado (Cuadro 23).

Cuadro 23. Comparaciones de Medias de las variables altura de planta, densidad de follaje, días a floración y días a maduración entre densidades de jitomate tipo bola bajo sistema de dosel escaleriforme.

Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Altura de la planta (cm)	Densidad de follaje (m ² ·m ⁻²)	Días a floración (ddt)	Días a maduración (ddt)
30 plantas	59.58 a	9.03 a	57.09 a	113.8 a
24 plantas	59.77 a	7.10 b	56.88 a	113. 2 a
DMSH	1.268	0.529	0.259	0.908

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta. (ddt)= días después del trasplante.

4.2.2.2. Variables del rendimiento en jitomate tipo bola

En el Cuadro 24, se muestran los resultados para las variables de rendimiento, número y peso de frutos, en el que se observa que hubo diferencias altamente significativas entre las variedades; la densidad mostró significancias sólo en el número de frutos y en rendimiento. La interacción Densidad * Variedad, no tuvo efecto en ninguna de las variables evaluadas.

Cuadro 24. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.

Fuentes de variación	GL	Número de frutos·m ²	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Peso medio de frutos (g)
Variedades	5	4635.07 **	80.0632895 **	1926.7 **
Repetición	3	88.96	12.6438127	1301.0
Error a	15	126.25	11.2603046	1093.9
Densidades	1	4820.02 **	120.1782167 **	99.2 NS
Densidad x Variedad	5	56.17 NS	1.6153496 NS	60.4 NS
Error b	18	84.20	1.3223880	72.6
Total	47			
Media general		106.85	18.088	159.2
C.V		8.58	6.357	5.35

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

De acuerdo con la comparación de medias de variedades (Cuadro 25), se observó un comportamiento similar al sistema de producción uniforme, ya que el grupo de plantas indeterminadas obtuvieron mejores rendimientos que las determinadas, en donde destacan Drw7834 e Imperial con más 22 y 20 Kg·m⁻² útil, respectivamente. Resultados similares encontraron en la variedad Imperial Sánchez *et al.* (2016), donde bajo el sistema de dosel escaleriforme, encontraron que dicha variedad destaca sobre el resto de las variedades, ya que obtuvo rendimientos de casi 30 Kg·m⁻² útil, con peso medio de frutos de 173 gramos.

Cabe mencionar que estas dos variedades (Drw7834 e Imperial) tienen mejor comportamiento bajo el sistema de dosel escaleriforme, que en sistema de dosel uniforme donde lograron 19.6 y 18.1 Kg·m⁻² útil, respectivamente. Sánchez (2009), comenta que esto es debido a que al aumentar la densidad de población, incrementa también la competencia entre plantas, lo cual permite obtener mayor rendimiento, pero menor tamaño de frutos. Aunque como lo señala Sánchez y Ponce (1998), cuando se manejan las plantas de jitomate en altas densidades de población, son las hojas más cercanas al racimo las responsables de aportar el azúcar necesario para el crecimiento de los frutos. Así, con el despunte a un racimo, son las dos hojas arriba del racimo las que permiten el llenado de los frutos de ese racimo.

Resultados similares encontraron Méndez y Sánchez (2005), quienes probaron los doseles escaleriformes, y encontraron que éstos, tuvieron rendimientos significativamente superiores respecto a plantas manejadas en doseles uniformes. Esto gracias al manejo de hileras de plantas a diferentes alturas, y orientadas en dirección Este-Oeste, al lograr una distribución más homogénea de la radiación fotosintéticamente activa en el dosel. De la misma manera, ensayos posteriores demostraron la superioridad del sistema de dosel escaleriforme respecto a rendimientos promedios en doseles uniformes (Vázquez *et al.* 2007; Sánchez *et al.* 2009; Sánchez *et al.* 2010; Bastida, 2012).

En general con la densidad más alta, se obtuvo mayor número de frutos y más de 3 Kg·m⁻² de rendimiento (Cuadro 26). De manera similar se comportan las dos

mejores variedades, en las cuales, con la mayor densidad, se cosecharon más de $3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ que la densidad menor, sin sacrificar el peso medio de frutos (Cuadro 27). Contrario a lo que encontró Pastor (2014), donde en la densidad alta obtuvo rendimientos de hasta $30 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-2}$ útil pero, con una disminución importante en el peso medio de frutos.

Cuadro 25. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre variedades en jitomate tipo bola bajo sistema de dosel uniforme.

Variedad	Número de frutos m^2	Rendimiento ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-2}$ útil)	Peso medio de frutos(g)
Variedades de hábito indeterminado			
Imperial	140.3 a	20.134 ab	142.05 a
Drd 7834	126.2 ab	22.626 a	181.33 a
Cedral	98.1 cd	17.978 abc	173.17 a
Variedades de hábito determinado			
Suzan	111.5 bc	17.830 abc	161.27 a
Drw 8537	89.7 de	13.267 c	147.98 a
Drw 8539	75.5 e	16.697 bc	149.44 a
DMSH	18.25	5.451	53.729

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

Cuadro 26. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre densidades de jitomate tipo bola bajo sistema escaleriforme.

