

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

**DENSIDAD DE POBLACIÓN Y NIVELES DE DESPUNTE
EN DOS GENOTIPOS DE JITOMATE DE CRECIMIENTO
DETERMINADO**

TESIS

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

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**

PRESENTA:

ABEL MUÑIZ VIDALS

CHAPINGO, MÉXICO, ENERO DEL 2000



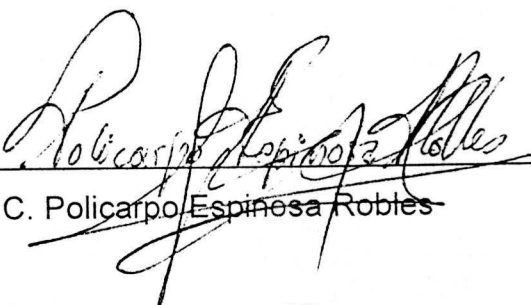
933651

DENSIDAD DE POBLACIÓN Y NIVELES DE DESPUNTE EN DOS GENOTIPOS DE JITOMATE DE CRECIMIENTO DETERMINADO

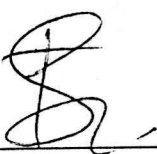
Tesis realizada por Abel Muñoz Vidals bajo la dirección del Comité Asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener
el grado de :

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:


M.C. Policarpo Espinosa Robles

ASESOR:

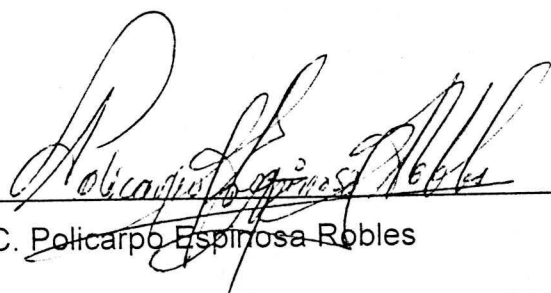

Dr. Felipe Sánchez Del Castillo

ASESOR:


Dra. María Teresa Colinas León

DENSIDAD DE POBLACIÓN Y NIVELES DE DESPUNTE EN DOS GENOTIPOS DE JITOMATE DE CRECIMIENTO DETERMINADO

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Abel Muñiz Vidals,
autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura, estuvo
constituido por:

PRESIDENTE: 
M.C. Policarpo Espinosa Robles

ASESOR: 
Dr. Felipe Sánchez Del Castillo

ASESOR: 
Dra. María Teresa Colinas León

DEDICATORIA

A mis padres:

Aurelio Muñiz Merino y Eladia Vidals Farciert, con mucho cariño, admiración y respeto, quienes gracias a su esfuerzo, dedicación y consejos logré lo que soy.

A mi esposa:

Doris, con mucho amor, por su apoyo moral, comprensión y sacrificios.

Muy especialmente a mi hijo:

JORGE ALEJANDRO, quien ha hecho más feliz mi vida y ha sido un estímulo para superarme.

A mis hermanos:

Francisca, Guadalupe, Juana Estela, Evelia, Blanca Lilia, Abelino, Jesús, Fermín y Hugo Francisco, quienes siempre me han brindado su confianza y amistad.

A mis sobrinos:

Jorge Luis, José Antonio, Juan Carlos, Guadalupe, Oscar, Julio César, Miguel Angel, Martín, Javier, Elizabeth, Martha María, Ana Isabel, Claudia, Armando,

Luis Fernando, Susana, Maricela, Héctor, Alma Delia, Jesús, Maricela y Estefany, como un ejemplo de superación.

A mi cuñado y compadre: Melesio Súmano Poblano, por el afecto y la amistad que nos une.

A mi compadre: Esteban Castillo Montalvo, por la sincera amistad que nos une.

A mi sincero amigo: Ing. José Angel Cuéllar Soto, por los consejos, apoyo y amistad que siempre nos ha unido.

A la familia Castillo Solís: Por el apoyo moral y amistad que nos une.

A todos mis parientes, amigos y compañeros de trabajo

A mis amigos y compañeros de la Maestría en Horticultura: María Del Carmen, Maribel, Elizabeth, Lucy, Miguel, Isac, Miguel Angel, Lauro, Eusebio, Wilberth; Mony, Eulogia, Lily, Roberto y Luis, por su amistad y experiencias vividas en esta etapa de nuestra vida.

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Autónoma Chapingo, especialmente al Departamento de Fitotecnia, por la calidad con que me dieron formación y por el apoyo recibido.

A la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Delegación Estatal en Chiapas, por el apoyo económico y facilidades recibidas, a quien espero servir con mejor asistencia técnica en beneficio de los productores.

A la Universidad Autónoma de Chiapas, particularmente a la Facultad de Ciencias Agronómicas, Campus V, por las facilidades brindadas.

Al M. C. Policarpo Espinosa Robles por su valiosa dirección en el trabajo de investigación, estímulo, apoyo, paciencia y amistad que siempre me ha brindado.

Al Dr. Felipe Sánchez Del Castillo por el asesoramiento en la planeación del experimento, sus valiosas enseñanzas, su minuciosa revisión al escrito y atinadas sugerencias.

A la Dra. María Teresa Colinas León por su valiosa asesoría y los invaluable conocimientos que me ha dejado.

Al Dr. Alejandro F. Barrientos Priego, por las facilidades y el apoyo brindado para la culminación del presente trabajo.

Al Ing. Tomás Corona Sáez, por su valiosa asesoría en el análisis estadístico del trabajo.

Al Sr. Antonio Junco Naranjo, por las facilidades que me brindó para realizar el experimento en sus instalaciones de la empresa Industrial Agropecuaria Junco.

A todos mis maestros, quienes con empeño y dedicación transmitieron sabiamente sus conocimientos y participaron en mi formación.

Al M.C. Miguel Jorge Santos, compañero y amigo, por su valiosa ayuda en el trabajo de campo.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente Tesis nació el 5 de Agosto de 1961 en Tecamatlán, Puebla; desde los 6 años de edad radicó en el Ejido 1º de Mayo, Municipio de Villa Corzo, Chiapas, en donde cursó la Primaria; la Secundaria la estudió en la Escuela Secundaria Técnica No. 37 de San Pedro Buenavista, Municipio de Villa Corzo, y la Preparatoria en el Centro Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 42 de Villa Corzo, de donde egresó como Técnico Agrícola en 1981. Sus estudios profesionales los realizó en la Facultad de Agronomía Campus V de la Universidad Autónoma de Chiapas, con sede en Villaflores, de donde egresó en 1986 como Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. En 1993 realizó dos Diplomados, uno sobre Extensión y Capacitación Agrícola en el CEICADAR del Colegio de Postgraduados, con sede en la Ciudad de Puebla; y otro sobre Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Desde Julio de 1981 ha laborado en diferentes programas en el Distrito de Desarrollo Rural No. 04 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR) con sede en Villaflores, Chiapas, y desde Septiembre de 1987 en la Facultad de Agronomía, Campus V de la UN. A. CH. como profesor de asignatura. Ha elaborado y operado proyectos productivos para producción a nivel comercial de semilla de frijol resistente al Mosaico Dorado.

C O N T E N I D O

	Página
INDICE DE CUADROS	xii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 objetivos	4
1.2 Hipótesis	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Origen e importancia del jitomate	6
2.2 Clasificación taxonómica del jitomate	8
2.3 Características morfológicas y anatómicas del jitomate	8
2.4 Ventajas de la producción en hidroponia bajo invernadero	11
2.5 Podas, despuntes y densidades de población en jitomate	13
2.6 Intercepción de radiación solar y rendimiento	22
2.6.1 La radiación solar y su importancia	22
2.6.2 Area foliar e índice de área foliar	25
2.6.3 Comportamiento de la energía radiante en el dosel y su función en la fotosíntesis	32

2.6.4 Cantidad y eficiencia de la energía radiante interceptada por el dosel	35
3. MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1 Caracterización del sitio experimental	40
3.2 Características del invernadero, tinas y sustrato	40
3.3 Material vegetal	41
3.4 Diseño experimental y tratamientos	42
3.5 conducción del experimento	43
3.6 Variables evaluadas	47
3.7 Cosecha	51
3.8 Análisis estadístico	51
4. RESULTADOS	53
4.1 Rendimiento y sus componentes	53
4.1.1 Análisis global de tratamientos	53
4.1.2 Análisis por nivel de despunte	55
4.1.2.1 Comparación entre genotipos a diferentes niveles de despunte	57
4.1.2.2 Comparación entre densidades a diferentes niveles de despunte	58
4.1.2.3 Comparación entre niveles de despunte	60
4.2 Distribución de tamaños de fruto	60
4.2.1 Análisis global de tratamientos	60
4.2.2 Análisis por nivel de despunte	63

4.2.2.1 Comparación entre genotipos a diferentes niveles de despunte	65
4.2.2.2 Comparación entre densidades a diferentes niveles de despunte	66
4.2.2.3 Comparación entre niveles de despunte	68
4.3 Características morfológicas vegetativas	69
4.3.1 Altura de planta y diámetro de tallo	69
4.3.1.1 Comparación entre genotipos a diferentes niveles de despunte	70
4.3.1.2 Comparación entre densidades a diferentes niveles de despunte	71
4.3.2 Area foliar por planta e índice de área foliar	73
4.3.2.1 Análisis global de tratamientos	73
4.3.2.2 Análisis por nivel de despunte	75
4.3.2.2.1 Comparación entre genotipos a diferentes niveles de despunte	77
4.3.2.2.2 Comparación entre densidades a diferentes niveles de despunte	78
4.3.2.2.3 Comparación entre niveles de despunte	79
5. DISCUSIÓN	81
6. CONCLUSIONES	85
7. LITERATURA CITADA	86

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1	Tratamientos empleados en el experimento de dos genotipos de jitomate de crecimiento determinado en altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	43
3.2	Nutrientes, concentración y fuente de fertilizante para la solución nutritiva empleada en el experimento de dos genotipos de jitomate en altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	45
4.1	Cuadrados medios de rendimiento y sus componentes en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	53
4.2	Comparación de medias entre densidades para el rendimiento y sus componentes en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte	54
4.3	Cuadrados medios de rendimiento y sus componentes por nivel de despunte en dos genotipos de jitomate manejado en altas densidades de plantación.	56

4.4	Comparación de medias de genotipos para el rendimiento por unidad de superficie y sus componentes, en jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	58
4.5	Comparación de medias entre densidades por nivel de despunte para el rendimiento por unidad de superficie y sus componentes, en dos genotipos de jitomate en altas densidades de plantación.	59
4.6	Comparación de medias entre niveles de despunte para el rendimiento y sus componentes en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación.	60
4.7	Cuadrados medios de distribución por tamaños de frutos en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	61
4.8	Comparación de medias para la distribución por tamaños de frutos en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	62
4.9	Cuadrados medios de distribución proporcional de tamaños de frutos por nivel de despunte en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	64
4.10	Comparación de medias de genotipos para la distribución por tamaños de frutos, en jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	66

4.11	Comparación de medias entre densidades por nivel de despunte para la distribución por tamaños de frutos, en jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	67
4.12	Comparación de medias entre niveles de despunte para la distribución por tamaños de frutos en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación.	68
4.13	Cuadrados medios de altura de planta y diámetro de tallo en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	70
4.14	Comparación de medias de genotipos para altura de planta y diámetro de tallo a los 74 dds, en jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	71
4.15	Comparación de medias entre densidades para altura de planta y diámetro de tallo a los 74 dds en dos genotipos de jitomate en altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	72
4.16	Cuadrados medios de área foliar por planta e índice de área foliar en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	73
4.17	Comparación de medias entre densidades para el área foliar por planta e índice de área foliar, en dos genotipos de jitomate en altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	74

4.18	Cuadrados medios de área foliar por planta e índice de área foliar por nivel de despunte en dos genotipos de jitomate manejados con altas densidades de plantación.	76
4.19	Comparación de medias de genotipos para área foliar por planta e índice de área foliar, en jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte.	77
4.20	Comparación de medias entre densidades por nivel de despunte para área foliar por planta e índice de área foliar, en jitomate manejado con altas densidades de plantación.	79
4.21	Comparación de medias entre niveles de despunte para área foliar por planta e índice de área foliar, en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación.	80

RESUMEN

Se evaluaron dos genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de crecimiento determinado Conteza y Solarset, en altas densidades de población y despuntes a uno, dos y tres racimos por planta. El objetivo del experimento fue comparar el rendimiento de los dos cultivares en diferentes densidades de población y niveles de despunte. Los tratamientos fueron: a un racimo 25, 30 y 36 plantas·m⁻² (1R-25, 1R-30 y 1R-36), a dos racimos 16, 20 y 25 plantas·m⁻² (2R-16, 2R-20 y 2R-25), a tres racimos 12, 16 y 20 plantas·m⁻² (3R-12, 3R-16 y 3R-20), y el testigo sin despuntar a seis racimos por planta, a una densidad de 6 plantas·m⁻² (T-6); se utilizó un diseño en Bloques al azar con una distribución de tratamientos en parcelas divididas con cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos mostraron que Conteza superó en rendimiento por unidad de superficie a Solarset en los tres niveles de despunte, destacando el despunte a tres racimos por planta, con un promedio de 21.14 kg·m⁻² en el primer genotipo y 16.91 kg·m⁻² en el segundo. El mayor índice de área foliar (IAF) y mayor rendimiento por m² se obtuvo en las densidades altas (3R-20; 2R-25 y 1R-36), de las cuales sobresalió el tratamiento 3R-20 con 22.62 kg·m⁻². El testigo presentó el menor IAF, peso medio de frutos y rendimiento por m² (14.84 kg).

Palabras clave: Hidroponia, inflorescencia, racimos, rendimiento, índice de área foliar.

ABSTRACT

Two genotypes of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) with determinate growth, Conteza and Solarset, were evaluated under high population densities and bud removal to one, two and three clusters per plant. The objective of the experiment was to compare the yield of two genotypes at different population densities and bud removal levels. The treatments were: one cluster 25, 30 and 36 plants·m⁻² (1R-25, 1R-30 and 1R-36); two clusters 16, 20 and 25 plants·m⁻² (2R-16, 2R-20 and 2R-25); three clusters 12, 16 and 20 plants·m⁻² (3R-12, 3R-16 and 3R-20), and control treatment without bud removal to 6 clusters per plant, 6 plants·m⁻² (T-6). The experiment was conducted under a random block design with a treatment distribution in divided plots with four replications. The results obtained showed that the Conteza genotype had a higher yield per m² than Solarset in the three bud removal levels, it was outstanding at three clusters per plant, with a mean yield per unit surface area of 21.14 kg·m⁻² in the first genotype and 16.91 kg·m⁻² in the second. The higher ILA and yield per m² were obtained with the high population densities (3R-20; 2R-25 and 1R-36), being outstanding the treatment 3R-20 with 22.62 kg·m⁻². The control treatment (T-6) had the lowest ILA, mean fruit weight and yield per m² (14.84 kg).

KEY WORDS: Hidroponics, inflorescence, clusters, yield, index of leaf area.

1. INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), es después de la papa, la hortaliza más cultivada y la que más se consume a nivel mundial, ya sea fresco o industrializado. Tiene un alto valor nutritivo, principalmente en vitaminas C, A, B y minerales, por lo que se considera uno de los productos más importantes en la dieta alimenticia (Maroto, 1992).

Durante 1997 se sembró en México una superficie de 74,228 ha, con una producción de 1'875,697 t y un rendimiento promedio de 26.97 t·ha⁻¹ (SAGAR, 1997). A nivel nacional ocupa el primer lugar como producto de exportación dentro de las hortalizas, de tal manera que en 1993, se exportó a los Estados Unidos 487,539 t, lo que lo hace un cultivo generador de ingresos para los productores, además genera empleo tanto para mano de obra calificada como para una gran cantidad de gente no calificada y sin empleo de los estados de Oaxaca, Guerrero, Guanajuato, Zacatecas y Veracruz, que migran temporalmente a las zonas productoras del norte del país (Muñoz *et al.*, 1995).

Este cultivo se puede sembrar bajo diferentes sistemas de producción, uno de ellos es a campo abierto, con la desventaja de que son mayores los

riesgos a plagas y enfermedades, y las condiciones ambientales son desfavorables, además la nutrición es más difícil de manejar y los rendimientos son bajos. Otros sistemas de producción son bajo cubierta: microtúneles de polietileno o agribón, cubiertas con malla - sombra, cubiertas flotantes de agribón o tricot, e invernaderos de polietileno o vidrio, que permiten una mayor protección del cultivo a plagas y enfermedades y un mejor manejo de las condiciones ambientales desfavorables. Otra tecnología ventajosa es la hidroponía que en conjunción con el uso de invernaderos, permite mejorar el manejo y control del pH y la nutrición, proporcionando a la planta todos los nutrimentos en el momento oportuno y en la cantidad requerida, sin limitantes para su absorción; además, al no haber competencia por nutrimentos, permite usar altas densidades de población. Con la ayuda de los invernaderos se reducen al mínimo las restricciones climáticas por lo que se pueden manejar fechas de siembra, rompiendo la estacionalidad de los cultivos, lo que permite la programación de su cosecha para sacar a la venta los productos con los mejores precios, pudiéndose repetir en el año la misma especie, con una producción continua. Con este sistema de producción los costos de inversión inicial son mayores a comparación de los sistemas anteriores, pero representa una mayor productividad en el número de ciclos de producción por año, por lo que resulta más redituable (Sánchez *et al.*, 1986; Sánchez y Escalante, 1989).

