



UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

**RALEO DE FRUTOS EN TRES CULTIVARES DE
JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
**MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**
P R E S E N T A :
ROBERTO NOGUEZ HERNANDEZ

CHAPINGO, MEX., DICIEMBRE 1999



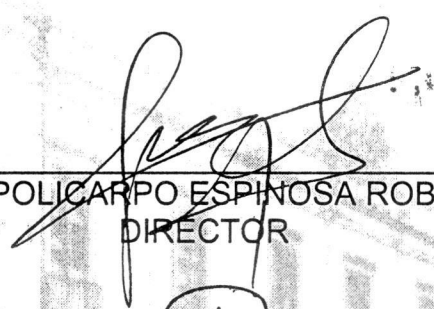
929011

RALEO DE FRUTOS EN TRES CULTIVARES DE JITOMATE

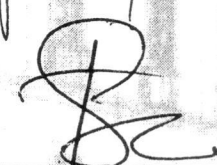
(*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Tesis realizada por **ROBERTO NOGUEZ HERNÁNDEZ** bajo la dirección del Comité indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

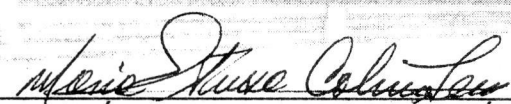
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



M.C. POLICARPO ESPINOSA ROBLES
DIRECTOR



DR. FELIPE SÁNCHEZ DEL CASTILLO
ASESOR



DRA. MARÍA TERESA COLINAS LEÓN
ASESOR

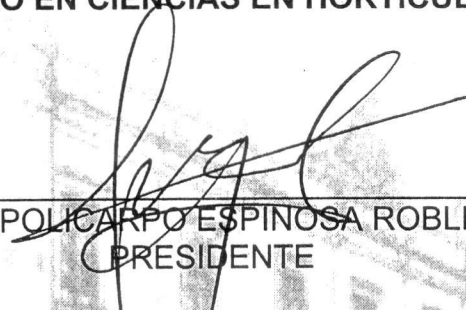
36477

RALEO DE FRUTOS EN TRES CULTIVARES DE JITOMATE

(Lycopersicon esculentum Mill.)

Tesis realizada por **ROBERTO NOGUEZ HERNÁNDEZ** bajo la dirección del Comité Indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

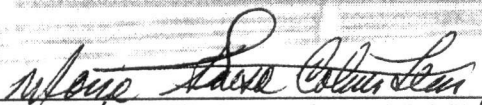
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



M.C. POLICARPO ESPINOSA ROBLES
PRESIDENTE



DR. FELIPE SÁNCHEZ DEL CASTILLO
ASESOR



DRA. MARÍA TERESA COLINAS LEÓN
ASESOR

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, al Departamento de Fitotecnia y a la Coordinación de Posgrado en Horticultura, por sus enseñanzas académicas y apoyo económico otorgado durante los dos años de estudio de la Maestría.

Al MC. Policarpo Espinosa Robles, por su valiosa dirección en la presente investigación, por su apoyo y por su amistad.

Al Dr. Felipe Sánchez Del Castillo, por su amistad y sus acertadas sugerencias en la revisión de éste trabajo.

A la Dra. María Teresa Colinas León, por sus conocimientos brindados y las observaciones realizadas en la investigación.

Al Sr. Antonio Junco Naranjo, por su confianza y facilidades que me brindo para realizar el experimento en sus instalaciones.

Al MC. Tomas Corona Sáez por sus observaciones en la parte estadística de la investigación.

Al Ing. Luis Hernández Jaen, por su confianza, apoyo incondicional, pero sobre todo por su amistad brindada en todo momento.

Al Ing. Raúl Reyes y al Sr. Enrique Zaragoza, que me han apoyado en todo momento y me brindan su amistad.

A los profesores, compañeros y amigos que participaron en mi formación o contribuyeron en la realización del presente trabajo.

DEDICATORIAS

Con mucho amor a mi madre:

Natalia Hernández Ruiz. Por sus consejos, apoyo y confianza que tiene hacia mí persona. LA AMO.

A la memoria de mi padre:

Angel Noguez Pérez. Quien siempre me motivó para que estudiara y obtuviera una formación profesional.

A **Imelda.** Por su amor, comprensión y motivación.