Densidad (plantas m^{-2} útil)	Número de frutos m^2	Rendimiento ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-2}$ útil)	Peso medio de frutos (g)
30	116.875 a	19.67 a	157.769 a
24	96.833 b	16.50 b	160.645 a
DMSH	5.5652	.697	5.1677

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

Cuadro 27. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre densidades de las variedades Drw7834 e Imperial.

Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ²	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Peso medio de frutos (g)
Variedad Drw7834			
30	139.2 a	24.155 a	175.7 a
24	113.2 b	21.097 a	186.8 a
DMSH	24.54	3.334	13.88
Variedad Imperial			
30	110.5 a	18.951 a	171.1 a
24	85.7 b	16.708 a	175.1 a
DMSH	3.28	3.742	5.79

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

En la Figura 7, se observa que la variedad Drw7834 se comportó de manera similar que el sistema de dosel uniforme, ya que obtuvo más homogeneidad en cuanto a frutos grandes y medianos. En cambio, la variedad Cedral, aunque tuvo alto rendimiento, desafortunadamente produjo más de 50 % de frutos de tamaño pequeño, lo cual puede afectar su precio en el mercado.

Las variedades Suzan, Drd8537, Drd8539 e Imperial también tuvieron una alta proporción de frutos medianos y pequeños. Así en este sistema de manejo de dosel escaleriforme, se recomienda utilizar la variedad Drw7834, por su alto porcentaje de frutos grandes y su alto rendimiento (Figura 8).

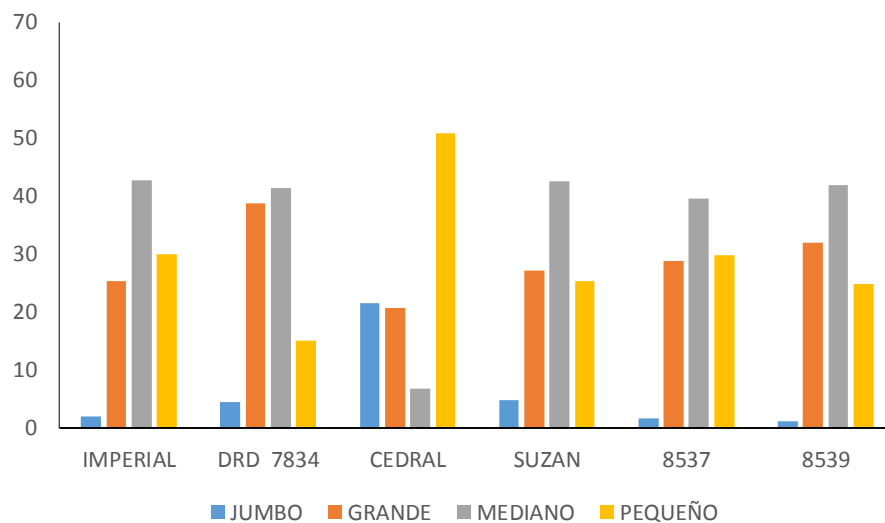


Figura 7. Porcentaje de frutos de diferentes tamaños (Jumbo, grande, mediano y pequeño) de jitomate bola bajo sistema escaleriforme

4.2.2.2. Variables morfológicas y de precocidad, en variedades de Jitomate tipo saladette

En el Cuadro 28, se muestran los resultados para las variables de densidad de follaje, altura, días a floración y días a maduración. Se encontraron diferencias significativas en variedades para todos los tratamientos, la densidad fue importante en área foliar y altura. Las interacciones no tuvieron significancias importantes.

Cuadro 28. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables altura de planta, densidad de follaje, días a floración y días a maduración en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel escaleriforme.

Fuentes de variación	GL	Altura de planta (cm)	Densidad de follaje ($\text{m}^2\cdot\text{m}^{-2}$)	Días a floración (ddt)	Días a maduración (ddt)
Variedades	5	111.62 **	8.6 **	1.12 *	116.84 *
Repetición	3	11.20	0.35	2.03	96.32
Error a	15	11.74	0.48	2.37 NS	33.73
Densidad	1	9.79 NS	44.5 **	1.12 NS	80.08 NS
Densidad x Variedad	5	18.25 NS	0.97 NS	0.287 NS	41.79 NS
Error b	18	7.150	0.76	0.36	28.43
Total	47				
Media general		46.81	8.0	55.44	112.22
C.V		5.711	10.8	1.08	4.751

*: Significativo $P \leq 0.05$. **: Altamente significativo $P \leq 0.01$. NS: no significativo. GL: grados de libertad. (ddt)= días después del trasplante.

De acuerdo con la comparación de medias (Cuadro 29) se observa que en la variable altura, no hubo diferencias importantes, debido a que todas las plantas estuvieron en un rango de 43 a 50 cm, resultados que fueron muy similares al sistema uniforme.

Para la densidad de follaje, destacó SV3543TE con $9.45 \text{ m}^2\cdot\text{m}^{-2}$ igual que la variedad de tipo bola “Imperial”, bajo sistema de dosel escaleriforme.