En la Universidad Autónoma Chapingo se han desarrollado y validado nuevos sistemas de producción de jitomate en invernadero rústico y bajo un sistema hidropónico, que permiten concentrar altas producciones en intervalos

de cosecha muy cortos, gracias a prácticas culturales como podas, despuntes tempranos y manejo de altas densidades de población, hasta 24, 20 y 16 plantas·m⁻² de superficie útil para los casos de despuntar dejando uno, dos y tres racimos por planta, respectivamente, que son con las que se han obtenido los más altos rendimientos, tal como lo demuestran los trabajos de investigación realizados por Cancino *et al.* (1991); Sánchez (1994); Sánchez y Corona (1994) y Ponce (1995).

Al respecto solamente se había trabajado con genotipos indeterminados; recientemente se ha hecho investigación con genotipos determinados despuntados a uno, dos o tres racimos por planta (Sánchez, 1997; Ponce 1998), así como ensayos a nivel comercial en la empresa Industrial Agropecuaria Junco, que muestran muy buenos rendimientos y más precocidad que en los cultivares indeterminados, destacando particularmente Solarset y Consteza.

El hábito determinado de estos genotipos implica plantas más compactas y de menor altura, que hacen pensar que en los sistemas con despuntes tempranos para dejar uno, dos o tres racimos por planta puede sembrarse a densidades todavía mayores de las que se han establecido para los genotipos indeterminados, y consecuentemente incrementar aun más el rendimiento por unidad de superficie en cada nivel de despunte, por lo que es necesaria una evaluación de su densidad óptima bajo el sistema de manejo para concentrar producciones, con despunte a uno, dos o tres racimos por

planta con muy altas densidades de población. Por ello en la presente investigación se plantean los siguientes objetivos e hipótesis:

1.1 Objetivos:

- 1) Comparar el rendimiento de los cultivares de jitomate Solarset y Conteza manejados a diferentes densidades de población y a diferentes niveles de despunte.
- 2) Definir para cada cultivar, el nivel de despunte que propicia el mayor rendimiento por unidad de superficie.
- 3) Definir la densidad de población que produce mayor rendimiento por unidad de superficie dentro de cada nivel de despunte.

1.2 Hipótesis:

- 1) Los cultivares estudiados difieren en la expresión de sus características morfológicas (diámetro de tallo, altura de planta, área foliar por planta e índice de área foliar) cuando se comparan bajo una misma densidad de población y el mismo nivel de despunte.

- 2) Los cultivares estudiados difieren en rendimiento por unidad de superficie y sus componentes primarios (número de frutos y peso medio de fruto) cuando se comparan bajo una misma densidad de población y un mismo nivel de despunte.
- 3) Para un mismo nivel de despunte, el rendimiento por unidad de superficie y sus componentes (número de frutos y peso medio de fruto) serán diferentes en función de la densidad de población a que se maneja.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen e importancia del jitomate

El jitomate probablemente es originario de la costa oeste seca de Sudamérica tropical, consecuentemente no es tolerante al frío ni a condiciones de exceso de humedad en el suelo (Picken *et al.*, 1986). En la región andina del Perú, se encuentran a lo largo y ancho numerosos parientes silvestres y cultivados del jitomate, también en Ecuador y Bolivia, así como en las islas Galápagos, lugares que se les considera como su centro de origen; su cultivo y domesticación parece ser que ocurrió fuera de su centro de origen, y fue realizada por los primeros pobladores de México (Pérez *et al.*, 1997).

El jitomate es la hortaliza que más se cultiva en México, principalmente en los estados de Sinaloa, Morelos, San Luis Potosí y Baja California, ya que en 1997 se sembraron 74,228 ha con una producción de 1'875,697 toneladas (SAGAR, 1997). México es, después de Holanda, el país que más exporta jitomate, siendo los principales destinos Estados Unidos y Canadá, pues en 1993, el volumen de jitomate exportado fue de 487,539 toneladas, con una derrama económica de 394 millones de dólares, lo que lo hace ser el principal producto hortícola de exportación, ya que en 1994 representó 36.4 % del valor

total de las exportaciones de legumbres y hortalizas frescas y el 15 % del valor total de las exportaciones agropecuarias, solo superado por el ganado vacuno (Muñoz *et al.*, 1995).

Rodríguez *et al.* (1984) mencionan que España consume 31.8 kg de jitomate por habitante por año, y Estados Unidos 25.5 kg, lo que indica que existe un importante mercado para la exportación a este último país. En México su consumo es también alto, 17.7 kg/habitante en 1990 (Muñoz *et al.*, 1995).

En México, el cultivo de jitomate representa una de las fuentes de empleo rural más importantes, dado el uso intensivo de mano de obra que lo caracteriza, pues de acuerdo al Censo General de Población y Vivienda de 1990, se emplearon aproximadamente 172,289 trabajadores para el cultivo de 75,000 ha de jitomate (3.3 % de la PEA empleada en el sector agropecuario), cantidad a la que habría que agregarle además a los cientos de agricultores que están al frente de la producción, a los trabajadores que laboran en los empaques, en la industria procesadora, en servicios profesionales, en el transporte, en la comercialización y venta de insumos, maquinaria y equipo (Muñoz, *et al.*, 1995).

2.2 Clasificación taxonómica del jitomate

El jitomate cultivado pertenece a la familia Solanaceae y a la especie *Lycopersicon esculentum* Miller. El género *Lycopersicon* está integrado por nueve especies: *L. esculentum* Mill., *L. pimpinellifolium* Mill., *L. Cheesmanii* Riley, *L. Parviflorum* Fobes y Holle, *L. Chmielewskii* Fobes y Holle, *L. Pennellii* (Corr.) D'Arcy, *L. Hirsutum* Humb. y Bonpl., *L. chilense* Dun. y *L. Peruvianum* (L.) Mill. Son diploides con número cromosómico somático de 24 (Esquinas y Nuez, 1995).

2.3 Características morfológicas y anatómicas del jitomate

La planta de jitomate originada de semilla presenta una raíz principal típica con numerosas raíces secundarias y terciarias; la raíz principal puede alcanzar hasta 60 cm de profundidad; sin embargo cuando la planta se propaga mediante trasplante, como sucede generalmente, la raíz principal se ve parcialmente detenida en su crecimiento, en consecuencia se favorece el crecimiento de raíces secundarias laterales, las que se desenvuelven principalmente entre los 5 y 70 cm de la capa del suelo. Las porciones de tallo y en particular la basal, bajo condiciones adecuadas de humedad y textura del suelo, tienden a formar raíces adventicias (Garza, 1985).

El tallo presenta ramificación dicotómica, es epígeo, erguido con 0.4 a 2 m de altura, cilíndrico cuando joven y posteriormente anguloso, de

consistencia herbácea a algo leñosa, en la base llega a medir hasta 4 cm de diámetro, con pubescencia, con duración anual (Garza, 1985). De acuerdo al tipo de crecimiento del tallo, los cultivares se clasifican en: a) cultivares con tallo de desarrollo determinado o definido, en los que el tallo principal una vez que ha producido varias inflorescencias (normalmente entre cada una o dos hojas), detiene su crecimiento como consecuencia de la formación de una inflorescencia terminal; son generalmente erectos y arbustivos, con un período restringido de floración y fructificación, aunque ocasionalmente puede alcanzar los 2 m de altura. b) Cultivares con tallo de desarrollo indeterminado o indefinido, que tienen la particularidad de que el tallo principal no forma una inflorescencia terminal, continuando su crecimiento indefinidamente; la planta puede alcanzar hasta 10 m de altura produciendo inflorescencias de manera continua cada tres o cuatro hojas (Maroto, 1992).

Las hojas se disponen sobre los tallos alternadamente, y son compuestas e imparipinnadas, suaves y carnosas, de tamaño variable según el cultivar, la posición y las condiciones ambientales. Las dos primeras son de menor tamaño, con menos folíolos, las siguientes pueden alcanzar unos 50 cm de longitud, con un folíolo terminal grande y hasta 7 a 9 folíolos laterales también grandes, peciolados, lobulados irregularmente y con bordes dentados, los que a su vez pueden llegar a ser compuestos; puede haber folíolos simples más pequeños intercalados entre los grandes. De la misma manera que el tallo, están recubiertas de pelos glandulares que confieren el olor característico de la planta (Maroto, 1992; León, 1987 citado por González, 1991).

Las flores del jitomate son hermafroditas, autocompatibles, hipogíneas, de una corola de color amarillo canario, con seis pétalos persistentes de forma estrellada que forman un tubo corto en la base y se abren en un solo plano. Miden aproximadamente 2 cm de diámetro, tienen pedicelos de 1 a 2 cm de largo, con una articulación engrosada a la mitad, que corresponde a la zona de abscisión. El cáliz es verde y persistente, se forma de un tubo corto terminado en cinco a diez sépalos agudos, verdes, muy pubescentes. Los estambres son generalmente seis y están insertos sobre el corto tubo de la corola, con filamentos cortos formando una columna. Las anteras son bilobuladas y contienen varios cientos de granos de polen, los cuales son lanzados a través de hendiduras longitudinales; miden unos 5 mm de largo, son verticales y unidas, de color amarillo brillante y rodean al estilo. El pistilo está constituido por un ovario súpero con varios lóculos, generalmente de cinco a nueve, con una placenta carnosa central y un estilo largo que ejerce presión sobre las anteras circundantes de las que apenas sobresale y termina en un estigma achatado y corto. Cuando el polen es liberado, cae directamente sobre el estigma (principalmente de la misma flor) donde eventualmente germina (González, 1991).

La floración del jitomate se produce en forma de racimos simples o bifurcados (llamados corimbos o cimas racimosas), siendo lo normal que en cada inflorescencia simple puede haber entre tres a diez flores, aunque en ocasiones, para ciertos cultivares, puede haber 50 ó más (Maroto, 1992).

El fruto es una baya carnosa generalmente de color rojo (en algunos cultivares es rosa o amarillo), lisa y brillante en la maduración. Presenta formas muy variadas: esférica, oblonga, cuadrada, piriforme, cilíndrica, acorazonada; la superficie puede ser lisa o acostillada y en su interior presenta 2 a 30 celdas o lóculos, donde se encuentran las semillas, las cuales son grisáceas, de pequeño tamaño, discoidales y recubiertas de vellosidades (Maroto, 1992; León, 1987 citado por González, 1991).

2.4 Ventajas de la producción en hidroponía bajo invernadero

Sánchez y Escalante (1989) definen a la hidroponía como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se irrigan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en el agua y en el que, en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material generalmente inerte y estéril, o simplemente la misma solución nutritiva, con la finalidad de proporcionar las condiciones físicas, químicas y sanitarias más adecuadas para el desarrollo vegetal.

Según los mismos autores, la hidroponía como un sistema de producción de flores y hortalizas es una realidad a nivel mundial. Existen empresas en países como Holanda, Inglaterra, Alemania, Estados Unidos, Canadá, Japón, Israel, Italia, España, Australia, Nueva Zelandia, Sudáfrica, Bahamas, Belice, Puerto Rico e inclusive México, que obtienen elevadas utilidades económicas de sus unidades.

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

Otras ventajas de la hidroponia son: se puede producir donde el suelo es limitante para la agricultura normal (ya que se prescinde de él); se logra un sustancial ahorro de agua y fertilizantes, se pueden usar aguas duras y/o relativamente salinas; no se produce contaminación de agua, aire o suelo, pues se trata de sistemas pequeños y cerrados, por lo que es posible y conveniente su uso cerca de núcleos urbanos con un mercado importante (Sholto, 1987; Sánchez y Escalante, 1989; Resh, 1992).

Contando con invernaderos bien diseñados se logran controlar varios de los factores ambientales que normalmente limitan la obtención de altos rendimientos y calidad: heladas o bajas temperaturas, alta irradiancia, altas temperaturas, vientos intensos, excesos de humedad, plagas y enfermedades (Serrano, 1996).

En climas relativamente benignos (como los que existen en buena parte del país), con invernaderos sencillos y relativamente baratos se puede lograr un control adecuado de los factores mencionados anteriormente, dando como resultado ventajas económicas como las siguientes: a) Aumentar significativamente el rendimiento por unidad de superficie y la calidad de los productos obtenidos, al mismo tiempo que se acorta el ciclo de cultivo; b) producir varios ciclos de cultivo por año y programar las cosechas para cuando el mercado ofrezca los mejores precios; c) Producir altos ingresos a partir de pequeñas superficies mediante el cultivo de especies con alto valor económico, con mayor seguridad de éxito al no depender de los fenómenos meteorológicos; d) Por las pequeñas superficies involucradas se tiene la posibilidad de acercar geográficamente las unidades de producción al mercado de consumo, bajando los costos de transporte (Sánchez y Escalante, 1989; Resh, 1992).

2.5 Podas, despuntes y densidades de población en jitomate

La poda es una práctica muy conveniente en el cultivo de jitomate en invernadero, con ella se encausa el desarrollo vegetativo de la planta, eliminando brotes axilares (chupones), que compiten con el desarrollo reproductivo de la planta, y/o brotes terminales; además se limita el número de tallos y por lo tanto la cantidad de frutos por planta, en compensación de una mayor precocidad en la producción (Serrano, 1978).

Rodríguez *et al.* (1984) mencionan que la poda en el cultivo de jitomate, consiste en dejar uno o varios tallos y eliminar todos los brotes que salen en las axilas de las hojas de esos tallos; también se cortan todos los brotes (chupones) que salen de la base de la planta, conforme esta va desarrollando, los cuales por su fuerte desarrollo vegetativo quedan sin fructificar, y se deben eliminar cuando todavía no tengan un desarrollo mayor de 4 a 6 cm de longitud. El número de tallos que se deben dejar en la planta depende de los siguientes factores:

- a) Marco de plantación: cuanto más amplio, hay mayores posibilidades de dejar más tallos.
- b) Precocidad que se pretenda: cuanto menos tallos, habrá mayor precocidad en la recolección.
- c) Variedad que se cultive
- d) Época climática del cultivo: en tiempo húmedo no conviene demasiada vegetación.

La tendencia actual es dejar solamente un tallo por planta, y consiste en eliminar todos los tallos que broten en las axilas de las hojas del tallo principal de la planta, suprimiendo además las hojas basales conforme van envejeciendo, conservando en todo caso el follaje completo en al menos 1.6 a 1.8 m hasta el ápice (Canovas, 1995). Según Rodríguez *et al.* (1984), la poda a dos tallos se puede hacer de dos formas: a) La más usada, es aquella en

que se deja el tallo principal y una rama que brota por encima del primer racimo floral; se eliminan todos los brotes que vayan saliendo en las axilas de los dos tallos que se dejan. b) La poda más racional consiste en despuntar el tallo principal por encima de la segunda o tercera hoja, después del primer racimo de flores; de los brotes que salen en las axilas de esas dos o tres hojas, se dejan los dos mejores brotes como tallos guías, procurando que estén insertos en el tallo principal en posición diferente; todos los brotes que vayan saliendo en estos dos tallos guías se van eliminando.

Una práctica complementaria de la poda es el pinzamiento o despunte, que consiste en cortar las yemas o brotes terminales de los tallos guías, la cual tiene gran importancia, ya que con ella se limita la cantidad de frutos que se desea recolectar, pero al mismo tiempo se disminuye el ciclo vegetativo y por consiguiente se obtiene una cosecha más precoz; también se consigue un aumento en el tamaño de los frutos al disminuir su número (Serrano, 1996).

Turchi (1987) recomienda efectuar la plantación de jitomate en invernadero en filas simples de 80 x 30 cm, ó de 80 a 90 cm y 60 x 35 a 40 cm (tres a cuatro plantas por m²) en filas dobles. Por su parte Sitta (1989) sugiere realizar el trasplante a las distancias de 80 x 30 cm (cuatro plantas por m²), para podar la yema terminal por encima del 5º ó 6º racimo floral, además de los brotes laterales y así conducir la planta a un tallo.

González (1991) sugiere que la distancia entre plantas de jitomate dentro de la hilera, depende de la frondosidad de la variedad cultivada y de la poda que se vaya a realizar; con poda a un tallo y sin despuntar, esta distancia es de 0.25 a 0.35 m; a dos tallos las plantas se colocan a una distancia de 0.30 a 0.40 m; por otra parte, Canovas (1995) menciona que la plantación debe realizarse en filas dobles separadas a 2 m entre ejes y 60 a 70 cm entre filas, con una distancia entre plantas en la fila de 0.5 a 0.66 m, lo que da una densidad de 1.5 a 2 plantas·m⁻², siendo recomendable la menor para ciclos productivos de días cortos en los que la luz escasea.

A través de varios trabajos de investigación, en la Universidad Autónoma Chapingo se ha definido una nueva tecnología de producción de jitomate en hidroponia, que consiste en despuntar las plantas (eliminación de la yema terminal) para dejar solo una, dos o tres inflorescencias (racimos) con dos hojas arriba de éstas; además se eliminan mecánicamente todos los brotes laterales que emite la planta antes y después del despunte, con el propósito de establecer muy altas densidades de población (Cancino *et al.*, 1991; Sánchez y Corona, 1994; Sánchez, 1994; Ponce, 1995; Sánchez, 1997). Así, a través de prácticas de manejo se obtienen plantas de jitomate que, a diferencia de las que se cultivan bajo sistemas convencionales (bajas densidades de población y varios racimos por planta) son de menor altura, esto permite acortar la distancia de plantación, con menor número de racimos por planta, lo que implica precocidad y calidad en la cosecha, características adecuadas para el logro de

altos rendimientos en un sistema hidropónico bajo invernadero (Sánchez y Corona, 1994; Ponce, 1995).