A mi hermana **María Elena.** Por su amistad, motivación y apoyo en todo momento. Gracias.

A mis hermanos:

Rocio, Leticia, Angel, Alfredo y Alejandro. Que no dudan en apoyarme, por sus consejos y para que juntos logremos nuestros objetivos.

A mis sobrinos:

Tany, Pablito, Karen A., Miguel A. y D. Mariana. Porque la sonrisa de un niño es lo más bello de la vida.

A todos mis amigos y familiares, que han compartido algún momento de mí vida.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor Roberto Noguez Hernández, nació el 7 de junio de 1972, en la Ciudad de México, D. F. Egresó de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan – UNAM en el año 1995 y obtuvo el título de Ingeniero Agrícola el 18 de Octubre de 1996.

Supervisor del Departamento de Control de Calidad en la empresa SEMINIS “Vegetable Seeds Mexicana”, S. de R. L. De C. V., en Baja California, México. En el año 1997.

Responsable del área de invernaderos de la empresa Industrial Agropecuaria Junco, en Cuautlalpan, Edo. de México. De febrero a diciembre del año 1998.

CONTENIDO

	Página
CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
RESUMEN.....	v
SUMMARY.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	6
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
3.1. Morfología.....	8
3.2. Requerimientos climáticos.....	11
3.3. Componentes del rendimiento y relaciones fuente – demanda.....	12
3.4. Factores que afectan las relaciones fuente demanda.....	18
3.4.1. Desarrollo del fruto.....	18
3.4.2. Temperatura	19
3.4.3. Abastecimiento de agua.....	20
3.4.4. CO ₂	21
3.4.5. Reguladores del crecimiento.....	22
3.4.6. Luz.....	23
3.4.7. Área foliar e índice de área foliar.....	24
3.5. Poda y despunte en el cultivo de tomate.....	26
3.6. Densidad de plantación.....	28
3.7. Raleo de flores y frutos.....	30
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32

4.1. Localización del experimento.....	32
4.2. Características del invernadero.....	32
4.3. Material vegetal.....	33
4.4. Diseño experimental y tratamientos.....	34
4.5. Conducción del experimento.....	35
4.5.1. Siembra.....	35
4.5.2. Transplante.....	35
4.5.3. Riegos y solución nutritiva.....	36
4.5.4. Poda.....	37
4.5.5. Tutorio.....	37
4.5.6. Despunte.....	37
4.5.7. Raleo de frutos.....	38
4.5.8. Cosecha.....	38
4.6. Variables estudiadas.....	38
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
5.1. Rendimiento y sus componentes.....	41
5.2. Distribución proporcional de tamaños de fruto.....	44
5.3. Número de frutos.....	47
5.4. Variables morfológicas.....	49
5.5. Índice de área foliar.....	51
5.6. Intercepción de radiación fotosintéticamente activa.....	53
6. CONCLUSIONES.....	55
7. BIBLIOGRAFÍA.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1 Descripción de tratamientos.....	34
2 Solución nutritiva que se aplicó a los tres cultivares de jitomate..	36
3 Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimientos y sus componentes en jitomate, considerando los factores cultivar y raleo.....	41
4 Comparación de medias para rendimiento y sus componentes en plantas de jitomate, para el factor cultivar.....	42
5 Comparación de medias para rendimiento y sus componentes en plantas de jitomate, para el factor raleo.....	43
6 Cuadrados medios de los análisis de varianza para tamaños de fruto en jitomate, considerando los factores cultivar y raleo.....	44
7 Comparación de medias para el porcentaje de frutos pequeños, medianos, grandes y extragrandes en jitomate, para el factor cultivar.....	45
8 Comparación de medias para el porcentaje de frutos pequeños, medianos, grandes y extragrandes en jitomate, para el factor raleo.....	46
9 Cuadrados medios de los análisis de varianza para número de frutos en jitomate, considerando los factores cultivar y raleo.....	47