Se observó, que para el grupo de plantas indeterminadas, los días a maduración se retrasaron de 3 a 9 días respecto al grupo de plantas determinadas. Namib tuvo buenos resultados en precocidad igual que su similar dentro del sistema de dosel uniforme, al madurar 106 días después del trasplante.

Cuadro 29. Comparaciones de medias de las variables de altura de plantas, densidad de follaje, días a floración y días a maduración entre variedades para jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel escaleriforme.

Variedad	Altura (cm)	Densidad de follaje ($\text{m}^2\cdot\text{m}^{-2}$)	Días a floración (ddt)	Días a maduración (ddt)
Variedades de hábito indeterminado				
Drk2189	50.39 a	7.59 bc	60.3 a	112.9 ab
Condor	44.75 b	8.77 a	55.5 b	113.6 ab
Paipai	43.20 b	8.63 ab	55.6 b	114.6 ab
Variedades de hábito determinado				
SV3543TE	48.97 a	9.45 a	55.6 b	108.9 ab
Namib	47.02 ab	7.11 c	52.1 c	106.4 b
Bullseye	46.56 ab	6.82 c	53.3 bc	116.7 a
DMSH	3.935	1.1325	2.505	9.435

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta. (ddt)= días después del trasplante.

La densidad sólo influyó en la densidad de follaje, alcanzado $9 \text{ m}^2\cdot\text{m}^{-2}$ con la densidad de $30 \text{ plantas}\cdot\text{m}^{-2}$ útil (Cuadro 30). Los resultados en la variable altura para las distintas densidades, fueron muy similares, lo cual es contrario a lo que reportan Jiménez y Carrillo (2001), quienes determinaron que a mayor densidad de población, las plantas tienen mayor crecimiento.

Cuadro 30. Comparaciones de medias de las variables de altura de planta, densidad de follaje, días a floración y días a maduración entre densidades en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel uniforme.

Densidad ($\text{plantas}\cdot\text{m}^{-2}$ útil)	Altura de planta (cm)	Densidad de follaje ($\text{m}^2\cdot\text{m}^{-2}$)	Días a floración (ddt)	Días a maduración (ddt)
30	47.13 a	9.03 a	55.29 a	110.93 a
24	46.50 a	7.10 b	55.59 a	113.51 a
DMSH	1.089	0.529	0.366	3.234

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta. (ddt)= días después del trasplante.

4.2.2.3. Variables de rendimiento, número y peso medio de frutos en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel escaleriforme.

En el cuadro 31, se muestran los resultados para las variables de rendimiento, número y peso de fruto; se observaron diferencias altamente significativas para las variedades y densidades. La interacción Densidad * Variedad no fue significativa en ningún caso.

Cuadro 31. Cuadrados medios y niveles de significancia para las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos, en jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel escaleriforme.

Fuentes de variación	GL	Número de frutos·m ²	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Peso medio de frutos (g)
Variedades	5	7485.6 **	32425449.7 **	491.0 **
Repetición	3	340.1	6784171.2	527.0
Error a	15	117.8	1480516.4	46.0
Densidad	1	13333.3 **	51418800.0 **	231.2 *
Densidad x Variedad	5	87.0 NS	698387.5 NS	48.4 NS
Error b	18	160.7	1183243.0	25.0
Total	47			
Media general		151.6	12817.71	85.86
C.V		8.35	8.48	5.83

*: Significativo P = 0.05. **: Altamente significativo P = 0.01. NS: no significativo. GL: grados de libertad.

De acuerdo con la prueba de medias (Cuadro 32), se observa como las mejores variedades a Drk2189 y Bullseye con 15 y 14 Kg·m⁻² útil, respectivamente. Tales resultados, fueron similares al sistema de producción de dosel uniforme, con la diferencia de que el sistema de dosel escaleriforme, produce una mayor cantidad de frutos que el sistema uniforme (50 más para Drk2189 y 31 para Bullseye), pero con la consecuencia de que el tamaño promedio de frutos de estas dos variedades se redujo considerablemente (16 g para Drk2189 y 31 g para Bullseye).

En la media de densidades para las mejores variedades (Cuadro 33), se observa que para Bullseye, con la densidad de 30 plantas·m⁻² útil, se obtiene mayor

rendimiento, pero menor peso de fruto, lo cual ha sido reportado en ensayos anteriores por Papadopoulos y Ormrod (1990), Sánchez y Corona (1994) y Jorge y Sánchez (2003), donde demuestran que hay un efecto de incremento del rendimiento por unidad de superficie a densidades altas, pero disminuye el tamaño y peso de frutos (Sánchez *et al.*, 2009).

Por el contrario, en la variedad Namib, el rendimiento no se afectó por las diferentes densidades, lo cual indica que para esta variedad no es necesario aumentar la densidad a 30 plantas·m⁻² útil, ya que con 24 plantas·m⁻² útil, se consiguen los mismos rendimientos y peso medio de frutos (Cuadro 34).

Cuadro 32. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre variedades de jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel escaleriforme.