Este sistema de producción además representa otras ventajas con respecto al sistema convencional sin despunte y bajas densidades de población, de acuerdo a las investigaciones de Cancino *et al.* (1991); Sánchez y Corona (1994) y Sánchez (1997), como son: a) Concentrar las producciones en fechas de mayor demanda y mejores precios para el productor. b) Disminuir el ciclo de cultivo (80 a 90 días de trasplante a cosecha) comparado con los sistemas convencionales (150 a 210 días), lo que da la posibilidad de escapar a enfermedades virosas, fungosas y bacterianas. c) Escapar a heladas, bajas temperaturas u otros fenómenos meteorológicos cuando se cultiva bajo invernaderos sin calefacción o a cielo abierto.

Cancino *et al.* (1991) en un experimento en hidroponia bajo invernadero evaluaron tres niveles de despunte para dejar una, dos o tres inflorescencias por planta y dos densidades de población (9 y 16 plantas·m⁻²), en dos variedades de jitomate (Tropic y Ace 55 vf), en donde observaron un rendimiento potencial anual mayor con el tratamiento de despunte a dos inflorescencias, densidad de 16 plantas·m⁻² y con la variedad Tropic, que fue de 17.14 kg/m²/ciclo en 114 días después del trasplante, contra solo 7.81 kg·m⁻² en el testigo sin despuntar a una densidad de 3 plantas·m⁻², y que la práctica de despunte influyó significativamente sobre el intervalo de trasplante a fin de cosecha, pues las plantas despuntadas a un racimo terminaron de cosecharse

11 días antes que las dejadas a dos racimos y 20 días antes que las manejadas a tres racimos. Este trabajo muestra la posibilidad de obtener 3.4 cosechas al año ó $57.55 \text{ kg/m}^2/\text{año}$, es decir, aproximadamente 384 t/ha/año ya considerando los pasillos del invernadero; también permitiría reducir o evitar los daños causados por enfermedades y fenómenos meteorológicos.

En un estudio en hidroponia bajo invernadero sobre varios aspectos generales de las relaciones entre fuente y demanda en jitomate cv. Humaya, con el sistema de despunte a dos o tres racimos por planta a densidades de población de 16 y 12 plantas $\cdot\text{m}^{-2}$ (2R-16 y 3R-12), respectivamente, Sánchez (1994) encontró que la mayor densidad del tratamiento 2R-16 compensó el racimo extra de 3R-12, por lo que el rendimiento por m^2 fue el mismo en ambos tratamientos, sin embargo sugirió al primero para su uso a escala comercial, debido a que por tener un racimo menos se llega al final de la cosecha en menor tiempo, haciendo posible el logro de más ciclos por año lo que finalmente se traduce en un incremento de la productividad anual.

Sánchez y Corona (1994) en un ensayo en hidroponia bajo invernadero compararon dos niveles de despunte con tres densidades de población para cada uno (16, 20 y 24 plantas $\cdot\text{m}^{-2}$ a una inflorescencia dejada por planta; 9, 16 y 20 plantas $\cdot\text{m}^{-2}$ para dos inflorescencias dejadas por planta) y testigo sin despunte (6 plantas $\cdot\text{m}^{-2}$), en cuatro variedades de jitomate, con el objetivo principal de determinar si el despunte para dejar uno o dos racimos por planta en altas densidades podían proporcionar rendimiento y calidad similares al

método convencional sin despuntes y densidad normal ($6 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$). Los más altos rendimientos por m^2 se lograron usando las variedades Hayslip y Floradade a densidades de 16 a $20 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$ para plantas dejadas a dos inflorescencias (12.16 y 14.02 kg, respectivamente), y también con plantas dejadas a una inflorescencia a densidades de 20 a $24 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$ (12.79 y 13.12 kg, respectivamente). Los rendimientos logrados fueron superiores y la calidad fue al menos igual al testigo. Por otro lado, el despunte (a una o dos inflorescencias) influyó significativamente en la obtención de un mayor rendimiento temprano con relación al testigo sin despuntar, pues al segundo corte ya se había obtenido el 87 y 85 % del total cosechado para las plantas despuntadas a una y dos inflorescencias, mientras que en el testigo sólo se tenía el 67 %.

Ponce (1995) evaluó en hidroponia y bajo invernadero, el despunte de plantas de jitomate a una, dos y tres inflorescencias, con 24, 16 y 12 $\text{plantas} \cdot \text{m}^{-2}$, respectivamente, empleando como testigo al método de cultivo convencional, sin despunte y a seis plantas por m^2 , en donde encontró que los mejores resultados se obtuvieron podando a un racimo y con $24 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$, con 4.4 frutos por racimo y 481.2 g de rendimiento de frutos por racimo. Finalmente concluyó que no hubo diferencia significativa entre tratamientos, pues se obtuvo el mismo rendimiento por m^2 cultivando plantas a un racimo como a dos, a tres o a seis; sin embargo, el tiempo implicado para obtener un ciclo productivo para cada tratamiento es diferente, pues podando a un racimo y con $24 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$ es posible obtener hasta 3.7 ciclos productivos por año,

con un rendimiento de 429.73 t/ha/año, y solamente 2.8 ciclos productivos por año con el testigo, con una producción /ha/año de 278.95 t, por lo que resulta más rentable el primer caso.

Sánchez (1997) realizó un estudio en hidroponia bajo invernadero con 17 cultivares de jitomate, a dos densidades de población (12 y 25 plantas·m⁻²) y despuntando las plantas a un racimo. Los resultados indicaron que en Solarset el rendimiento por m² fue mayor en la densidad de 25 plantas·m⁻² (15.04 kg) que en la de 12 plantas·m⁻² (6.15 kg), debido a que el número de frutos por m² se incrementó en 136 % al aumentar la densidad de 12 a 25 plantas·m⁻², mientras que por planta la disminución de estos no fue significativa. Por su parte, Ponce (1998) con jitomate cv. Solarset a una densidad de población también de 25 plantas·m⁻² conducidas a un racimo obtuvo un rendimiento promedio de 17.74 kg·m⁻².

Hernández (1993) evaluó en hidroponia y bajo condiciones de invernadero el efecto de tres densidades de plantación en jitomate variedad Floradade (8, 12 y 16 plantas·m⁻²) y dos tipos de poda en plantas conducidas sin despunte, en donde encontró que el mayor rendimiento por m² (17.6 kg) se obtuvo con la densidad de 8 plantas·m⁻² con poda a uno, o dos tallos o bien sin podar.

Ucán (1999) evaluó bajo invernadero en hidroponia la respuesta del jitomate cv. Daniela a tres niveles de poda de frutos (tres y cuatro frutos por

racimo y sin poda), y cuatro densidades de plantación (6, 8, 9 y 12 plantas·m⁻²) conducidas con despunte a tres racimos, cuyos resultados indicaron que al incrementar la densidad de 6 a 12 plantas·m⁻² se obtuvo menor peso y tamaño de fruto, y en consecuencia menor rendimiento por racimo; sin embargo se incrementó el número de frutos y el rendimiento por unidad de superficie, siendo favorable económicamente con la densidad de 12 plantas·m⁻² (19.94 kg) y con el nivel sin poda de frutos.

Hernández (1989) experimentó en jitomate variedad Cherry Large en hidroponia y bajo invernadero rústico, el efecto de tres distancias entre plantas, a una distancia constante de 30 cm entre hileras, con tres niveles de poda en plantas conducidas sin despunte, en donde encontró que el mayor rendimiento total por ha se obtuvo a densidades de 27,000 plantas·ha⁻¹ con poda a dos tallos y a 23,000 plantas·ha⁻¹ sin podar, con 43.0 y 42.9 t·ha⁻¹, respectivamente. Así también, Rodríguez (1995) en un experimento en jitomate variedad L-4-5 bajo condiciones de invernadero rústico tipo túnel, utilizando como sustrato una mezcla de suelo agrícola con estiércol de ganado vacuno y gabazo de caña de azúcar, obtuvo los más altos rendimientos con los tratamientos a densidades de 40 mil plantas·ha⁻¹ con poda a uno y a dos tallos y sin despunte, con un rendimiento de 98.97 y 101.4 t·ha⁻¹, respectivamente.

Mirafuentes (1985) experimentó en campo e invernadero en dos genotipos de jitomate (Floradade y Tropic), el efecto de tres distancias entre plantas con cuatro tipos de poda en plantas conducidas sin despunte; encontró

que en los dos ambientes el mayor rendimiento ($48.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) se obtuvo con el segundo genotipo a 30 cm entre plantas, que equivale a una densidad de $27,000 \text{ plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$, con poda a dos tallos. Mientras que González (1993) bajo condiciones de campo en jitomate cv. Floradade, el rendimiento más alto ($44.72 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) lo obtuvo en plantas podadas a dos tallos y sin despunte, a una densidad de $32,000 \text{ plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$.

2.6 Intercepción de radiación solar y rendimiento

2.6.1 La radiación solar y su importancia

La radiación solar es la fuerza generadora de la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, y llega a la tierra como radiación directa, difusa y reflejada (Nobel, 1974); varía en su calidad desde 290 a 3000 nanómetros (nm) de longitud de onda, así, cerca de 40 a 50 % de la radiación solar recibida al nivel del suelo está comprendida en la región espectral de 390 a 760 nm, que es percibida como luz visible (Larcher, 1980; Salisbury y Ross, 1994), y la que es fotosintéticamente activa se encuentra en el rango de 400 a 700 nm (Gardner, *et al.*, 1985).

Las características de la luz de importancia para las plantas son: la duración o fotoperíodo, la calidad o composición espectral y la intensidad luminosa (Bidwell, 1993); la calidad de la luz se refiere a la longitud de onda por la cual está compuesta, pues no todo el espectro de la luz blanca es

fotosintéticamente activo, existe una mayor absorción por la clorofila en dos partes del espectro: al final del rojo, entre los 640 y 700 nanómetros, y en la región azul-violeta comprendida entre 400 y 470 nm (Mitchel, 1970).

Por su parte, Bidwel (1993) y Salisbury y Ross (1994) mencionan que las plantas verdes tienen dos picos de absorción de luz bien marcados, uno está comprendido entre 440 y 460 nm (luz azul, con longitud de onda corta), dado por la clorofila *b* en el fotosistema I, y el otro entre 640 y 680 nm (luz roja, con longitud de onda larga), dado por la clorofila *a* en el fotosistema II.

Según Gardner *et al.* (1985), a la cantidad (intensidad) de radiación medida en términos de partículas (cuanta) de radiación incidente por unidad de superficie y tiempo se le denomina densidad de flujo fotónico fotosintético, o simplemente flujo fotónico fotosintético (FFF), mientras que la que es medida en términos de cantidad de energía incidente por unidad de superficie y por unidad de tiempo se le denomina radiación fotosintéticamente activa (RFA).

La luz solar interviene en la regulación de muchos procesos bioquímicos y/o fisiológicos que llevan a cabo las plantas, como son: fotosíntesis, síntesis de clorofila, formación de cloroplastos, síntesis de antocianinas, germinación de la semilla, crecimiento de la plántula, floración, fototropismo, viscosidad del protoplasma y fotoperiodismo, de los cuales la fotosíntesis es el proceso bioquímico más importante, pues a partir de compuestos inorgánicos y energía solar, las plantas verdes sintetizan azúcares, aminoácidos y ácidos grasos,

elementos básicos en la formación de compuestos indispensables en la vida vegetal y animal (Bickford y Dunn, 1972).

Aunque el jitomate es una planta indiferente al fotoperíodo en lo que concierne a su floración, la longitud del día tiene bastante importancia en su crecimiento vegetativo (Maroto, 1992), principalmente cuando la luminosidad es escasa, ya que afecta a la floración, fecundación y vigor de las plantas (Serrano, 1996). Florece en la mayoría de los fotoperíodos, por lo que se le ha clasificado como de tipo neutral, aunque se desarrolla mejor cuando tiene varias horas de iluminación. Dentro de ciertos intervalos y en ausencia de factores limitantes (temperatura, agua, nutrimentos y bióxido de carbono), existe una alta correlación entre radiación solar recibida y fotosíntesis neta (Went, 1957, citado por González, 1991); así también, en los momentos críticos del cultivo durante el primer período vegetativo y en la polinización de las flores, tiene gran importancia la interrelación de la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad del día (Serrano, 1996).

Durante la época nubosa que se presenta en los meses de septiembre y octubre, las hojas de jitomate presentan un bajo contenido de azúcares, y tanto éstas como los tallos se vuelven pálidas y delgadas, pudiendo ser pequeños los racimos de frutos o incluso no llegar a cuajar varios de sus frutos. Una iluminación artificial suplementaria es económicamente impracticable, excepto durante el desarrollo de las plántulas. Con tiempo brillante y soleado la

producción de azúcar en las hojas es muy elevada, siendo éstas oscuras y gruesas, los tallos de color verde oscuro y con mayor vigor, los racimos tendrán numerosos frutos bien cuajados y el sistema radical será muy vigoroso, pudiendo aportarse mayores niveles de nitrógeno durante este período (Resh, 1992).

La eficiencia de conversión de la radiación fotosintéticamente activa es una medida del aprovechamiento de la energía solar por una comunidad vegetal durante un tiempo dado, mediante la producción de materia seca, y es más alta con especies C_4 que en especies C_3 (Murata, 1981).

2.6.2 Área foliar e índice de área foliar

Para una máxima producción de materia seca, el área foliar debe ser suficiente para ofrecer la máxima capacidad de intercepción de luz; sin embargo, un área foliar excesiva puede crear condiciones de sombreado para gran parte de las hojas situadas hacia el interior de la cubierta vegetal, ocasionando eventualmente que los carbohidratos producidos sean utilizados en la misma proporción de la que son sintetizados (Mitchel, 1970).

Hay tres características principales del área foliar que afectan la penetración de la luz en el dosel: a) el ángulo de las hojas con relación a la luz que incide sobre estas, b) la distribución vertical de las hojas y c) la distribución

horizontal de las hojas. Estos aspectos son muy importantes, pues entre más penetre la luz dentro del dosel, más grande será la capacidad fotosintética del cultivo (Donald y Hamblin, 1983).

La cantidad de follaje de los cultivos está bastante relacionada con la cantidad de materia seca producida, y entre mayor sea el área foliar, la transformación de la energía será mayor, ya que la eficiencia del área foliar depende de factores como el tamaño y número de hojas, arreglo espacial de las mismas, entre otras; ahí radica la importancia de su medición (Mendoza y Ortiz, 1973).

La determinación del área foliar es una parte esencial del análisis de crecimiento y es necesaria en muchos estudios fisiológicos en plantas completas; para su determinación se han desarrollado varios métodos y se han aplicado principios diferentes, por lo que Marshal (1968) los clasifica como se indican a continuación:

A. Métodos de muestreo destructivo

Para medir el área foliar, se han desarrollado varios métodos en el laboratorio que requieren la eliminación de las hojas para su determinación, incluyendo variantes los cuales han surgido para uso bajo condiciones de campo, que se clasifican en los siguientes:

A.1 Métodos directos

A.1.1 Hojas dibujadas sobre papel cuadriculado: La hoja se coloca sobre papel cuadriculado o sobre una cuadrícula dibujada en un pliego de papel y se dibujan sus contornos; el área se obtiene contando los cuadros cubiertos por la hoja.

A.1.2 Método planimétrico: El contorno de la hoja se dibuja o se imprime sobre papel fotosensible; el área dentro del contorno dibujado de la hoja se mide entonces usando un planímetro.

A.1.3 Método gravimétrico: El contorno de la hoja se calca en papel, el cual tiene una proporción uniforme del peso con el área. El dibujo de la hoja es cortado y pesado, enseguida se obtiene el área foliar relacionando el peso del papel con el área del mismo.

A.1.4 Método por conteo de puntos: Es una variante distintiva del método de hojas dibujadas sobre papel cuadriculado y conteo de cuadros, para operar bajo condiciones de campo, que consiste en el uso de una cuadrícula de puntos espaciados equitativamente, el número de puntos cubiertos por la hoja es relacionado con el área foliar. Este método ha sido automatizado en laboratorio usando un dispositivo electrónico, el cual registra el número de puntos cubiertos por las hojas.

A.2 Métodos indirectos

Estos métodos dependen de la variación de algunas propiedades sensibles con el área foliar, por ejemplo la luz.

A.2.1 Intercepción de luz: La técnica usada frecuentemente del planímetro fotoeléctrico emplea el principio de la variación en la detección de la luz emitida desde una fuente constante sobre una superficie de un material en ángulo recto entre la fuente y el detector. El método tiene numerosas características incluyendo una prueba de alojamiento de luz, así como el requerimiento para propagar constantemente la luz difusa al nivel de las hojas insertadas.

A.3 Métodos por estimación

Estos métodos dependen del establecimiento de una relación matemática entre algunas características de la hoja y el área foliar.

A.3.1 Relación de medidas lineales: Este método es igualmente aplicable en métodos no destructivos. Las características de la hoja más frecuentemente usadas para medir y relacionar el área foliar (AF), son longitud (L) y ancho de hoja (A). Las relaciones que han tenido resultados satisfactorios incluye: $AF = K \times L \times A$, donde K es un coeficiente el cual algunas veces requiere una nueva determinación cuando la forma de la hoja cambia con la edad. La fórmula de la ecuación de regresión lineal estándar: $y = bx + a$, también ha sido

frecuentemente usada, donde y = área foliar, a y b son constantes, x es la longitud de hoja (L), ancho de hoja (A), $L \times A$ y $L + A$.