Variedad	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ²	Peso medio de frutos (g)
Variedades de hábito indeterminado			
Drk 2189	15.818 a	200.75 a	79.35 bc
Condor	11.800 cd	160.87 b	74.01 c
Paipai	12.111 c	142.25 c	85.52 ab
Variedades de hábito determinado			
Bullseye	14.308 ab	156.00 bc	92.16 a
Namib	12.788 bc	143.25 bc	90.16 ab
Sv3543te	10.078 d	106.87 d	93.97 a
DMSH	1.976	17.63	11.02

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

Cuadro 33. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso medio de frutos entre densidades de jitomate tipo saladette bajo sistema de dosel escaleriforme.

Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ²	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Peso medio de frutos (g)
30	168.33 a	13.852 a	83.67 a
24	135.00 b	11.782 b	88.06 a
DMSH	7.6891	0.659	3.03

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

Cuadro 34. Comparaciones de medias de las variables de rendimiento, número y peso de frutos entre densidades para las variedades Bullseye y Namib bajo sistema de dosel escaleriforme.

Densidad (plantas·m ⁻² útil)	Número de frutos·m ²	Rendimiento (Kg·m ⁻² útil)	Peso medio de frutos (g)
Variedad Bullseye			
30	174.0 a	15.776 a	85.1 b
24	138.0 b	12.841 b	95.1 a
DMSH	26.65	1.781	9.94
Variedad Namib			
30	162.0 a	13.741 a	91.2 a
24	124.5 a	11.835 a	93.1 a
DMSH	21.91	2.496	4.78

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

En el sistema de dosel escaleriforme, para los jitomates tipo bola, destacaron las variedades Drd7834 e Imperial; con 22 y 20 kilogramos·m⁻² útil, y con 181 y 142 g en promedio de frutos. Ambas variedades tuvieron comportamientos similares en las dos densidades evaluadas.

Cedral, aunque presentó un promedio de frutos grandes (173 g) tuvo un comportamiento anormal al tener más del 20 % de frutos de tamaño jumbo, pero más del 50% de frutos pequeños. La variedad Drw7834, obtuvo mejores rendimientos bajo el sistema de dosel ecaleriforme con más de 22 Kg·m⁻² útil, que el sistema de dosel uniforme donde se obtuvo 19 Kg·m⁻² útil. Tales resultados,

coinciden con varios de arreglos escaleriferos (Méndez *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2009 y 2014). Cabe señalar que en el presente trabajo, el sistema de dosel escaleriforme resulta sencillo y económico.

Dentro de las variedades de tipo saladette, pese a que Drk2189 tuvo alto número de frutos y rendimiento, sus frutos fueron de bajo peso (79 g). Las variedades Bullseye y Namib destacaron tanto en rendimiento como en tamaño de fruto, la primera con mejores resultados bajo la densidad de 30 plantas·m⁻², y Namib, sin diferencias estadísticas entre densidades.

5. CONCLUSIONES

Para el sistema de producción de dosel uniforme, entre las variedades tipo bola destacaron por su rendimiento y peso medio de fruto Cedral y Drw7834 con 21.5 y 19.69 kg·m⁻² útil, y un peso medio de fruto de 226 y 250 gramos, respectivamente. Entre las variedades de tipo saladette, sobresalieron Bullseye y Drk2189 con rendimientos que superaron los 14 kg·m⁻² útil. Para todas las variedades dentro del sistema de producción uniforme, la densidad de población más recomendada es de 20 plantas·m⁻² útil, debido a sus rendimientos similares que la densidad alta y por ser más fácil de manejar.

Para el sistema de producción de dosel escaleriforme, sobresalieron por sus rendimientos, Drw7834 e Imperial con 22 y 20 kg·m⁻² útil, y peso promedio de frutos de 181 y 142 gramos. Para las variedades de tipo saladette, con Bullseye y Namib se obtuvieron los mejores rendimientos con 14 y 12.7 kg·m⁻² útil, respectivamente. En este caso, la variedad Bullseye rindió casi 3 kg·m⁻² más con 30 plantas·m⁻² que con 24 plantas·m⁻² útil. Para el resto de las variedades en el sistema de dosel escaleriforme, los resultados en cuanto a rendimientos fueron estadísticamente iguales entre variedades para ambas densidades, por lo cual se recomienda el manejo de las plantas en 24 plantas·m⁻².

6. LITERATURA CITADA

- 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.
- Cih, D. I.; Jaramillo, V. J.; Tornero, C. M.; Martínez, D. M. 2013. Transmisión de precios del jitomate saladette en el mercado e Guadalajara, Jalisco. Memoria del XXI coloquio Mexicano de Economía Matemática y Econometría. 12 p.
- COFUPRO. Sin año. Programa estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología – San Luis Potosí cadena agroalimentaria del tomate. Disponible en: <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit32.pdf>
- Escalona, C. V.; Alvarado, V. P.; Hernán, M. M.; Urbina, Z. C. 2009. Manual de cultivo de tomate. Nodo Horticultura. 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. 12 p.
- FAO. 2013. El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. 72 p.
- FAO. 2013. Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops. 640 p.
- FAOSTAT. 2011. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/infofoods/infofoods/tablas-y-bases-de-datos/bases-de-datos-faoinfoods-de-composicion-de-alimentos/es/>