A.3.2 Métodos para determinar área foliar mediante la relación peso de hoja

A.3.2.1 En hojas completas: Este método ha sido usado por la relación que existe entre área de hoja y su peso fresco, así como su peso seco, para la determinación de área foliar. Una vez que la relación es establecida, a veces usando una de las técnicas primarias para medir área foliar, enseguida se pesa la hoja y se puede determinar el área foliar.

A.3.2.2 Por sub - muestras: Una variante del método anterior es el uso de una sub - muestra, mediante cuadros de conocida área de tejido foliar, los cuales son cortados de las hojas, secados y pesados. El área foliar total se determina entonces relacionando el peso y área de los cuadros con el peso total de hoja. Este método requiere de hojas con uniformidad en su grosor, para que no haya alteración entre su peso con su área.

B. Métodos no destructivos

Algunos de estos métodos han sido desarrollados para uso en laboratorio y otros para uso en campo.

B.1 Métodos adaptados para uso en campo:

Las variantes aquí incluidas ya han sido descritas en los métodos: hojas dibujadas sobre papel cuadriculado, método de conteo de puntos, intercepción de luz y la relación de medidas lineales de hojas para área foliar.

B.2 Métodos comparativos usando formas de hoja y formas geométricas

B.2.1 Método estándar usando imágenes actuales de hojas: En este método se hacen dibujos o se toman fotografías enteras de la forma y tamaño de las hojas de la especie de interés; las áreas entonces se calculan y para cada forma se seleccionan series de 10 imágenes de hojas, en donde el área incrementa ya sea aritméticamente o geométricamente. De esta manera, se obtienen varias formas distintivas de hojas para cada área foliar en las series. El área foliar de toda una planta intacta se clasifica dependiendo de su índice o tipo por similitud con un miembro de las series de forma apropiada; por consiguiente, se puede estimar rápidamente el área foliar de una planta entera.

B.2.2 Método estándar usando formas simples: Consiste en formar puntos fuera de los dibujos de hojas con parecido a formas geométricas simples. Para esto se asumió que una elipse tiene similitud muy cercana a las hojas del árbol de manzano; se construyó una cuadrícula en la cual una serie de puntos correspondieron a elipses de diferentes área conocidas. El área de las hojas

fue luego fácilmente calculada por comparación con las elipses más similares a las hojas en tamaño.

Sin embargo, el área foliar por planta es una medida inapropiada del follaje de todo un cultivo, ya que no toma en cuenta la distancia entre plantas (Hunt, 1978), además, conforme se desarrolla el área foliar y hay sombreamiento de las hojas inferiores, la descripción del crecimiento está basada en área foliar por área de suelo y no en plantas individuales, por lo que Watson (1947) citado por Gardner *et al.* (1985) introdujo el término índice de área foliar (IAF), que resulta de dividir el área foliar (un solo lado de la hoja) entre el área del suelo presente debajo de esa área foliar, el cual, según Hunt (1978), es fuertemente influenciado por la radiación solar, así como por la temperatura, agua y nutrimentos, así también, de acuerdo a Mitchell (1970), el IAF es un indicador de la superficie de follaje disponible para la absorción de luz y es útil para conocer el potencial fotosintético de un cultivo.

Las hojas deben estar dispuestas de manera que intercepten toda la luz incidente sin que las hojas de arriba cubran totalmente a las de abajo y éstas también intercepten luz, para maximizar la fotosíntesis en todo el dosel, por lo que las plantas deberán tener un perfil estrecho, un rápido establecimiento del índice de área foliar óptimo (siendo alrededor de 4) y un área foliar de duración prolongada (Adams y Kelly, 1992).

2.6.3 Comportamiento de la energía radiante en el dosel y su función en la fotosíntesis

La radiación solar en un dosel tiene dos componentes: la luz no filtrada, llamada difusa o directa, la cual pasa a través de huecos en el dosel, y la luz filtrada o atenuada por la absorción, reflexión y transmisión del dosel (Holmes, 1981).

Las hojas completamente expuestas a la luz, absorben 80 a 90 % de la radiación incidente en la región de 400 a 700 nm, de manera que en un medio día, las hojas superiores del dosel absorben más de la cantidad de luz requerida para saturación, y una gran parte de la energía absorbida puede ser disipada sin contribuir a la fotosíntesis (Loomis y Williams, 1963).

En cambio, las hojas inferiores quedan sombreadas conforme crece la planta y tendrán menores tasas de fotosíntesis que las hojas ubicadas en la parte superior, efecto que se acentúa como consecuencia de la mayor edad de las hojas inferiores y la exportación de nutrimentos, asociado con el inicio de la senectud; por lo que las hojas superiores de un cultivo son los sitios de fotosíntesis más activa (Milthorpe y Moorby, 1982).

Así también, Nobel y Long (1988) confirman que las hojas inferiores de un cultivo que no reciben suficiente luz durante gran parte del día, no contribuyen a la fotosíntesis neta, por lo general mueren de manera prematura

y pierden de 30 a 50 % de su peso seco antes de morir y caer, por lo que al modificar la estructura del dosel se puede mejorar en gran medida el rendimiento de un cultivo, por su influencia en la intercepción de la luz y una mejor distribución de ésta en el dosel.

La mayor penetración de la luz a los estratos inferiores del dosel, ya sea por poseer hojas más erectas o por prácticas agronómicas, constituye una gran ventaja en la fotosíntesis para un dosel, a comparación de aquellos donde la penetración de la luz es limitada por la posición horizontal de las hojas (Loomis y Williams, 1963).

Bajo condiciones adecuadas de abastecimiento de agua y nutrimentos en un cultivo, la cantidad interceptada de radiación fotosintéticamente activa por el dosel vegetal durante la fase vegetativa, sería la única limitante climática en la productividad del cultivo, por lo que sería interesante contar con variedades cuyo dosel vegetal en el estrato superior presente hojas erectas, permitiendo que un mayor porcentaje de radiación penetre en el resto del dosel (Williams *et al.*, 1968).

Al inicio de la estación de crecimiento, la eficiencia de conversión de la radiación fotosintéticamente activa es baja entre plantas, debido a que están pequeñas y con poco follaje, así también al final de la estación donde las actividades vitales de la planta disminuyen gradualmente, por lo que la mayor

producción de materia seca se realiza a la mitad del ciclo cuando el dosel está completamente cerrado (Alberda, 1962).

Aún las hojas de las especies más eficientes alcanzan 80 % de su fotosíntesis máxima con menos de 50 % de la intensidad plena de luz, y ésta fotosíntesis máxima se logra cuando la luz se distribuye lo más uniforme en el dosel y el mayor número de hojas la interceptan (Mock y Pearce, 1975).

Los factores que afectan la fotosíntesis pueden ser internos, propios de la estructura y composición de las plantas, y factores externos, que son los relativos al medio. Entre los factores internos más importantes se encuentran: estructura de la hoja, contenido de clorofila, la acumulación de productos de la fotosíntesis en los cloroplastos, influencia de las enzimas protoplásmicas y la presencia de constituyentes minerales (Hall y Rao, 1977).

Los factores externos más importantes que afectan la fotosíntesis son: intensidad, calidad y duración de la luz, disponibilidad de agua y nutrimentos en el suelo, concentración de bióxido de carbono en la atmósfera y la temperatura ambiente, de los cuales la energía luminosa es uno de los más importantes en el proceso fotosintético (Hall y Rao, 1977).

2.6.4 Cantidad y eficiencia de la energía radiante interceptada por el dosel

El coeficiente de extinción del dosel (k) se define como la fracción de energía de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) incidente, absorbida por unidad de área foliar de un dosel vegetal (Nobel y Long, 1988). Por su parte, Gardner *et al.* (1985) lo definen como un indicador numérico de la atenuación de la radiación en el dosel, su valor depende de la disposición de las hojas, lo que a su vez está en función de características como la inclinación y la forma en que estas se agrupan en el dosel.

Para doseles en que se supone una distribución al azar del follaje en las tres dimensiones, k depende principalmente del ángulo de inclinación dominante de las hojas, del índice de área foliar (relación inversa), de las porciones relativas de radiación directa y difusa, de la elevación del sol con respecto al horizonte, de la anchura finita del disco solar, de los cambios en la distribución espectral de la radiación incidente al penetrar el dosel, de las múltiples reflexiones de la radiación incidente dentro del dosel y de la disposición o arreglo de las hojas tanto vertical como horizontalmente. Para un mismo índice de área foliar (IAF), a mayor porcentaje de intercepción de RFA por el dosel, el k será mayor, pero si se mantiene constante el porcentaje de intercepción de RFA por el dosel, a mayor IAF el k se va volviendo menor, o dicho de otra manera, k es directamente proporcional al porcentaje de intercepción de RFA e inversamente proporcional al IAF (Nobel y Long, 1988).

Por lo general los valores de k se encuentran entre 0.3 y 1.3, y para IAF altos (más de 3) entre menor sea su valor la distribución de la luz en el dosel se considera más eficiente para la fotosíntesis. En doseles con hojas verticales, como en muchas gramíneas, la luz penetra con facilidad hasta los estratos inferiores, por lo que el valor de k con frecuencia es bajo (0.4 a 0.5). Por el contrario, doseles con hojas horizontales como en el caso de cultivos de papa, soya, girasol, etc., presentan coeficientes de extinción elevados (Rubio, 1994). Al respecto, Sánchez (1994) obtuvo un k de 0.7 para jitomate cv. Humaya a los 82 dds (inicio de crecimiento rápido de los frutos del primer racimo), manejando tratamientos de despunte para dejar dos o tres racimos por planta; así también, en otro experimento de 17 cultivares de jitomate despuntados a un racimo por planta, Sánchez (1997) reportó a los 80 dds un k de 0.62 en la densidad de 12 pl/m² y de 0.39 en la densidad de 25 pl/m², esta última con menor IAF que la primera.

El término con un significado más claro para el análisis de doseles de cultivos es el de acumulación de materia seca por unidad de superficie de suelo por unidad de tiempo (g·m⁻² de suelo·día⁻¹), llamado comúnmente tasa de crecimiento del cultivo (TCC), que por lo general está estrechamente relacionada con la intercepción de radiación solar. La TCC se mide cosechando una comunidad de plantas a intervalos frecuentes y calculando el incremento en peso seco de un muestreo al otro (Gardner, *et al.*, 1985).

La tasa de crecimiento de un cultivo aumenta conforme lo hace el índice de área foliar (IAF), hasta que este último alcanza un valor óptimo (Mitchell, 1970; Evans y Wardlaw, 1976), que es alrededor de 4 (Adams y Kelly, 1992), y es cuando el cultivo logra la máxima producción de materia seca por unidad de área, bajo la máxima intercepción de luz (Williams *et al.*, 1965), si el IAF sigue aumentando, la tasa de crecimiento se mantiene, hasta alcanzar un valor de IAF después del cual empieza a declinar; a este nivel se le designa como IAF crítico, y es el requerido para interceptar 95 % de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) incidente (Mitchell, 1970; Evans y Wardlaw, 1976; Gardner *et al.*, 1985).

Para corroborar lo anterior, en un experimento con un dosel integrado por pasto y trébol, Broughman (1956) citado por Gardner *et al.* (1985) mostró que la TCC se incrementa conforme aumenta el IAF hasta alrededor de 5, que es cuando se intercepta en este dosel el 95 % de la radiación solar; índices de área foliar por arriba de 5 ya no produjeron cambios en la TCC, por ello Broughman denominó IAF crítico a aquel en que el dosel alcanza la máxima TCC (la cual se daba cuando el dosel interceptaba 95 % de la radiación solar).

Si un cultivo pudiera llegar desde la etapa vegetativa temprana a un IAF óptimo, y que este se mantuviera constante hasta el final de su ciclo, la intercepción diaria de RFA sería máxima por un mayor tiempo, lo que se reflejaría en una mayor acumulación de materia seca y probablemente en un mayor rendimiento de cosecha (Mitchell, 1970; Evans y Wardlaw, 1976).

Para una misma irradiancia fotosintética se puede lograr una mayor tasa de fotosíntesis del dosel o tasa de asimilación neta (TAN), si un alto porcentaje de las hojas es iluminado a una intensidad media, que si una menor proporción de hojas reciben alta intensidad de RFA y una mayor proporción reciben poca, como consecuencia del sombreadamiento mutuo. Hojas muy sombreadas pueden incluso perder más materia seca a través de la respiración que la que ganan en la fotosíntesis (Donald, 1968).

La TAN se define como una medida de la eficiencia del uso de la RFA, y se refiere a la tasa de producción de materia seca por unidad de área foliar total por unidad de tiempo (Picken *et al.*, 1986), generalmente se expresa en g por m² de área foliar por día, y es una medida de la eficiencia de la fotosíntesis en el promedio de todas las hojas del dosel, dicho de otra manera es una medida del promedio de intercambio de CO₂ por unidad de área foliar en el dosel; cuando se multiplica por el IAF el producto es la TCC. La TAN está a su máximo cuando las plantas son pequeñas y la mayoría de las hojas están expuestas a la radiación directa; conforme el cultivo crece y el IAF aumenta, más y más hojas se sombrean, causando una disminución en la TAN conforme el ciclo avanza (las hojas sombreadas hacen muy poca fotosíntesis y además gastan materia seca para respirar y mantenerse vivas). En doseles con alto IAF, las hojas jóvenes en la punta de las plantas absorben la mayor parte de la radiación solar, tienen una alta tasa de asimilación de CO₂ y translocan grandes cantidades de asimilados a otras partes de la planta; en contraste, las hojas más viejas en el fondo o en el interior del dosel, bajo condiciones de sombra

excesiva tienen muy bajas tasas de asimilación de CO_2 y contribuyen con pocos o ningún asimilado a otras partes de la planta (Gardner *et al.*, 1985).

Hurd y Thornley (1974) indican que la TAN y la tasa relativa de crecimiento (TRC) total son máximas en plantas jóvenes de jitomate y que tienden a disminuir con la edad debido al autosombreamiento de las hojas, al mayor requerimiento de energía de mantenimiento por el aumento de tamaño y a la senescencia de estas últimas. Al respecto Picken *et al.* (1986) reportan, para la misma especie, valores de TRC total de hasta 0.6 g de materia seca por gramo de materia seca presente por día en condiciones óptimas de crecimiento, y una tasa absoluta de crecimiento (TAC) total de hasta $194 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ en peso fresco.

Para correlacionar el rendimiento de materia seca con el IAF, Watson (1947) citado por Gardner *et al.* (1985) integró el IAF con el tiempo y le llamó duración del área foliar (DAF), concepto que toma en cuenta tanto la duración como la cantidad de tejido fotosintético del dosel. Las unidades de DAF, expresadas como tiempo son el promedio de IAF multiplicado por el tiempo del principio al fin del área foliar (por ejemplo 360 días IAF). Generalmente la DAF está estrechamente correlacionada con el rendimiento porque la intercepción de radiación solar por períodos de tiempo más prolongados significa mayor producción total de materia seca.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Caracterización del sitio experimental

El experimento se realizó del 20 de Julio al 23 de Diciembre de 1998 en un invernadero de la Empresa Industrial Agropecuaria Junco, localizada en la comunidad de Cuautlalpan, Estado de México, aproximadamente a 10 km de la Universidad Autónoma Chapingo, con coordenadas de 19° 29' de latitud norte y 98° 53' de longitud Oeste, a una altitud de 2551 msnm; el clima predominante es el Cb (Wo) (W) (i')g, que corresponde al clima Templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos con lluvias en verano. La temperatura promedio es de 12.5°C y una precipitación media anual de 635.5 mm (García, 1988).

3.2 Características del invernadero, tinas y sustrato

El invernadero en donde se realizó el presente estudio desde el semillero, es de tipo dos aguas, orientado de norte a sur, con estructura metálica, techos y paredes de vidrio. Para la ventilación cuenta con ventanas laterales protegidas con malla antiáfidos para evitar la entrada de insectos - plaga. Tiene las siguientes dimensiones: 70 m de largo por 11.3 m de ancho y

una altura máxima de 3.8 m, está dividido en 12 camas, de las cuales se usaron tres de ellas con dimensiones de 30.5 m de largo, un ancho de 1.30 m y 35 cm de altura; los costados de las tinas están hechas con lozas de ferrocemento reforzadas con malla electrosoldada y separadas por pasillos cementados de 50 cm de ancho. Las tinas se rellenaron con dos capas de sustrato, en la parte inferior se colocó una capa de 10 cm de grava de tezontle rojo, cuyas partículas varían de 2 a 4 cm de diámetro para drenar los excedentes de humedad y evitar el contacto con el suelo, y encima de ella se dispuso una capa de 25 cm de espesor de arena de tezontle fina con partículas de 1 a 4 mm de diámetro, donde se desarrolló el sistema radical de las plantas.

3.3 Material vegetal

En el presente trabajo se emplearon los híbridos Conteza y Solarset. El primero se caracteriza por presentar un hábito de crecimiento determinado, el tamaño de planta es mediano, produce frutos grandes, esféricos o bola, que llegan a pesar hasta 230 g, con una consistencia muy firme, soporta el transporte a grandes distancias, presenta buen sabor y calidad; es resistente a *Fusarium*, nemátodos, Virus del Mosaico del Tabaco, *Alternaria* y *Stemphylium* (Murillo, 1989). El segundo también es de crecimiento determinado, la planta es compacta, de frutos esféricos o bola grandes de 150 a 200 g, con resistencia

incorporada a *Verticillium*, *Fusarium* raza 1 y 2, *Alternaria* y *Stemphyllium* (Petoseed, 1996).

3.4 Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques al azar con un diseño de tratamientos en parcelas divididas y con cuatro repeticiones, en donde las parcelas grandes correspondieron a los dos genotipos estudiados (Conteza y Solarset) y las subparcelas o parcelas chicas al nivel de despunte, es decir al número de racimos dejados por planta (uno, dos o tres racimos por planta), combinados con densidades (25, 30 y 36 pl · m⁻² de superficie útil en plantas despuntadas a un racimo; 16, 20 y 25 pl · m⁻² de superficie útil para plantas despuntadas a dos racimos, y 12, 16 y 20 pl · m⁻² de superficie útil en plantas despuntadas a tres racimos). Se emplearon dos testigos que fueron los cultivares estudiados, a una densidad de 6 plantas por m² y sin despunte. Cada unidad experimental de parcela chica estuvo constituida por 1.62 m², en donde se trasplantó una planta por mata, a la distancia y densidad establecida para cada tratamiento; se dejó una hilera de plantas en cada extremo de la parcela para eliminar el efecto de orilla y obtener plantas con competencia completa, se consideró como parcela útil a las plantas que se encontraban en 1 m². La superficie total del experimento fue de 130 m². Los tratamientos generados se muestran en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Tratamientos empleados en el experimento de dos genotipos de jitomate de crecimiento determinado en altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

Genotipos	Nivel de despunte (No. de racimos por planta)	Plantas por m ² de superficie útil	Clave de Tratamiento
Conteza	Un racimo	25	1R-25
		30	1R-30
		36	1R-36
	Dos racimos	16	2R-16
		20	2R-20
		25	2R-25
	Tres racimos	12	3R-12
		16	3R-16
		20	3R-20
	Sin despunte (testigo)	6	T-6
Solarset	Un racimo	25	1R-25
		30	1R-30
		36	1R-36
	Dos racimos	16	2R-16
		20	2R-20
		25	2R-25
	Tres racimos	12	3R-12
		16	3R-16
		20	3R-20
	Sin despunte (testigo)	6	T-6

3.5 Conducción del experimento

Para el establecimiento de semilleros se emplearon charolas de poliestireno de 200 cavidades, las que se rellenaron con Growing Mix 1-P (turba comercial), la cual se humedeció previamente antes de colocarla en las charolas.

La siembra se realizó el día 20 de julio de 1998, se depositó una semilla en cada cavidad de la charola y se cubrió ligeramente con la misma turba. Después de la siembra se estibarón las charolas y se cubrieron con polietileno blanco lechoso dentro del invernadero, con la finalidad de conservar la humedad del sustrato y favorecer la germinación. Las charolas se descubrieron al iniciar la emergencia, 4 días después de la siembra; la frecuencia del riego durante toda la etapa de semillero fue una vez al día, con una solución nutritiva al 50 % de concentración respecto a la señalada en el Cuadro 3.2.

Como una medida preventiva, siete días antes del trasplante se trató el sustrato de las tinas con Agrosul 93^{MR} (ingrediente activo: azufre agrícola al 93%. Rhone Poulenc Agro, S.A. de C.V.) en espolvoreaciones, a la dosis de 63 g de producto comercial por m²; posteriormente, cuatro días antes del trasplante se asperjó el sustrato con una solución de Pentaclor 600 F^{MR} (ingrediente activo: Quintozeno al 46.3 %. Agrofarma Mexicana, S.A. de C.V.) + Captán 50 P.H.^{MR} (ingrediente activo: Captán al 50 %. Rhone Poulenc Agro, S.A. de C.V.), a la dosis de 2.25 ml + 3 g de producto comercial, respectivamente, en 1.5 L de agua por m² de sustrato.

Para disminuir la evaporación del agua del sustrato y así poder espaciar los riegos y favorecer la absorción de agua y nutrimentos, las camas de cultivo se acolcharon con polietileno blanco de 160 galgas. Enseguida se marcó el

polietileno de acuerdo a los tratamientos, y para colocar los trasplantes se le hicieron perforaciones de aproximadamente 6 cm de diámetro.

El trasplante se realizó a los 30 días después de la siembra (dds), cuando las plántulas alcanzaron aproximadamente 12 cm de altura. Del trasplante a la cosecha, se regó una vez al día con una solución nutritiva completa, con los nutrimentos y concentraciones que se indican en el Cuadro 3.2. La dosis de riego fue de 5 a 10 L·m⁻²·día⁻¹ según las necesidades hídricas del cultivo.

Cuadro 3.2. Nutrimentos, concentración y fuente de fertilizante para la solución nutritiva empleada en el experimento de dos genotipos de jitomate en altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

Nutrimento	Concentración (mg·L ⁻¹)	Fuente (fertilizante)
Nitrógeno (N)	250.0	Nitrato de calcio: Ca(NO ₃) ₂
Fósforo (P)	60.0	Fosfato diamónico (NH ₄) ₂ HPO ₄
Potasio (K)	300.0	Sulfato de potasio: K ₂ SO ₄
Calcio ^z (Ca)	300.0	
Azufre ^z (s)	200.0	
Magnesio (Mg)	75.0	Sulfato de magnesio: Mg SO ₄ · 7H ₂ O
Fierro (Fe)	3.0	Sulfato ferroso: FeSO ₄ · 7 H ₂ O
Manganeso(Mn)	0.5	Sulfato de manganeso:MnSO ₄ · 4H ₂ O
Boro (Bo)	0.5	Acido bórico: H ₃ BO ₃
Cobre (Cu)	0.1	Sulfato de cobre: CuSO ₄ · 5H ₂ O
Zinc (Zn)	0.1	Sulfato de zinc: ZnSO ₄ · 7H ₂ O

^z Fueron calculados a partir de las fuentes nitrato de calcio y los sulfatos

Durante el desarrollo del cultivo se hicieron aplicaciones preventivas de fungicidas, como Bravo 500^{MR}, Ridomil Bravo 81 P. H.^{MR} y Aliette 80 P. H.^{MR} (ingrediente activo: Clorotalonil al 40.5 %, Metalaxil + Clorotalonil al 9 + 72 %, Fosetil-Al 80 %. Fermenta ASC, Ciba-Geigy Mexicana, S.A. de C.V., Rhone Poulenc Agro, S.A. de C.V., respectivamente) de manera alterna, debido a la alta humedad relativa en el invernadero, como resultado de varios días nublados y lluviosos. No obstante los tratamientos preventivos se presentó un ataque severo de botrytis (*Botrytis cinerea*) afectando hojas inferiores y frutos jóvenes; finalmente se controló con Zineb^{MR} (ingrediente activo: Zineb al 80 %. Laboratorios Helios, S.A. de C.V.) y sobre todo favoreciendo la ventilación, además se eliminaron hojas enfermas y se regularon los riegos.

Hubo presencia de mosquita blanca, que se controló con dos aspersiones de Thiodán 35 C.E.^{MR} y una de Decis 2.5 C.E.^{MR} (ingrediente activo: Endosulfán al 33.5 % y Deltametrina al 2.5 %. Química Hoechst de México S.A. de C.V.), en dosis de 2 ml de producto comercial por litro de agua para el primero y 1 ml para el segundo, efectuadas el 15 de Septiembre, 1 de Octubre y 5 de Noviembre.

Para formar la arquitectura de las plantas de jitomate a un tallo, estas se podaron eliminando los brotes laterales desde los 36 dds hasta el cuarto corte de frutos, cada 4 ó 6 días. Desde el inicio de la floración se hizo el despunte del tallo principal de acuerdo a los tratamientos, dos hojas arriba del último

racimo floral dejado. El despunte a un racimo se efectuó a los 54 días después de la siembra (dds), a dos racimos entre los 63 y 67 dds y a tres racimos entre 68 y 73 dds. A los testigos no se les podó ni se les despuntó.

El tutoreo se realizó a los 44 dds; se empleó raffia para cada planta individual, la cual se sujetó a un alambre galvanizado, por lo que fue necesario colocar seis hilos de este alambre a 1.5 m de altura de la superficie del sustrato, de manera paralela a las camas de cultivo; los hilos de raffia se tensaron cada 15 días conforme al crecimiento de las plantas.

3.6 Variables evaluadas

Las variables que se midieron y analizaron fueron las siguientes:

a) Diámetro de tallo y altura de planta

A los 74 dds se midió el diámetro del tallo y la altura de las plantas de jitomate; en el primer caso se midió una hoja abajo del primer racimo floral, y en el segundo caso se midió desde la base hasta el lugar del corte o despunte del tallo principal; para tal efecto se consideró una hilera transversal de plantas de la parte media de la parcela útil.

b) Área foliar por planta

A los 104 dds se midió el largo y ancho de todas las hojas de las plantas de una hilera transversal en cada parcela; a una muestra aleatoria de 10 hojas en cada nivel del dosel (parte apical, media y basal) para cada genotipo, se les midió el largo y ancho a cada una de ellas, enseguida se dibujaron en papel, se hicieron recortes y se pesaron. Por otro lado se recortaron, en el mismo tipo de papel, tres cuadros de 20 cm^2 , los cuales se pesaron y promediaron y al relacionar el peso con el área de los recortes por regla de tres simple, se obtuvo el área foliar para cada hoja. Con los datos obtenidos se calcularon correlaciones por medio del procedimiento CORR de SAS, entre el área de la hoja con el largo de la misma, el largo al cuadrado, el ancho, el ancho al cuadrado y el largo por ancho. La correlación más alta para Conteza (0.85) se obtuvo entre el área de la hoja y el producto de su largo por su ancho, y se calculó un factor de corrección (0.4). Para Solarset la correlación más alta (0.934) se dio entre el área de la hoja y el producto de su ancho al cuadrado, y su factor de corrección fue 0.36.

Con el factor de corrección de cada genotipo multiplicado por el largo y ancho de las hojas, se estimó el área de cada hoja y el área foliar por planta para cada uno de los tratamientos en los dos muestreos, y se convirtió a dm^2 ; para este fin se emplearon las siguientes fórmulas:

En Conteza:

$$AFHi = Li \times Ai \times 0.4$$

$$AFPi = \sum_{i=1}^n \frac{(Li)(Ai)(0.4)}{n}$$

En Solarset:

$$AFHi = Ai^2 \times 0.36$$

$$AFPi = \sum_{i=1}^n \frac{(Ai^2)(0.36)}{n}$$

Donde:

AFHi: Area foliar de la i - ésima hoja en cm²

AFPi: Area foliar de la i - ésima planta en cm²

Li: Largo de la i - ésima hoja en cm

Ai: Ancho máximo de la i - ésima hoja en cm

i = 1,2,..., n

n= número total de hojas de cada planta para la primera y segunda fórmula, respectivamente, en cada genotipo.

0.4 = Factor de corrección en el híbrido Conteza.

0.36 = Factor de corrección en el híbrido Solarset.

c) Índice de área foliar

Para determinar el índice de área foliar (IAF), se sumó y promedió el área foliar de las plantas muestreadas, y enseguida se multiplicó por el número de plantas por m^2 ; a este resultado se le consideró como el IAF para una superficie de $1.30 m^2$, por el espacio ocupado por las hojas fuera de la superficie de la parcela útil, y al relacionar por regla de tres simple se obtuvo el IAF por m^2 .

e) Número de frutos por categoría

Esta variable se determinó realizando una sumatoria del número de frutos por m^2 clasificados por tamaño en función de su diámetro ecuatorial (chicos menos de 4 cm, medianos entre 4 y 6 cm, grandes entre 6 y 8 cm, y extragrandes más de 8 cm).

f) Número de frutos y rendimiento por unidad de superficie

El número de frutos por unidad de superficie se determinó realizando una sumatoria del número de frutos cosechados por m^2 de cada uno de los cortes efectuados para cada tratamiento. Para el segundo caso se realizó una sumatoria del peso de frutos cosechados por m^2 de cada uno de los cortes efectuados, de acuerdo a la densidad de cada tratamiento, en kg por m^2 .

g) Peso promedio por fruto

Se estimó realizando una sumatoria del peso de frutos de todas las categorías y de todos los cortes efectuados, dividido entre el número total de frutos cosechados por m^2 . El peso se reporta en gramos por fruto.

h) Número de frutos por racimo

El número total de frutos cosechados por parcela se dividió entre el número de plantas por m^2 y enseguida se dividió entre el número de racimos por planta, de acuerdo a cada tratamiento.

3.7 Cosecha

La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron un grado de madurez de estrella o pintando; se efectuó el primer corte el 13 de noviembre (116 dds) y el último corte el 23 de diciembre (156 dds); en total se efectuaron siete cortes.

3.8 Análisis estadístico

El análisis estadístico de resultados que se realizó de manera global a los tratamientos fue conforme al modelo de análisis de varianza del diseño

experimental bloques al azar, y el análisis de los tratamientos por nivel de despunte se realizó con el diseño experimental bloques al azar con un diseño de tratamientos en parcelas divididas, con el paquete computacional SAS (Statistical Analysis System), para cada variable evaluada, además de la comparación de medias por prueba de Tukey; en ambos casos se utilizó un valor de $\alpha \leq 0.05$ como criterio de significancia estadística.

4. RESULTADOS

4.1 Rendimiento y sus componentes

4.1.1 Análisis global de tratamientos

Analizando de manera global los tratamientos, en el Cuadro 4.1 se puede observar que hubo diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) entre ellos para el rendimiento y número de frutos por unidad de superficie, peso medio de frutos y número de frutos por racimo.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios de rendimiento y sus componentes en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

Fuentes de variación	GL	Rendimiento (kg·m ⁻²)	Frutos (número·m ⁻²)	Peso medio de fruto (g)	Frutos por racimo
Bloque	3	14.58	476.18	0.00012	0.07
Tratamiento	9	51.95 **	8048.34 **	0.00043 **	1.22 **
Error	27	8.99	407.72	0.00013	0.21
C.V. (%)		17.84	12.21	11.00	10.95
R ²		0.48	0.75	0.35	0.46
Media general		16.81	165.34	0.103	4.20

C.V.: Coeficiente de variación. ** Altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$. * Significativo con $\alpha \leq 0.05$.
R²: Coeficiente de determinación.

La comparación de los tratamientos (promedio de los dos genotipos) mediante una prueba de medias (Tukey 0.05) para el rendimiento por unidad de

superficie y sus componentes primarios, permite observar lo siguiente (Cuadro 4.2):

Cuadro 4.2. Comparación de medias entre densidades para el rendimiento y sus componentes en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

Densidad	Rendimiento (kg·m ⁻²)	Frutos (número·m ⁻²)	Peso medio de fruto (g)	Frutos Por racimo
3R-20	22.62 a	230.9 a	97 bc	3.9 bc
2R-25	19.04 b	191.6 c	99 abc	3.8 c
3R-16	18.64 bc	195.5 b	95 bc	4.1 bc
1R-36	16.90 bcd	160.9 de	105 abc	4.5 bc
3R-12	15.81 bcd	147.9 def	107 ab	4.1 bc
2R-20	15.44 cd	156.6 def	100 abc	3.9 bc
1R-30	15.11 d	135.9 ef	111 ab	4.5 bc
T-6	14.84 d	165.3 cd	90 c	4.1 bc
1R-25	14.82 d	130.1 f	114 a	5.2 a
2R-16	14.32 d	132.4 f	108 ab	4.1 bc
DMS	3.5	26.4	16	0.6

DMS: Diferencia Mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$).

a) El tratamiento 3R-20 despuntado a tres racimos por planta y manejado a una densidad de 20 plantas·m⁻² de superficie útil, fue estadísticamente superior en rendimiento por unidad de superficie con respecto a los demás tratamientos, y ello se debió a un mayor número de frutos producidos por unidad de superficie en dicho tratamiento.

b) En general, dentro de cada nivel de despunte, al aumentar la densidad de población aumenta el número de frutos cosechados por unidad de superficie.

c) Los tratamientos de más baja densidad en cada nivel de despunte, son los que presentan el mayor peso medio de fruto, mientras que en los de más alta densidad ocurre lo contrario.

d) El número de frutos por racimo disminuye con el aumento de la densidad en cada nivel de despunte.

e) Los tratamientos de más alta densidad despuntados a dos o tres racimos por planta superaron significativamente en rendimiento por unidad de superficie al testigo (T-6) cultivado sin despunte y sin poda a una densidad de 6 plantas·m⁻², y ello se debió principalmente a que en los tratamientos con alta densidad se obtuvieron más frutos por unidad de superficie, con un peso medio de fruto similar al del testigo.