- FND. 2014. Panorama del Jitomate. Disponible en: <http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Jitomate.pdf>
- Gardner, F. O.; Pearce, R. B.; Mitchel, R. L. 1990. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. Iowa, Estados Unidos de América. 327 p.
- Garza, A. M.; Molina, V. M. 2008. Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el Estado de Nuevo León. SAGARPA, México. p. 183.
- Gómez, T. L.; Gómez C. M.; Schwentesius, R. R. 1999. Producción y comercialización de hortalizas orgánicas en México. pp: 121-158. En: C de Grammont H., Gómez C.M.A., González H. y Schwentesius R. R (Eds) Agricultura de exportación en tiempo de globalización. El caso de las hortalizas, frutas y flores. CIESTAAM/UACH.
- Gómez, M. E. 2012. Producción de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas e hidroponía en Tabasco. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. 115 p.
- González, N. M. 2014. Densidad de población y niveles de despunte para variedades contrastantes de jitomate en condiciones de Hidroponía e invernadero. Tesis de Maestría de la Universidad Autónoma Chapingo. 95 p.
- Grijalva, C. R.; Robles, C. F.; Macías, D. R. 2009. Híbridos de tomate para la producción en invernadero en el noroeste de sonora. INIFAP. Folleto técnico N° 1. 9 p.
- Hernández, B. A.; Lobato, O. R.; Cruz, I. S.; García, Z. J.; Chavez, S. J. 2014. Variación fenotípica, heterosis y heredabilidad de una cruce interespecífica de jitomate Interciencia 39: 327-332.

- Hochmuth, G. J. 2012. Production of greenhouse tomatoes. Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook 3. Consultado en: http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf
- INIFAP. 2011. Guía para cultivar jitomate en condiciones hidropónicas de invernadero en San Luis Potosí. Folleto Técnico No. 41. 57 p.
- Jiménez, B. F.; Carrillo, R. J. 2001. Efecto de diferentes densidades de siembra en la producción del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero. Agronomía Mesoamericana, 14 (1): 85-88.
- Jorge, S. M.; Sánchez Del C., F. 2003. Densidades de población, arreglos de dosel y despunte en jitomate cultivado en Hidrponia bajo invernadero. Revista Fitotecnia Mexicana 26 (4): 257-262.
- Juárez, L. P.; Bugarín, M. R.; Castro, B. R.; Sánchez, M. L.; Cruz, C. E.; Juárez, R. C.; Alejo, S. G.; Balois, M. R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Revista Fuente 8: 21-27.
- Longar, B. M.; Pérez, M. H.; Ríos, E. M. 2013. El estado de técnica de la hidroponía. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4: 803-809.
- Márquez, H. C.; Cano, R. P.; Figueroa, V. U.; Ávila, D. J.; Rodríguez, D. N.; García, H. J. 2013. Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. Revista Internacional de Botánica experimental. 82: 55-61.
- Martínez, S. J.; Peña, L. A.; Rodríguez, P. J.; Sahagún, C. J.; Peña, O. G. 2013. Heterosis intervarietal en jitomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura 19: 5-21.
- 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.; 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. México. 225 p.
- Moreno, R. A.; Aguilar, D. J.; Luévano, G. A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. Revista Mexicana de Agro negocios 15: 763-774.
- Notario, M. C.; Sosa, M. M. 2012. El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.): aporte nutrimental, enfermedades postcosecha y tecnología para su almacenamiento en fresco. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 6: 40-53.
- Nuño, M. R. Manual De Producción De Tomate Rojo bajo Condiciones De Invernadero Para El valle De Mexicali, Baja California. Consultado en: http://www.academia.edu/9762199/MANUAL_DE_PRODUCCI%C3%93N_DE_TOMATE_ROJO_BAJO_CONDICIONES_DE_INVERNADERO_PARA_EL_VALLE_DE_MEXICALI_BAJA_CALIFORNIA
- OASIS. Sin fecha. Manual de Hidroponia. Disponible en: http://www.oasisfloral.mx/wp-content/uploads/Manual-de-hidroponia_Media.pdf
- Ortega, G. V.; Padilla, L. B. 2006. Comportamiento de precios del jitomate en mercados mayoristas durante 1998-2001. Revista de Investigación Científica 2. 1-20.
- Ortega, M. L.; Martínez, V. C.; Huerta, J.; Ocampo, M. J.; Sandoval, C. E.; Jaramillo, V. L. 2014. Uso y manejo de plaguicidas en invernaderos de la región norte del estado de Puebla, México. Acta Universitaria 24: 3-12.
- Papadopoulos, A. P.; Ormrod, D. P. 1990. Plant spacing effects on yield of the greenhouse tomato. Canadian Journal of Plant Science 70: 565-573.