4.1.2 Análisis por nivel de despunte

Haciendo el análisis de acuerdo al número de racimos dejados por planta, en el Cuadro 4.3 se observa que para el factor genotipos hubo diferencia altamente significativa ($\alpha \leq 0.01$) en el rendimiento por unidad de superficie en los tres niveles de despunte, así como en el peso medio de fruto en plantas

Cuadro 4.3. Cuadrados medios de rendimiento y sus componentes por nivel de despunte en dos genotipos de jitomate manejado en altas densidades de plantación

Fuentes de variación	GL	Un racimo				Dos racimos				Tres racimos			
		¹ Rend	² Frutos	³ PMF	⁴ NFPR	Rend	Frutos	PMF	NFPR	Rend	Frutos	PMF	NFPR
Bloque	3	0.1	36.8	0.02	0.03	7.0 **	268.3 **	0.2 *	0.2 *	40.3 *	1101*	0.3	0.5
Genotipo	1	34.3 **	1058.0*	0.22	1.03 *	18.2 **	39.0	0.9**	0.01	107.5**	1093	1.1**	0.3
Error a	3	1.4	48.7	0.04	0.03	4.7	445.4 **	0.07	0.3 **	8.9	688	0.01	0.3
Densidad	2	10.4 **	1956.3**	0.13	1.00 *	48.0 **	6461.7**	0.15	0.1	93.5**	13878**	0.3 *	0.1
Gen x Den	2	5.8 *	146.9	0.05	0.12	1.8	82.3	0.05	0.05	28.8*	935	0.1	0.2
Error b	12	0.8	148.4	0.13	0.17	0.9	29.3	0.05	0.03	7.0	292	0.1	0.1
C.V. (%)		5.7	8.6	10.3	8.8	5.8	3.4	7.1	4.3	13.9	8.9	9.1	9.3
R ²		0.9	0.8	0.4	0.7	0.9	0.98	0.8	0.9	0.86	0.9	0.8	0.7
Media Gral.		15.6kg	142.3	110 g	4.7	16.2 kg	158.9	103 g	4.0	19.0 kg	191.4	100g	4.0

C.V.: Coeficiente de variación. ** Altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$. * Significativo con $\alpha \leq 0.05$. 1: Rendimiento en kg m⁻². 2: Número m⁻². 3: Peso medio por fruto en gramos. 4: número de frutos por racimo.

despuntadas a dos y tres racimos, y diferencia significativa ($\alpha \leq 0.05$) en el número de frutos por m² y número de frutos por racimo en plantas con despunte a un racimo. Para el factor densidad hubo diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) tanto en el rendimiento como en el número de frutos por unidad de superficie en los tres niveles de despunte, y diferencia significativa ($\alpha \leq 0.05$) en el número de frutos por racimo en plantas despuntadas a un racimo, así como en el peso medio de frutos de plantas con despunte a tres racimos. Para la interacción genotipos x densidad hubo diferencia significativa ($\alpha \leq 0.05$) en el rendimiento por unidad de superficie en plantas que se despuntaron a uno y tres racimos.

4.1.2.1 Comparación entre genotipos a diferentes niveles de despunte

Haciendo una comparación de medias del rendimiento y sus componentes entre genotipos a diferentes niveles de despunte y en el promedio de las densidades (Cuadro 4.4), se observa que el genotipo Conteza superó en rendimiento por unidad de superficie al genotipo Solarset en los tres niveles de despunte estudiados, aunque esta diferencia no alcanzó a ser estadísticamente significativa en el nivel de despunte a dos racimos por planta.

Como se observa en el mismo Cuadro, la diferencia en rendimiento a favor de Conteza se puede atribuir a su tendencia tanto de producir más frutos por racimo como de un mayor peso medio de fruto.

Cuadro 4.4. Comparación de medias de genotipos para el rendimiento por unidad de superficie y sus componentes, en jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

Nivel de despunte	Genotipo	Rendimiento (kg·m ²)	Frutos·m ⁻²	Peso medio de fruto (g)	Frutos por racimo
Un racimo	Conteza	17.25 a	151.3 a	114 a	5.0 a
	Solarset	14.38 b	135.5 b	107 a	4.5 b
	DMS	2.20	13.2	12	0.3
Dos racimos	Conteza	17.00 a	154.3 a	111 a	3.9 a
	Solarset	15.49 a	162.8 a	96 b	4.0 a
	DMS	2.90	28.8	11	0.7
Tres racimos	Conteza	21.14 a	198.2 a	107 a	4.1 a
	Solarset	16.91 b	184.7 a	93 b	3.9 a
	DMS	3.88	34.0	13	0.7

DMS: Diferencia mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columna en cada nivel de despunte son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$).

4.1.2.2 Comparación entre densidades a diferentes niveles de despunte

La comparación del rendimiento y sus componentes para densidades en cada nivel de despunte en el promedio de los dos genotipos (Cuadro 4.5), muestra que en plantas despuntadas a un racimo el tratamiento de más alta densidad (1R-36) superó en rendimiento por unidad de superficie a los tratamientos 1R-30 y 1R-25. Este incremento en rendimiento por unidad de superficie se explica porque aunque disminuyó el número de frutos por racimo y el peso medio de frutos, con el aumento de la densidad hasta 36 plantas·m⁻² se incrementó el número de racimos y de frutos por unidad de superficie. De manera similar, en plantas despuntadas a dos racimos, el tratamiento de mayor densidad (2R-25) fue superior en rendimiento por unidad de superficie a los

tratamientos 2R-20 y 2R-16 en 18.9 y 24.8 %; así también, en el nivel de despunte a tres racimos el tratamiento de mayor densidad (3R-20) superó en rendimiento por unidad de superficie a los tratamientos 3R-16 y 3R-12 en 17.6 y 30.1 %, lo que se debió al incremento en el número de frutos por m². Esto está de acuerdo a lo mencionado por Nobel y Long (1988), en el sentido de que al modificar la estructura del dosel y aumentar la densidad de plantación se puede mejorar en gran medida el rendimiento de un cultivo, por su influencia en la intercepción de la luz y una mejor distribución de ésta en el dosel.

Cuadro 4.5. Comparación de medias entre densidades por nivel de despunte para el rendimiento por unidad de superficie y sus componentes, en dos genotipos de jitomate con altas densidades de plantación

Nivel de Despunte	Densidad	Rendimiento (kg·m ²)	Frutos·m ⁻²	Peso medio de fruto (g)	Frutos por racimo
Un racimo	1R-36	16.90 a	160.9 a	105 a	4.5 b
	1R-30	15.11 b	135.9 b	111 a	4.5 b
	1R-25	14.82 b	130.1 b	114 a	5.2 a
	DMS	1.31	17.8	17	0.6
Dos racimos	2R-25	19.04 a	191.6 a	99 a	3.8 b
	2R-20	15.44 b	156.6 b	100 a	3.9 ab
	2R-16	14.32 b	132.4 c	108 a	4.1 a
	DMS	1.34	7.8	10	0.2
Tres racimos	3R-20	22.62 a	230.9 a	97 a	3.9 a
	3R-16	18.64 b	195.5 b	95 a	4.1 a
	3R-12	15.81 b	147.9 c	107 a	4.1 a
	DMS	3.53	22.8	12	0.5

DMS: Diferencia mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columna en cada nivel de despunte son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$).

4.1.2.3 Comparación entre niveles de despunte

Al hacer la comparación del rendimiento y sus componentes entre niveles de despunte en el promedio de las densidades y de los dos genotipos (Cuadro 4.6), se observa que el nivel de despunte que dio el mayor rendimiento por unidad de superficie fue el de tres racimos, lo que se debió al mayor número de racimos por planta y consecuentemente al mayor número de frutos por unidad de superficie.

Cuadro 4.6. Comparación de medias entre niveles de despunte para el rendimiento y sus componentes en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación

Nivel de despunte	Rendimiento (kg·m ²)	Frutos·m ⁻²	Peso medio de fruto (g)	Frutos por racimo
Tres racimos	19.02 a	191.4 a	102 ab	4.0 b
Dos racimos	16.18 ab	158.6 bc	103 ab	4.0 b
Un racimo	15.62 ab	142.3 c	110 a	4.7 a
T-6	14.84 b	165.3 b	90 b	4.0 b
DMS	3.59	22.7	14	0.5

DMS: Diferencia mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). T-6: Testigo sin poda y sin despunte.

4.2 Distribución de tamaños de frutos

4.2.1 Análisis global de los tratamientos

En el análisis de varianza (Cuadro 4.7) se observa la presencia de diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) entre tratamientos en el número

de frutos grandes (NFG), medianos (NFM) y chicos (NFCH). El número de frutos extragrandes (NFE) no fue significativo.

Cuadro 4.7. Cuadrados medios de distribución por tamaños de frutos en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

Fuentes de variación	G L	¹ NFE	² NFG	³ NFM	⁴ NFCH
Bloque	3	40.22	151.40	67.65	46.37
Tratamiento	9	66.77	1647.74 **	1189.15 **	338.15 **
Error	27	84.48	126.02	116.67	55.62
C.V. (%)		64.04	13.63	21.74	39.56
R ²		0.12	0.66	0.61	0.48
Media general		14.35	82.36	49.68	18.85

C.V.: Coeficiente de variación. ** Altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$. * Significativo con $\alpha \leq 0.05$.
 1: Número de frutos extragrandes. 2: Número de frutos grandes. 3: Número de frutos medianos.
 4: Número de frutos chicos.

Además del rendimiento por unidad de superficie, otro factor determinante en el beneficio económico para el productor es el precio de venta de su producto, el cual tiene como uno de sus factores la calidad del mismo, siendo el tamaño de los frutos uno de sus principales componentes, ya que los frutos grandes y extragrandes son los que adquieren un mayor valor económico en el mercado, cuyo precio de estos dos tamaños llega a ser de más del doble con respecto a los frutos medianos y chicos, respectivamente.

Partiendo de la importancia económica del tamaño de los frutos cosechados, se realizó una comparación global de todos los tratamientos estudiados (promedio de los dos genotipos) mediante una prueba de medias (Tukey 0.05), para conocer su distribución proporcional por tamaños de dichos frutos, en donde se encontró lo siguiente (Cuadro 4.8):

Cuadro 4.8. Comparación de medias para la distribución por tamaños de frutos en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

DENSIDAD	¹ NFE	² NFG	³ NFM	⁴ NFCH
1R-25	18.1 a	65.7 d	35.1 c	11.1 c
1R-36	16.6 ab	78.3 bcd	48.1 bc	17.9 abc
1R-30	16.4 ab	68.1 d	39.9 c	11.4 c
3R-20	16.1 ab	114.9 a	70.5 a	29.4 a
3R-12	15.8 ab	76.9 cd	37.4 c	17.9 abc
3R-16	15.3 ab	92.0 bc	62.5 ab	25.8 ab
2R-25	14.0 ab	94.4 b	63.1 ab	19.0 abc
2R-16	11.9 ab	72.1 d	37.1 c	11.3 c
2R-20	10.9 ab	79.9 bcd	49.1 bc	16.7 bc
T-6	8.3 b	77.6 bcd	52.6 bc	26.9 ab
DMS	9.3	17.5	17.6	12.5

DMS: Diferencia Mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). 1: Número de frutos extragrandes. 2: Número de frutos grandes. 3: Número de frutos medianos. 4: Número de frutos chicos.

- a) El tratamiento 3R-20 despuntado a tres racimos por planta manejado a una densidad 20 plantas·m⁻² de superficie útil, fue estadísticamente superior al testigo (T-6) y a varios otros tratamientos, tanto en número de frutos grandes como medianos y chicos por unidad de superficie (Cuadro 4.8), lo que explica porqué fue el de mayor rendimiento por unidad de superficie (Cuadro 4.2).
- b) El tratamiento 1R-25 despuntado a un racimo por planta manejado a una densidad de 25 plantas·m⁻² de superficie útil, fue numéricamente mayor a todos los tratamientos y estadísticamente superior al testigo (T-6) en número de frutos extragrandes por unidad de superficie.
- c) En general, dentro de cada nivel de despunte, al aumentar la densidad de población tiende a aumentar el número de frutos grandes y medianos por unidad de superficie.

Al respecto, el mayor beneficio económico para el productor se obtiene con el tratamiento 3R-20, que fue el que rindió el mayor número de frutos extragrandes y grandes por m².

4.2.2 Análisis por nivel de despunte

Al hacer un análisis de acuerdo al número de racimos por planta (Cuadro 4.9) se observó que para el factor genotipos hubo diferencia altamente significativa ($\alpha \leq 0.01$) en el número de frutos extragrandes en los tres niveles

Cuadro 4.9. Cuadrados medios de distribución proporcional de tamaños de frutos por nivel de despunte en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación

Fuentes de variación	GL	Un racimo				Dos racimos				Tres racimos			
		¹ NFE	² NFG	³ NFM	⁴ NFCH	NFE	NFG	NFM	NFCH	NFE	NFG	NFM	NFCH
Bloque	3	7.8	95.3	100.9	3.8	51.0	116.9	56	7.6	177 *	335.6	67	51.4
Genotipo	1	420.5**	0.0	5.6	59.8	595.1**	19.0	496*	3.2	1785 **	0.2	210	0.7
Error a	3	0.2	90.2	15.7	21.1	5.7	309.0**	93	15.2	77	55.8	286	7.8
Densidad	2	1.7	323.5*	304.1	13.7	29.0	996.7**	992**	10.6	2	2928 **	2390 **	2.5
Gen x Den	2	69.7 *	17.1	14.2	4.0	19.9	52.9	333*	19.3	110	435.8	51	13.4
Error b	12	15.0	69.7	120.9	22.0	17.7	39.8	62	16.9	41	140.5	94	15.1
C.V. (%)		22.7	11.8	26.8	51.6	34.4	7.7	16.0	42.7	40.9	12.5	17.0	30.7
R ²		0.8	0.6	0.5	0.4	0.8	0.9	0.9	0.4	0.8	0.8	0.8	0.5
Media Gral.		17.0	70.7	41.0	9.1	12.2	81.7	49.2	9.6	15.7	94.6	56.8	12.7

C.V.: Coeficiente de variación. ** Altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$. * Significativo con $\alpha \leq 0.05$. 1: Número de frutos extragrandes. 2: Número de frutos grandes. 3: Número de frutos medianos. 4: Número de frutos chicos.

de despunte, y diferencia significativa ($\alpha \leq 0.05$) en el NFM en plantas que se despuntaron a dos racimos. Para el factor densidad, en el NFG hubo diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en plantas con despunte a un racimo, y diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) en plantas despuntadas a dos y tres racimos; así también hubo alta significancia ($\alpha \leq 0.01$) en el NFM en plantas que se despuntaron a dos y tres racimos. La interacción genotipo x densidad fue significativa ($\alpha \leq 0.05$) en el NFE en el nivel de despunte a un racimo, así como en el NFM en plantas con despunte a dos racimos.

4.2.2.1 Comparación entre genotipos a diferentes niveles de despunte

Al hacer una comparación entre genotipos de la distribución proporcional por tamaños de frutos a diferentes niveles de despunte y en el promedio de las densidades (Cuadro 4.10), se observa que Conteza superó en número de frutos extragrandes a Solarset en los tres niveles de despunte estudiados, no así en el número de frutos grandes, medianos y chicos, aunque en este último tamaño Conteza fue significativo únicamente en el nivel de despunte a un racimo. Esta diferencia en número de frutos extragrandes a favor de Conteza explica el mayor rendimiento por unidad de superficie en este genotipo (Cuadro 4.4), por lo que es el más conveniente desde el punto de vista económico para el productor.

Cuadro 4.10. Comparación de medias de genotipos para la distribución por tamaños de frutos, en jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

Nivel de despunte	Genotipo	¹ NFE	² NFG	³ NFM	⁴ NFCH
Un racimo	Conteza	22.8 a	72.1 a	38.9 a	11.4 a
	Solarset	12.8 b	69.7 a	42.7 a	7.5 b
	DMS	0.8	18.0	7.5	2.8
Dos racimos	Conteza	18.1 a	79.0 a	43.3 a	8.8 a
	Solarset	7.3 b	83.9 a	54.2 a	10.3 a
	DMS	3.3	23.9	13.1	5.3
Tres racimos	Conteza	24.3 a	94.7 a	53.8 a	12.8 a
	Solarset	7.1 b	94.5 a	59.8 a	12.5 a
	DMS	11.4	9.7	21.9	3.6

DMS: Diferencia Mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas en cada nivel de despunte, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). 1: Número de frutos extragrandes. 2: Número de frutos grandes. 3: Número de frutos medianos. 4: Número de frutos chicos.

4.2.2.2 Comparación entre densidades a diferentes niveles de despunte

Al comparar la distribución por tamaños de frutos entre densidades en cada nivel de despunte en el promedio de los dos genotipos (Cuadro 4.11), se corrobora que tanto el número de frutos extragrandes como de frutos chicos fue estadísticamente igual en las tres densidades de plantas despuntadas a uno, dos y tres racimos; en cambio en el número de frutos grandes y medianos las densidades altas en cada nivel de despunte (1R-36; 2R-25 y 3R-20) fueron superiores estadísticamente a las demás densidades en su nivel de despunte respectivo (únicamente en plantas con despunte a un racimo el número de frutos medianos no alcanzó a ser significativo). Esta diferencia es la que

explica el hecho de que los tratamientos de más alta densidad en cada nivel de despunte fueron los que tuvieron el mayor rendimiento por unidad de superficie (Cuadro 4.5), por lo que son las densidades que más convienen al productor en siembras comerciales.

Cuadro 4.11. Comparación de medias entre densidades por nivel de despunte para la distribución por tamaños de frutos, en jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

Nivel de despunte	Genotipo	¹ NFE	² NFG	³ NFM	⁴ NFCH
Un racimo	1R-25	18.1 a	65.7 b	35.1 a	8.3 a
	1R-30	16.4 a	68.1 ab	39.9 a	8.3 a
	1R-36	16.6 a	78.3 a	48.1 a	10.8 a
	DMS	5.7	12.2	16.1	6.9
Dos racimos	2R-25	14.0 a	94.4 a	63.1 a	10.0 a
	2R-16	11.9 a	72.1 b	37.1 c	8.5 a
	2R-20	10.9 a	79.9 b	49.1 b	10.6 a
	DMS	6.0	9.0	11.3	5.9
Tres racimos	3R-20	16.1 a	114.9 a	70.5 a	12.9 a
	3R-12	15.8 a	76.9 b	37.4 b	12.0 a
	3R-16	15.3 a	92.0 b	62.5 a	13.1 a
	DMS	8.6	15.8	12.9	5.2

DMS: Diferencia Mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas en cada nivel de despunte, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). 1: Número de frutos extragrandes. 2: Número de frutos grandes. 3: Número de frutos medianos. 4: Número de frutos chicos.