- Pastor, Z. O., Disposición de plantas, cultivares Y densidades de población en la producción hidropónica de jitomate. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 95 p.
- Pérez, T. R.; Muñoz, R. J.; Herrera, H. J. 2013. Flora bacteriana asociada a cultivos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en el estado de Puebla, México. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo. Publicación N° 10. 127-142.
- Pineda, P., J.; Sánchez C., F.; Ramírez, A., A; Castillo G., A M.; Valdéz A., L. A; Moreno P., E. C. 2012. Aserrín de pino como sustrato hidropónico. I: variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo. Revista Chapingo, Serie Horticultura 18(1): 71-88.
- Ponce, C. P. 2013. Producción de tomates en invernadero. Disponible en: <http://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/produccion-de-tomates-en-invernadero-en-mexico/>
- Ramírez, V. J.; Sáinz, R. R. 2006. Manejo integrado de las enfermedades del tomate. 1° edición. Once Ríos Editores. P. 360.
- 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
- Ruiz, R. X., y F. J. Andrade (2014) Computer-operated analytical platform for the determination of nutrients in hydroponic systems. *Food Chemistry* 147: 92-97.
- SAGARPA (2010) Monografía de cultivos Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf>

SAGARPA. 2015. Márgenes de comercialización. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/71210/MC_TomateRojoSaladette_Abril2015.pdf

Sánchez el C., F.; Espinosa, P. R.; Escalante, E. R. 1991. Producción súper intensiva de jitomate en hidroponía bajo invernadero: avances de investigación. *Revista Chapingo* 78:62-68.

Sánchez del C. F.; Moreno, P. E.; Cruz, A. E. 2009. Producción de jitomate hidropónico bajo invernadero en un sistema de dosel en forma de escalera. *Revista Chapingo series horticultura* 15(1): 67-73.

Sánchez, del C., F.; Moreno, P. E.; Morales, M. A.; Peña, L. A.; Colinas, L. M. 2012. Densidad de población y volumen de sustrato en plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* M.) *Agrociencia* 46: 255-266.

Sánchez del C. F.; Ponce, O. J. 1998. Densidad de plantación y nivel de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 4(2): 89-93.

Sánchez, del C. F.; Moreno, P. E.; Magdaleno, V. J.; Pineda, P. J.; Martínez, D. T. 2015. Validación comercial de un sistema de producción de jitomate basado en la formación de doseles en forma de escalera. Informe técnico del proyecto de transferencia de tecnología. NUMERO DE PÁGINAS.

Sánchez del C. F.; Moreno, P. E.; Coatzín, R. R.; Colina, L. T.; Peña, L. A. 2010. Evaluación agronómica y fisiotécnica de cuatro sistemas de producción en dos híbridos de jitomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16: 207-214.

Sánchez del C. F.; Moreno, P. E.; Morales, M. A. Peña, L. A.; Colinas, L. M. 2012. Densidad de población y volumen de sustrato en plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* M.) *Agrociencia* 46: 255-266.

Sánchez del C. F.; González, M. L.; Moreno, P. C.; Pineda, P. J.; Reyes, G. E. 2014. Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en

- hidroponia con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37: 261-269.
- Sánchez del C. F.; Bastida, C. O.; Moreno, P. E.; Contreras, M. E.; Sahagún, C. J. 2014. Rendimiento de jitomate con diferentes métodos de cultivo hidropónico basados en doseles escaleriformes. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 20(3): 239-252.
- Sánchez del C. F.; González, M. L.; Moreno, P. E.; Pineda, P. J.; Reyes, G. E. 2014. Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37: 261-269.
- SEMINIS. Sin fecha Manual de porta injertos para tomate. Disponible en: http://seminislas.s3.amazonaws.com/wpcontent/uploads/2016/05/PORTAL_NJERTOS_-DE-RUITER-MANUAL_FY15.pdf
- Sañudo, T. R. 2013. El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y el potencial endofítico de diferentes aislados de *beauveria bassiana*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Indígena de México. 70 p.
- Servicio de Información agroalimentaria y Pesquera. (SIAP). 2016. disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/datosabiertos/siap/Paginas/default.aspx>
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2002. Plant physiology, third edition. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 690 p.
- Ucán, C. I.; Sánchez, C. F.; Contreras, M. E.; Corona, S. E. 2005. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(1): 33-38.
- Van De Voren, J.; Welles, G. W. H.; Hayman, G. 1986. Glasshouse crop production. *In: The tomato Crop*. ATHERTON, J. G.; RUDICH, J. (eds.). Chapman and Hall. Londres, Inglaterra. Pp. 582-624.

- Vargas, C. J.; Castillo, G. M.; Pineda, P. J.; Ramírez, A. J.; Avitia, G. E. 2014. Extracción nutrimental de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en mezclas de tezontle con aserrín nuevo y reciclado. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 20: 70-81.
- Vázquez, R. J.; Sánchez del C. F.; Moreno, P. E. 2007. Producción de jitomate en doseles escaleriformes bajo invernadero. *Revista Chapingo serie Horticultura* 13: 55-62.
- Villegas, C. J.; González, H. A.; Carrillo, S. J.; Livera, M. M.; Sánchez del C. F.; Osuna, E. T. 2004. Crecimiento y rendimientos de tomate en respuesta a densidades de población en dos sistemas de producción. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27 (4): 333-338.
- Von Haeff, J. N. 1983. Manuales para educación agropecuaria, Área: Producción Vegetal (16), Editorial Trillas, D.F., México: 9-53 pp.
- Zamudio, G. B.; Flores, L. R. 2013. Producción de jitomate bajo invernadero e hidroponia: Mercado, biología, requerimientos agroclimáticos, suelos-sustratos, plantación, podas, conducción, polinización, nutrición, fertirriego manejo integrado de plagas y enfermedades y cosecha. INIFAP. 63 p.