4.2.2.3 Comparación entre niveles de despunte

La comparación de la distribución por tamaños de frutos entre niveles de despunte en el promedio de las densidades y de los dos genotipos (Cuadro 4.12), reportó que el mayor número de frutos extragrandes se obtuvo en plantas despuntadas a un racimo, mismo que superó estadísticamente al testigo (T-6) cultivado sin despunte y sin poda a una densidad de 6 plantas·m⁻², aunque la diferencia en NFE del nivel de despunte citado no fue significativa con relación a los niveles de despunte a dos y tres racimos por planta.

Cuadro 4.12. Comparación de medias entre niveles de despunte para la distribución por tamaños de frutos en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación

Nivel de despunte	¹ NFE	² NFG	³ NFM	⁴ NFCH
Un racimo	17.0 a	70.7 b	41.0 b	13.5 b
Dos racimos	12.2 ab	81.7 ab	49.2 ab	15.5 b
Tres racimos	15.7 ab	94.6 a	56.8 a	24.3 a
T-6	8.3 b	77.6 b	52.6 a	26.9 a
DMS	8.1	14.5	11.1	8.4

DMS: Diferencia Mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). T-6: Testigo sin poda y sin despunte. 1: Número de frutos extragrandes. 2: Número de frutos grandes. 3: Número de frutos medianos. 4: Número de frutos chicos.

Es importante destacar que las plantas despuntadas a tres racimos presentaron el mayor número de frutos grandes y medianos por unidad de superficie, lo que debe redundar en un mayor beneficio económico para el productor que utilice este tratamiento.

De manera general, exceptuando el testigo, se observa que a medida que aumenta el número de racimos dejados por planta aumenta el número de frutos grandes, medianos y chicos por unidad de superficie, mientras que el número de frutos extragrandes permanece sin cambio.

4.3 Características morfológicas vegetativas

4.3.1 altura de planta y diámetro de tallo

Los análisis de varianza para altura de planta y diámetro de tallo (Cuadro 4.13) permiten observar que en el factor genotipos hubo diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) para altura de planta en los niveles de despunte a uno y tres racimos por planta, así como diferencia significativa ($\alpha \leq 0.05$) para diámetro de tallo en plantas con despunte a dos racimos. Para el factor densidad hubo diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) en altura de planta en el nivel de despunte a un racimo, así como diferencia significativa ($\alpha \leq 0.05$) en plantas despuntadas a dos y tres racimos. La interacción genotipos x densidad no fue significativa para ninguna de las dos variables consideradas.

Cuadro 4.13. Cuadrados medios de altura de planta y diámetro de tallo en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

Fuentes de variación	G L	Un racimo		Dos racimos		Tres racimos	
		ALTP 74 dds	DIAT 74 dds	ALTP 74 dds	DIAT 74 dds	ALTP 74 dds	DIAT 74 dds
Bloque	3	79.1 **	0.30 **	137.7 **	0.348 **	78.9 *	0.49 **
Genotipo (Gen)	1	216.3 **	0.01	13.3	0.080 *	592.0 **	0.00
Error a	3	28.9	0.03	5.1	0.003	100.3 **	0.02
Densidad	2	205.9 **	0.05	48.6 *	0.023	73.0 *	0.01
Gen x Densidad	2	15.9	0.01	6.4	0.006	7.1	0.01
Error b	12	0.03	0.03	9.2	0.008	16.0	0.01
C.V. (%)		4.7	11.7	3.8	5.57	5.0	7.2
R ²		0.9	0.8	0.86	0.94	0.87	0.9
Media Gral. (cm)		66.8	1.4	79.2	1.6	79.5	1.68

C.V.: Coeficiente de variación. ** Altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$. * Significativo con $\alpha \leq 0.05$.
ALTP: Altura de planta. DIAT: Diámetro de tallo

4.3.1.1 Comparación entre genotipos a diferentes niveles de despunte

Haciendo una comparación de altura de planta y diámetro de tallo entre genotipos a diferentes niveles de despunte y en el promedio de las densidades (Cuadro 4.14), se encontró que la altura de planta en Conteza y Solarset fue estadísticamente igual, a un mismo nivel de despunte. Para diámetro de tallo, únicamente en el nivel de despunte a dos racimos por planta Conteza fue superior a Solarset.

Cuadro 4.14. Comparación de medias de genotipos para altura de planta y diámetro de tallo a los 74 dds, en jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

Genotipo	Un racimo		Dos racimos		Tres racimos	
	¹ ALTP	² DIAT	ALTP	DIAT	ALTP	DIAT
Conteza	71.0 a	1.34 a	80.3 a	1.66 a	84.5 a	1.68 a
Solarset	63.6 a	1.45 a	78.2 a	1.56 b	74.6 a	1.68 a
DMS	10.2	0.35	3.1	0.08	13.0	0.18

DMS: Diferencia Mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). 1: Altura de planta a los 74 dds en cm. 2: Diámetro de tallo a los 74 dds en cm.

4.3.1.2 Comparación entre densidades a diferentes niveles de despunte

La comparación de altura de planta entre densidades en cada nivel de despunte en el promedio de los dos genotipos (Cuadro 4.15), indicó que en plantas despuntadas a un racimo el tratamiento 1R-36 fue más alto estadísticamente que los tratamientos 1R-30 y 1R-25; esta variable osciló desde 72.6 cm en el tratamiento 1R-36 hasta 61.7 cm en el tratamiento 1R-25. En plantas que se despuntaron a dos racimos la mayor altura también se tuvo en las densidades altas, la cual varió desde 81.5 cm en 2R-20 hasta 76.1 cm en el tratamiento 2R-16; y en plantas despuntadas a tres racimos osciló desde 82.9 cm en el tratamiento 3R-20 hasta 77 cm en el tratamiento 3R-16.

En la variable diámetro de tallo a los 74 dds, en el promedio de los dos genotipos y dentro de cada nivel de despunte, las tres densidades se comportaron estadísticamente iguales.

Cuadro 4.15. Comparación de medias entre densidades para altura de planta y diámetro de tallo a los 74 dds en dos genotipos de jitomate en altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

Densidad	Un racimo		Densidad	Dos racimos		Densidad	Tres racimos	
	¹ ALTP	² DIAT		ALTP	DIAT		ALTP	DIAT
1R-36	72.6 a	1.33 a	2R-20	81.5 a	1.63 a	3R-20	82.9 a	1.64 a
1R-30	65.7 b	1.40 a	2R-25	80.3 ab	1.53 a	3R-12	78.8 ab	1.69 a
1R-25	61.7 b	1.49 a	2R-16	76.1 b	1.65 a	3R-16	77.0 b	1.70 a
DMS	4.6	0.24	DMS	4.4	0.13	DMS	5.3	0.16

DMS: Diferencia Mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). 1: Altura de planta a los 74 dds en cm. 2: Diámetro de tallo a los 74 dds en cm

De manera general se observa que a medida que se incrementa la densidad de población por unidad de superficie aumenta la altura de planta y disminuye el diámetro de tallo, mientras que al disminuir la densidad de población sucede lo contrario.

La mayor altura de planta se tuvo en las densidades más altas, debido a que el sombreamiento mutuo entre plantas favoreció el alargamiento de los entrenudos por efectos morfogenéticos de la luz, pues las auxinas que promueven la elongación celular se ven favorecidas por la falta de iluminación (Salisbury y Ross, 1994).

4.3.2 Area foliar por planta e índice de área foliar

4.3.2.1 Análisis global de tratamientos

En el Cuadro 4.16 se observa que entre tratamientos hubo diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) tanto en AFP a los 104 dds como en IAF a los 56 y 104 dds.

Cuadro 4.16. Cuadrados medios de área foliar por planta e índice de área foliar en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

Fuentes de Variación	G L	AFP 104 dds	IAF 56 dds	IAF 104 dds
Bloque	3	55.97	4.53 **	0.46
Tratamiento	9	2502.35 **	15.95 **	5.64 **
Error	27	90.90	0.76	1.09
C.V. (%)		27.38	18.91	22.27
R ²		0.80	0.77	0.44
Media general		34.82 dm ²	4.60 m ²	4.68 m ²

C.V.: Coeficiente de variación. * Significativo con $\alpha \leq 0.05$. ** Altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$.
AFP: Área foliar por planta. IAF: Índice de área foliar.

Haciendo una comparación global de todos los tratamientos estudiados (promedio de los dos genotipos) mediante una prueba de medias (Tukey 0.05) para el área foliar por planta e índice de área foliar, se encontró lo siguiente (Cuadro 4.17):

Cuadro 4.17. Comparación de medias entre densidades para el área foliar por planta e índice de área foliar, en dos genotipos de jitomate en altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

DENSIDAD	AFP 104dds (dm ²)	IAF 56 dds (m ²)	IAF 104 dds (m ²)
T-6	84.4 a	1.90 e	3.90 bc
3R-16	41.3 b	3.76 cd	5.10 ab
3R-12	41.1 b	3.31 d	4.30 bc
3R-20	33.7 bc	4.50 bcd	5.20 ab
2R-25	26.9 c	5.41 ab	5.17 ab
2R-20	25.5 c	4.89 bc	3.93 bc
2R-16	25.1 c	3.75 cd	3.10 c
1R-25	24.7 c	5.81 ab	4.77 ab
1R-30	23.6 c	6.39 a	5.46 ab
1R-36	21.6 c	6.69 a	6.00 a
DMS	13.0	1.37	1.59

DMS: Diferencia Mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). AFP: Área foliar por planta. IAF: Índice de área foliar.

a) El testigo (T-6) cultivado sin poda y sin despunte manejado a una densidad de 6 plantas·m⁻² de superficie útil, fue estadísticamente superior en área foliar por planta a los 104 dds con relación a los demás tratamientos, y ello se debió a su libre desarrollo de ramas y hojas por planta en dicho tratamiento.

b) El tratamiento 1R-36 despuntado a un racimo por planta manejado a una densidad de 36 plantas·m⁻² de superficie útil, tanto a los 56 como a los 104 dds

presentó el mayor IAF en comparación con los demás tratamientos, lo que se debió a un mayor número de hojas por unidad de superficie en este tratamiento.

c) En general, dentro de cada nivel de despunte, al aumentar la densidad de población disminuye el área foliar por planta, pero se incrementa el IAF.

d) Los tratamientos de más alta densidad despuntados a uno, dos y tres racimos por planta (1R-36; 2R-25 y 3R-20), tanto a los 56 como a los 104 dds superaron en IAF al testigo (T-6), aunque en el segundo muestreo, en los tratamientos 2R-25 y 3R-20 esta diferencia no alcanzó a ser significativa, por la mayor área foliar por planta que desarrolló el testigo.

4.3.2.2 Análisis por nivel de despunte

Al hacer un análisis de tratamientos de acuerdo al número de racimos por planta (Cuadro 18), se observó que para el factor genotipos hubo diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en IAF a los 56 dds en plantas despuntadas a uno y dos racimos, así como en IAF a los 104 dds en plantas con despunte a uno y tres racimos. Para el factor densidad hubo diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en el área foliar por planta a los 104 dds en plantas que se despuntaron a tres racimos, así como en el IAF a los 104 dds en plantas despuntadas a uno y dos racimos, y diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) en IAF a los 56 dds en los niveles de despunte a dos y tres racimos

Cuadro 4.18. Cuadrados medios de área foliar por planta e índice de área foliar por nivel de despunte en dos genotipos de jitomate manejados con altas densidades de plantación

Fuentes de variación	GL	Un racimo			Dos racimos			Tres racimos		
		¹ AFP	² IAF	IAF	AFP	IAF	IAF	AFP	IAF	IAF
		104dds	56 dds	104 dds	104 dds	56 dds	104 dds	104 dds	56 dds	104 dds
Bloque	3	12.7	0.04	0.64	53.7	0.57	1.43	76.5	8.3 **	1.6
Genotipo	1	45.4	5.12 *	2.88 *	4.3	1.50 *	0.07	35.8	0.2	4.0 *
Error a	3	28.3	2.7	1.45	38.8	0.14	1.11	15.1	0.3	1.4
Densidad	2	15.3	1.07	2.96 *	4.2	5.18 **	7.12 *	151.9 *	2.9 **	1.9
Gen x Den	2	21.1	0.77	1.07	43.7	0.24	1.13	109.6*	0.5	0.7
Error b	12	9.7	0.82	0.49	37.5	0.2	1.13	23.2	0.2	0.7
C.V. (%)		13.3	14.3	12.9	23.7	9.6	26.5	12.4	10.6	17.1
R ²		0.7	0.7	0.8	0.5	0.9	0.7	0.8	0.9	0.7
Media Gral.		23.3	6.3	5.4	25.8	4.6	4.02	38.7	3.86	4.87

C.V.: Coeficiente de variación. ** Altamente significativo con $\alpha \leq 0.01$. * Significativo con $\alpha \leq 0.05$. 1: Area foliar por planta. 2: Índice de área foliar

por planta. En la interacción genotipo x densidad hubo diferencia significativa ($\alpha \leq 0.05$) únicamente en área foliar por planta en el nivel de despunte a tres racimos.

4.3.2.2.1 Comparación entre genotipos a diferentes niveles de despunte

Al hacer una comparación del área foliar por planta e índice de área foliar entre genotipos a diferentes niveles de despunte y en el promedio de las densidades (Cuadro 4.19), se observó que tanto en área foliar por planta a los 104 dds como en IAF a los 56 y 104 dds, los dos genotipos fueron estadísticamente iguales.

Cuadro 4.19. Comparación de medias de genotipos para área foliar por planta e índice de área foliar, en jitomate manejado con altas densidades de plantación y tres niveles de despunte

Nivel de despunte	Genotipo	¹ AFP 104 dds	² IAF 56 dds	IAF 104 dds
Un racimo	Conteza	25.1 a	5.69 a	5.87 a
	Solarset	21.9 a	6.75 a	5.07 a
	DMS	10.1	3.12	2.28
Dos racimos	Conteza	26.3 a	4.90 a	4.03 a
	Solarset	25.5 a	4.43 a	4.02 a
	DMS	8.5	0.51	1.43
Tres racimos	Conteza	39.9 a	3.78 a	5.28 a
	Solarset	37.5 a	3.94 a	4.46 a
	DMS	5.0	0.65	1.53

DMS: Diferencia Mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas en cada nivel de despunte, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). 1: Área foliar por planta en dm^2 . IAF: Índice de área foliar en m^2 .

4.3.2.2.2 Comparación entre densidades a diferentes niveles de despunte

La comparación del área foliar por planta e IAF entre densidades en cada nivel de despunte en el promedio de los dos genotipos (Cuadro 4.20), indicó que en plantas despuntadas a uno y dos racimos los tres tratamientos presentaron estadísticamente igual área foliar por planta, y en el nivel de despunte a tres racimos por planta los tratamientos 3R-12 y 3R-16 que fueron estadísticamente iguales superaron al tratamiento 3R-20. En la variable IAF a los 56 dds, en el nivel de despunte a un racimo por planta, los tres tratamientos fueron estadísticamente iguales, en cambio a los 104 dds el mayor IAF lo presentó el tratamiento 1R-36, lo que se debió a la mayor densidad de población por unidad de superficie. En plantas que se despuntaron a dos racimos, el mayor IAF tanto a los 56 como a los 104 dds lo alcanzó el tratamiento 2R-25. Por último, en el nivel de despunte a tres racimos por planta el mayor IAF a los 56 dds lo logró el tratamiento 3R-20 debido a la mayor densidad de población por unidad de superficie, en cambio a los 104 dds los tres tratamientos en este nivel de despunte presentaron estadísticamente igual IAF, indicando una compensación por la mayor área foliar por planta en los tratamientos de menor densidad.

Dentro de cada tratamiento se observan IAF similares a los 56 y 104 dds, indicando que en plantas manejadas en altas densidades a uno, dos o tres racimos el IAF máximo se logra temprano en el ciclo.

Cuadro 4.20. Comparación de medias entre densidades por nivel de despunte para área foliar por planta e índice de área foliar, en jitomate manejado con altas densidades de plantación

Nivel de Despunte	Densidad	¹ AFP 104 dds	² IAF 56 dds	IAF 104 dds
Un racimo	1R-25	24.7 a	5.81 a	4.77 b
	1R-30	23.6 a	6.39 a	5.46 ab
	1R-36	21.6 a	6.69 a	6.00 a
	DMS	4.6	1.32	1.03
Dos Racimos	2R-25	26.9 a	5.41 a	5.17 a
	2R-20	25.5 a	4.89 a	3.93 ab
	2R-16	25.1 a	3.75 b	3.10 b
	DMS	8.8	0.64	1.53
Tres Racimos	3R-12	41.1 a	3.31 b	4.3 a
	3R-16	41.3 a	3.76 b	5.1 a
	3R-20	33.7 b	4.50 a	5.2 a
	DMS	6.4	0.54	1.1

DMS: Diferencia Mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas en cada nivel de despunte, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). 1: Área foliar por planta en dm^2 . 2: Índice de área foliar en m^2 .

4.3.2.2.3 Comparación entre niveles de despunte

Al comparar el área foliar por planta e IAF entre niveles de despunte en el promedio de las densidades y de los dos genotipos (Cuadro 4.21), se observa que la mayor área foliar por planta la alcanzó el testigo (T-6) cultivado

sin poda y sin despunte a una densidad de 6 plantas·m⁻² de superficie útil, seguido del nivel de despunte a tres racimos, y la menor AFP se logró en el nivel de despunte a un racimo, mientras que con el IAF sucedió lo contrario.

Cuadro 4.21. Comparación de medias entre niveles de despunte para área foliar por planta e índice de área foliar, en dos genotipos de jitomate manejado con altas densidades de plantación

Nivel de Despunte	¹ AFP 104 dds	² IAF 56 dds	IAF 104 dds
T-6	40.75 a	1.89 c	3.90 b
Tres racimos	31.81 ab	3.84 b	4.86 ab
Dos racimos	30.02 ab	4.62 b	4.02 ab
Un racimo	27.34 b	6.29 a	5.39 a
DMS	12.98	1.48	1.37

DMS: Diferencia Mínima significativa. Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$). T-6: Testigo sin poda y sin despunte. 1: Área foliar por planta en dm². 2: Índice de área foliar en m².

5. DISCUSIÓN

En el presente trabajo se evaluó el rendimiento de dos genotipos de jitomate de crecimiento determinado con despuntes tempranos para dejar uno, dos o tres racimos por planta, a densidades muy altas, todavía mayores de las que se han establecido comercialmente para los genotipos indeterminados (Ponce, 1995; Sánchez, 1997), con la finalidad de incrementar aún más el rendimiento por unidad de superficie en cada nivel de despunte.

Los resultados obtenidos indican que los genotipos estudiados, a una misma densidad y nivel de despunte no difirieron en sus características morfológicas (altura de planta, diámetro de tallo, área foliar e índice de área foliar); por lo que se rechaza la hipótesis planteada que los genotipos estudiados difieren en la expresión de sus características morfológicas cuando se comparan bajo una misma densidad de población y nivel de despunte.

En cambio, en rendimiento por unidad de superficie hubo diferencias a favor de Conteza, ya que en todas las densidades evaluadas dicho genotipo fue superior que Solarset en los componentes primarios del rendimiento, pues presentó mayor número de frutos por unidad de superficie debido a un mayor número de frutos por racimo (Cuadro 4.4).

El mayor número de frutos en Conteza puede deberse a una mejor expresión genética que la de Solarset en ese sentido, acompañado de una mayor capacidad de la fuente (hojas) de abastecer asimilados o de una mayor fuerza de demanda, propiciando mayores tasas de traslocación hacia los frutos (Salisbury y Ross, 1994), ya que el primer genotipo probablemente tuvo una mayor fotosíntesis total del dosel, es decir una mayor producción de fotoasimilados por día, de los que dispuso en mayor cantidad que Solarset para la formación de un mayor número de flores (Charles-Edwards *et al.*, 1986), logrando un mayor porcentaje de amarre de frutos y consecuentemente hubo más frutos por racimo con mayor peso medio. Similarmente durante la fase de crecimiento inicial de los frutos también hubo mayor disponibilidad de fotoasimilados para sostener su crecimiento, incrementándose el porcentaje de amarre de frutos en Conteza, los cuales lograron un mayor tamaño en una mayor proporción porque había más asimilados por planta, ya que dicho cultivar presentó un mayor número de frutos extragrandes que el segundo (Cuadro 4.10), lográndose un mayor rendimiento por unidad de superficie.

Así también, aunque Conteza tuvo igual peso medio de fruto que Solarset, el primero mostró una tendencia a mayor peso medio de frutos, lo que se constata con un mayor número de frutos extragrandes (Cuadro 4.10), todo ello indicativo de mayor fuerza de demanda en el primer cultivar, que coincide con lo reportado por Ho (1984), quien indica que el tamaño de los frutos varía substancialmente entre diferentes genotipos, o incluso entre frutos del mismo racimo, y que la diferencia puede ser atribuida al número y tamaño de las

células del fruto. En este aspecto se acepta la hipótesis de que los cultivares estudiados difieren en rendimiento por unidad de superficie y sus componentes primarios, cuando se comparan bajo una misma densidad de población y un mismo nivel de despunte.

En el promedio de los dos cultivares, al aumentar la densidad disminuyó el número de frutos por racimo pero se incrementó el número de frutos por unidad de superficie (Cuadro 4.5); esta disminución puede deberse a que con densidades altas el sombreado mutuo puede ocasionar aborción de flores debido al alargamiento del pistilo, característica que dificulta la polinización, y consecuentemente hay una disminución en el número de frutos por racimo (González, 1991; Maroto, 1992; Atherton y Harris, 1986)). Así también, el peso medio de fruto tendió a disminuir con el aumento de la densidad pero en menor proporción que el aumento en el número de frutos por unidad de superficie, consecuentemente las mayores densidades dieron por resultado mayor rendimiento por unidad de superficie.

Dentro de cada nivel de despunte y en el promedio de los dos cultivares, el mayor rendimiento por unidad de superficie se obtuvo con la mayor densidad, de tal manera que en plantas con despunte a tres racimos y 20 plantas·m⁻², fue el tratamiento con más racimos por m² (60) y con mayor rendimiento. A dos racimos y 25 plantas·m⁻² se tuvieron 50 racimos, mientras que a un racimo y 36 plantas·m⁻² se tuvieron 36 racimos por m², y aunque estos últimos racimos tuvieron más frutos y de mayor tamaño (Cuadro 4.2 y 4.5) no alcanzaron a

compensar el mayor número de frutos por m^2 , producto de más racimos por m^2 del tratamiento a tres racimos. Al respecto, se acepta la hipótesis que plantea que para un mismo nivel de despunte el rendimiento por unidad de superficie y sus componentes difieren en función de la densidad de población manejada.

Resultados similares a la presente investigación encontraron Sánchez y Corona (1994), quienes obtuvieron mayor rendimiento en plantas con despunte a dos racimos a una densidad de $20 \text{ plantas} \cdot m^{-2}$ que con despunte a un racimo y $24 \text{ plantas} \cdot m^{-2}$; sin embargo Jorge (1999), reportó mayor rendimiento por unidad de superficie en el tratamiento con despunte a dos racimos y $16 \text{ plantas} \cdot m^{-2}$, que con despunte a un racimo y $36 \text{ plantas} \cdot m^{-2}$, a pesar de que hubo menor número de racimos por m^2 en el primer tratamiento.

Se concluye que con cultivares determinados como Conteza y Solarset se pueden incrementar los rendimientos con densidades más altas de las establecidas como óptimas para cultivares indeterminados en cada nivel de despunte, en experiencias comerciales y experimentales reportadas por Ponce (1995) y Sánchez (1997).

6. CONCLUSIONES

En base a las hipótesis planteadas y de los resultados obtenidos en el presente estudio, para plantas de jitomate despuntadas a uno, dos o tres racimos y conducidas a muy altas densidades de población, se concluye lo siguiente:

1. En el promedio de las tres densidades y dentro de cada nivel de despunte, Conteza superó en rendimiento a Solarset, debido principalmente a un mayor número de frutos extragrandes.
2. En el promedio de los dos genotipos, el mayor rendimiento por unidad de superficie se obtuvo en plantas despuntadas a tres racimos manejadas a una densidad de 20 plantas por metro cuadrado de superficie útil.
3. En el promedio de los dos genotipos, y dentro de cada nivel de despunte, el mayor rendimiento por m² se obtuvo con las densidades altas (3R-20; 2R-25 y 1R-36).

7. LITERATURA CITADA

Adams, M. W. And J. D. Kelly. 1992. The role of architecture, crop physiology and recurrent selection in ideotype breeding for yield in dry beans. Crop and Soil Sciences Departament. Michigan State University. East Lansing, Michigan, E.U.A. p. 21-23.

Alberda, T. 1962. Actual and potential production of agricultural crops. Netherlands J. Agric. Sci. 10:325-333.

Atherton, J. G. and G. P. Harris. 1986. Flowering. In: The tomato crop. Atherton, J. G. and J. Rudich (editores). Chapman and Hall. Londres, Inglaterra. pp. 167-200.

Bickford, E. D. and D. Dunn. 1972. Lighting for plant growth. Aldine Publishing Company. Chicago. pp. 33-35.

Bidwel, R. G. S. 1993. Fisiología vegetal. 1ª. ed. AGT Editor, S. A. México. México. pp. 167- 168.

Cancino B., J.; F. Sánchez Del C. y P. Espinosa R. 1991. Efectos del despunte y la densidad de población sobre dos variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), en hidroponia bajo invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura 15 (73-74): 26-30.

Canovas M., F. 1995. Manejo del cultivo sin suelo. En: El cultivo del tomate. F. Nuez (editor). Ed. Mundi - Prensa. España. pp. 227-254.

Charles-Edwards, D. A., D. Doley and G. M. Rimmington. 1986. Modelling plant growth and development. Academic Press, Sidney, Australia.

Donald, C. M. 1968. The Breeding of crop ideotypes. Euphytica 17:385-403.

Donald, C. M. and J. Hamblin. 1983. The convergent evolution of annual seed crops in agriculture. Adv. Agr. 36:97-143.

Esquinas A., J. y F. Nuez V. 1995. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. En: El cultivo del tomate. Ed. Mundi - Prensa. México. pp. 16-40.

Evans, L.T. and I. F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yields in cereals. Adv. Agr. 28: 331-359.

- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Autónoma de México. 5a. ed. Edit. Offset Larios, S. A. México. 219 p.
- Gardner, F. P.; R. B. Pearce y R. L. Mitchell. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press. Iowa, EUA. pp. 3-55.
- Garza L. J. 1985. Las hortalizas cultivadas en México: características botánicas. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. pp. 4.
- González I., A. 1991. El jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). Aspectos relevantes para su cultivo en México. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 708 p.
- González F., R. A. 1993. Estudio del efecto de cuatro niveles de poda en el contenido nutricional, producción y desarrollo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). Tesis de Maestría. División de graduados e investigación. Instituto de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, Nuevo León, México. 78 p.

Hall, D. O. and K. K. Rao. 1977. Photosynthesis. Second edition. Edward Arnold Publishers. Gran Bretaña. 71 p.

Hernández G., V. M. 1989. Respuesta a la distancia de plantación y tipo de poda en el cultivo hidropónico de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero rústico. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 54 p.

Hernández G., A. 1993. Evaluación de tres densidades y dos tipos de poda en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponia bajo invernadero. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 76 p.

Holmes, M. G. 1981. Spectral distribution of radiation within plant canopies. In: Plants and the daylight spectrum. Edi. H. Smith. Academic Press. New York. pp. 147-158.

Ho, L. C. 1984. Partitioning of assimilates in fruiting tomato plants. Plant Growth Regulation 2:277-285.

Hurd, R. G. and J. H. M. Thornley. 1974. An analysis of the growth of young tomato plants in water culture at different light integrals and CO₂ concentrations I: Physiological aspects. *Ann. of Botany* 38:375-378.

Jorge S., M. 1999. Densidades, arreglos de plantación y niveles de despunte en jitomate cultivado en hidroponia bajo invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 98 p.

Larcher, W. 1980. *Physiological plant ecology*. 2^a. ed. Springer - Verlag. Berlín. 303 p.

Loomis, R. S. and W. A. Williams. 1963. Maximum crop productivity: an estimate. *Crop Science* 3:67-72.

Maroto B., J. V. 1992. *Horticultura Herbácea Especial*. 3a. ed. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 335 - 367.

Marshall, J. K. 1968. Methods for leaf area measurement of large and small leaf samples. *Photosynthetica* 2 (1): 41-47.

- Mendoza O., L. E. y J. Ortiz. 1973. Estimadores del área foliar e influencia del espaciamiento entre surcos, la densidad de siembra y la fertilización sobre el área foliar en relación con la eficiencia en la producción de grano de dos híbridos de maíz. *Agrociencia*. 11: 57-71.
- Milthorpe, F.L. y J. Moorby. 1982. Introducción a la fisiología de los cultivos. 1ª. ed. Ed. Hemisferio Sur, S.A. Argentina. 259 p.
- Mirafuentes H., F. 1985. Efecto de la poda en la producción de dos genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de campo e invernadero. Tesis de Maestría. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México. 66 p.
- Mitchell, R. L. 1970. Crop growth and culture. The Iowa State University Press. Ames. 349 p.
- Mock, J. J. And R. B. Pearce. 1975. An ideotype of maize. *Euphytica* 24:613-623.
- Murata, J. 1981. Dependence of potential productivity and efficiency for solar energy utilization on leaf photosynthetic capacity in crop species. *Japan Journal Crop Sci.* 5(2):223-232.

- Muñoz R., M.; J. R. Altamirano C.; J. Carmona M.; J. de D. Trujillo F.; G. López C. y Cruz A., A. 1995. Desarrollo de ventajas competitivas en la agricultura: El caso del tomate rojo. Editorial La Fuente. CUESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. México. 120 p.
- Murillo, J. 1989. El cultivo de jitomate en México. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 80 p.
- Nobel, P. 1974. Introduction to biophysical plant physiology. W. H. Freeman and Company. San Francisco, Cal. pp. 488.
- Nobel, P. S. y S. P. Long. 1988. Estructura del dosel e intercepción de la luz. En: Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. J. Coombs; D. O. Hall; S. P. Long y J. M.O. Scurlock (editores). Colegio de Postgraduados. Edit. Futura S.A. Chapingo, Edo. de México. pp. 34-41.
- Papadakis, J. 1980. Ecología de cultivos, pasturas y suelos. Edit. Albatros. Buenos Aires, Argentina. 283. P.
- Petoseed. 1996. Catálogo de semillas. U. S. A. 82 p.

- Picken, A. J. F., K. Stewart and D. Klapwijk. 1986. Germination and vegetative development. In: The tomato crop. Edi. Atherton, J. G. and J. Rudich. Chapman and Hall. Londres, Inglaterra. pp. 110-166.
- Ponce O., J. 1995. Evaluación de diferentes densidades de plantación y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponia. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 96 p.
- Ponce O., J. 1998. Efecto de modificaciones al ambiente y a las relaciones fuente demanda sobre la floración de jitomate. Tesis de Maestría en Ciencias. . Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 70 p.
- Resh, H. M. 1992. Cultivos Hidropónicos: Nuevas Técnicas de Producción. 3a. ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid , España. 369 p.
- Roberts, M. J.; S. P. Long, L. L. Tieszen y C. L. Beadle. 1988. Medición de la biomasa vegetal y de la producción primaria neta. En: Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. J. Coombs; D. O. Hall; S. P. Long y J. M.O. Scurlock. (editores). Colegio de Postgraduados. Edit. Futura S. A. Chapingo, Edo. de México. pp. 1-20.

Rodríguez A., E. 1995. Efecto de la poda y densidad de población en el rendimiento y calidad de fruto de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 70 p.

Rodríguez R., R.; J. M. Tabares, R. Y J. A. Medina S. J. 1984. Cultivo Moderno del tomate. Ed. Mundi- Prensa. España. 205 p.

Rubio C., A. 1994. Relaciones entre la arquitectura de la planta de maíz (*Zea Mays* L.) y la intercepción y usos de la radiación fotosintéticamente activa. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 94 p.

SAGAR. 1997. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo I. Centro de Estadística Agropecuaria. México. p. 502-y 503.

Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. 1ª. ed. en español. Grupo Ed. Iberoamericana S.A. de C.V. México. pp. 235.

Sánchez Del C., F. ; Espinosa R., P. y Hernández R., E. 1986. Producción super intensiva de jitomate en hidroponia bajo condiciones de invernadero rústico (Línea y proyecto de investigación). Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México.

Sánchez Del C., F. y E. R. Escalante R. 1989. Hidroponia: Un sistema de producción de plantas. 3ª edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 194 p.

Sánchez Del C., F. y T. Corona S. 1994. Evaluación de cuatro variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo un sistema hidropónico a base de despuntes y altas densidades. Revista Chapingo. Serie Horticultura 1 (2): 109 - 114.

Sánchez Del C., F. 1994. Relaciones entre fuente y demanda en jitomate manejado con despuntes y altas densidades de población. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 110 p.

- Sánchez Del C., F. 1997. Valoración de características para la formación de un
arquetipo de jitomate apto para un ambiente no restrictivo. Tesis de
Doctorado. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de
Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 189 p.
- Serrano C., Z. 1978. Tomate, pimiento y berenjena en invernadero. Ministerio
de Agricultura. Madrid, España. 248 p.
- Serrano C. Z. 1996. Veinte cultivos de hortalizas en invernadero. Ed. Rali,
S. A. Sevilla, España. pp. 517-538.
- Sholto D., J. 1987. Hidroponia: Cómo cultivar sin tierra. 4ª ed. Edit. El Ateneo.
Buenos Aires, Argentina. 156 p.
- Sitta, G. 1988. El ABC de la agricultura protegida. 1ª ed. Edit. Mundi -
Prensa. Madrid, España. pp. 31-35.
- Turchi, A. 1987. Guía práctica de horticultura. 1ª ed. Ed. CEAC, S. A.
Barcelona, España. pp. 214-215.

Ucán Ch., I. 1999. Efecto del manejo de relaciones fuente - demanda sobre el tamaño del fruto en jitomate. Tesis de Maestría en Ciencias. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 92 p.

Williams, W. A., Loomis, R. S. and Lepley, C. R. 1965. Vegetative growth of corn as affected by population density I. Productivity in relation to interception of solar radiation. Crop Sci. 5: 211- 214.

Williams, W. A., R. S. Loomis, W. G. Duncan, A. Dovrat and A. F. Núñez. 1968. Canopy architecture at various population densities and the growth and grain yield of corn. Crop Sci. 8:303-308.