9. APÉNDICE

1. Comparación de las ganancias potenciales del sistema convencional de producción de jitomate, respecto al sistema escaleriforme en alta densidad de población y ciclos cortos.

En la siembra de jitomate con el sistema convencional, se tiene un ciclo largo que oscila entre los 11 meses de siembra a fin de cosecha. De acuerdo con Sánchez *et al.* (2015), para una hectárea de invernadero se requiere de una inversión promedio de \$1.8 millones, con lo que se logra obtener ganancias netas de aproximadamente \$456,000 ha⁻¹. Con el sistema de producción de dosel escaleriforme y despuntes para cosecha solamente un racimo por planta, la inversión para un ciclo de cultivo de cuatro meses de siembra a fin de cosecha (un mes en semillero y tres meses de trasplanta a fin de cosecha), se reduce a \$768,000.00 ha⁻¹. Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, con la variedad Drw 7834, se logró un rendimiento de 22 kg·m⁻² útil, equivalente a 14.5 Kg m² de invernadero, es decir, un rendimiento de 145 t ha⁻¹ en un periodo de tres meses después del trasplante.

Con base en información del SNIIM (2017), el jitomate alcanza sus mayores precios en los meses de noviembre y diciembre, siendo entre la segunda y tercer semana de diciembre en donde se tiene el precio máximo que incluso supera los \$20 por kilogramo (Figura A1). Con este rendimiento potencial (145 toneladas) y al precio de venta indicado (\$20 Kg⁻¹), se obtendría una ganancia neta del orden de los \$2.1 millones ha⁻¹ en un ciclo de tan solo cuatro meses de siembra a fin de cosecha. Dicha ganancia es mucho mayor que con la que se logra con los ciclos largos como se manejan convencionalmente. Además, el invernadero queda disponible para que pueda ser utilizado con algún otro cultivo por un periodo de ocho meses restantes. De manera que este sistema de alta densidad y ciclo corto, resulta apropiado para las ventanas de mejor precio que se pueden tener para el cultivo de jitomate en el año.

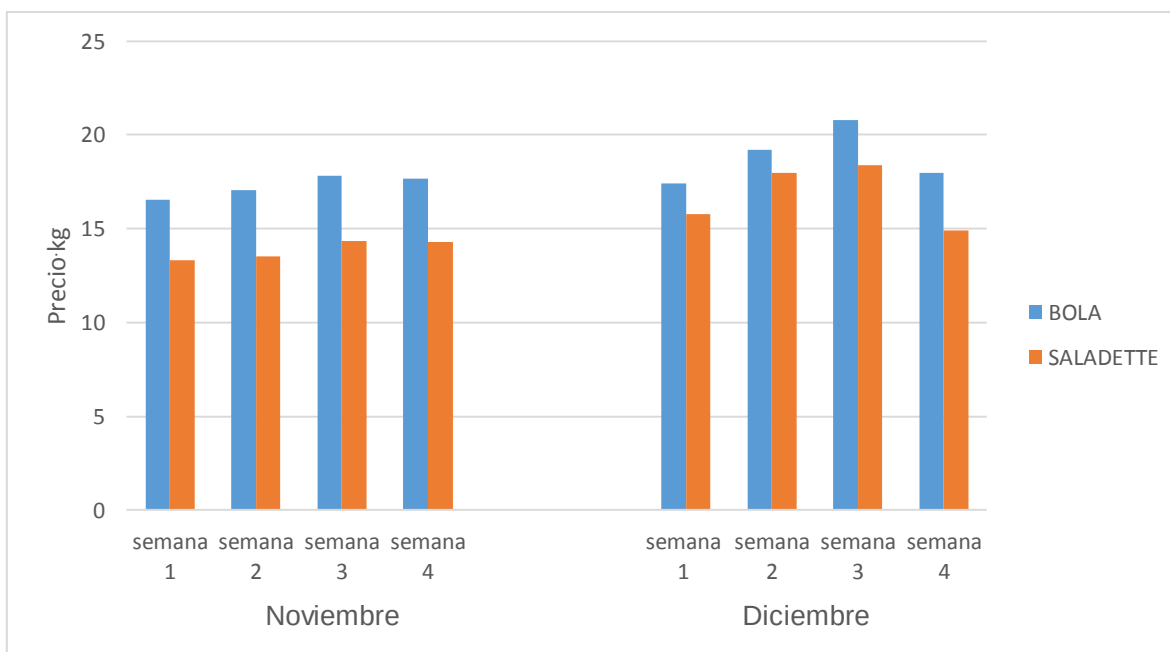


Figura A1. Precios promedios de jitomate 2007-2016 en la Central de Abasto de Iztapalapa, Ciudad de México. Elaboración propia con datos del SNIIM (2017). <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>

A.2. Uso del sistema de altas densidades y despunte a una inflorescencia por planta de jitomate.

En muchas regiones de México, se tienen problemas severos de incidencia de plagas y enfermedades, que reducen considerablemente la producción. Un caso particular es la región Costa sur del estado de Jalisco, en donde la presión tan fuerte por insectos plaga ha llevado a la necesidad de establecer medidas legales como la implementación de una veda agrícola; esta comprende del 1 de mayo al 30 de junio de todos los años, periodo en el cual están prohibidas las siembras de hortalizas, lo que afecta fuertemente la forma de producción en la región. De esta manera, las siembras de hortalizas se inician a principios de julio y se programan

para obtener la cosecha a más tardar a mediados de noviembre debido al inicio del invierno y sobre todo por las altas poblaciones de insectos chupadores que se tienen para esas fechas. Como alternativa actualmente los productores establecen un cultivo de maíz durante el invierno. Al término de éste, puede desarrollarse un ciclo de cultivo con cucurbitáceas, esto por lo corto del ciclo de cultivo, ya que se tiene de límite las altas temperaturas que se registran y el tiempo límite de limpieza de los campos de cultivo para el inicio de la veda agrícola nuevamente.

Por lo descrito anteriormente, y por las altas temperaturas que se registran durante el verano, un cultivo convencional de jitomate es complicado y difícil de lograr para esta región por lo largo del ciclo, incluso con el uso de invernaderos (los cuales están libres de la veda).

Por lo tanto una alternativa económicamente viable para producir jitomate para esta región, es manejando un sistema de producción con despuntes a dos hojas arriba de la primera inflorescencia para cosechar un solo racimo por planta, y establecidas en altas densidades de población como las manejadas en la presente investigación (20 a 25 plantas m^{-2} útil). Bajo condiciones de ambientes protegidos (bajo invernadero o malla sombra), se lograría concluir un ciclo de cultivo de jitomate podado a un racimo en cuatro meses, mediante la siembra de la semilla a mediados de agosto para su trasplante un mes después (mediados de septiembre), y cosechas entre la segunda y tercera semana del mes de diciembre, que es cuando se logran los precios más altos, época que no sería posible producir jitomate a campo abierto o con el sistema convencional en esta región del estado. De hecho como se observa en la Figura A2, el jitomate que se consume en el estado de Jalisco para la época de invierno, todo procede de otras regiones del país. Por lo tanto el manejo del cultivo de jitomate en alta densidad de población con despuntes temprano, representa una alternativa viable para los productores en invernadero en la región Costa-Sur de Jalisco.

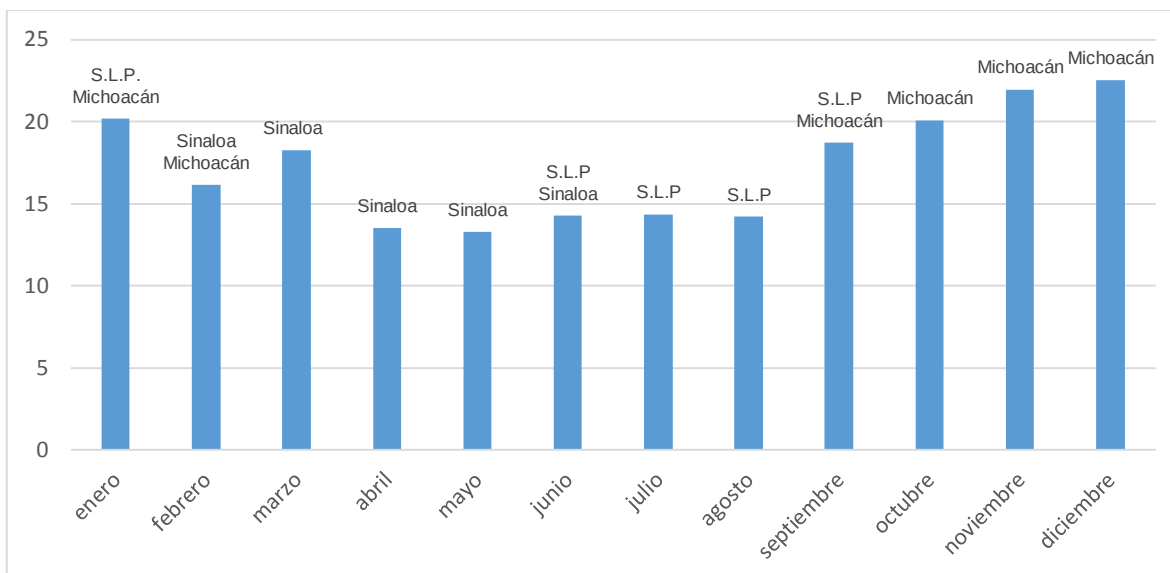


Figura A2. Precio y origen del jitomate saladette durante los meses del 2016 en la central de abastos de Guadalajara Jalisco. Elaboración propia con datos del SNIIM (2017). <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>