10	Comparaciones de medias para número de frutos de jitomate, para el factor cultivar.....	48
11	Comparaciones de medias para número de frutos de jitomate, para el factor raleo.....	49
12	Cuadrados medios de los análisis de varianza para altura de planta y diámetro de tallo en jitomate, para el factor cultivar.....	49
13	Comparaciones de medias para altura de planta y diámetro del tallo en plantas de jitomate, para el factor cultivar.....	50
14	Cuadrados medios de los análisis de varianza para el índice de área foliar en jitomate, para el factor cultivar.....	51
15	Comparación de medias para el índice de área foliar en plantas de jitomate, para el factor cultivar.....	52
16	Cuadrados medios de los análisis de varianza para la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) en jitomate, para el factor cultivar.....	53
17	Porcentaje de radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada por el dosel en tres fechas diferentes, para tres cultivares de jitomate.....	54

RALEO DE FRUTOS EN TRES CULTIVARES DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

RESUMEN

Con el objeto de evaluar el efecto de la poda parcial de frutos en el rendimiento por unidad de superficie y tamaño de fruto, en plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) del tipo de crecimiento indeterminado ('Better Boy') y determinado ('Empire' y 'Celebrity'), se realizó un experimento en hidroponia bajo invernadero, conduciendo las plantas con un sólo tallo a una densidad de $10 \text{ pl} \cdot \text{m}^{-2}$, y despuntandolas para dejar tres racimos por planta. Complementariamente se hizo una evaluación agronómica entre éstos dos tipos de hábito de crecimiento de jitomate, incluyendo el índice de área foliar y porcentaje de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa por el dosel y su relación con el rendimiento. El cultivar Better Boy tuvo el mayor índice de área foliar y porcentaje de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa, y también, dio el mayor rendimiento por unidad de superficie, con $20.01 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$.

El raleo de frutos disminuyó el rendimiento y número de frutos por unidad de superficie, pero aumento el peso promedio del fruto. Sin embargo el número de frutos grandes y extragrandes por m^2 fue igual al tratamiento sin raleo, por lo que se concluye que para este sistema de producción de jitomate el raleo de frutos no se justifica desde el punto de vista económico.

Palabras clave: poda de frutos, despuntes, alta densidad, índice de área foliar, relación fuente-demanda.

THINNING OF FRUIT IN THREE TOMATO CULTIVARS

(*Lycopersicon esculentum* Mill.)

SUMMARY

In order to evaluate the effects of partial pruning of fruit on yield per surface unit and fruit size, an experiment was carried out in tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) of indeterminate ('Better Boy') and determinate growth type ('Empire' and 'Celebrity'); in a greenhouse hydroponic system, and with a density of 10 pl m², with were conducted through a single stalk and were pinched to three clusters per plant. In addition, an agronomical evaluation was done between these two types of growing habits, whith included leaf surface index, percentage of photosynthetically active radiation intercepted by the canopy, and its relation to yield. As a result, the 'Better Boy' cultivar had the highest leaf surface index, as well as the greatest percentage of photosynthetically active radiation intercepted, and also produced the largest yield per surface unit (20.01 kg·m²).

Fruit thinning reduced the yield and the number of fruit per surface unit, but increased the average fruit weight. However, in treatments without thinning, the same number of large and extra large fruit per m² was obtained. Therefore, it is concluded that in this tomato production system, fruit thinning is not justified from an economical point of view.

Key words: fruit pruning, pinching, high density, leaf surface index, source-sink relation.

1. INTRODUCCIÓN

El jitomate, cuyo fruto era considerado venenoso en el siglo pasado en muchos países, en la actualidad es después de la papa, la hortaliza más cultivada en el mundo, con una superficie superior a los 2.89 millones de hectáreas (Agrostat-FAO, citado por Muñoz *et al.*, 1995). Su importancia mundial, se debe a su variedad de uso, para el consumo fresco, su sabor universalmente apreciado, su valor nutritivo en vitaminas, y su valor comercial por unidad de superficie cultivada.

Con casi tres millones de hectáreas cultivadas y un volumen de producción que ha superado ampliamente los setenta millones de toneladas en los últimos años podemos considerar al tomate, sin duda, como el producto hortícola de mayor importancia económica (Segura y Caballer, 1995).

Según Bieche y Covis (1992), los cuatro principales países productores de tomate en América Latina en cuanto a producción total son: Brasil (35.8%), México (22.5%), Argentina (11.7%) y Chile (6.2%).

En términos de volumen y valor, el tomate y sus derivados son el principal producto hortícola de exportación de México y el sostén principal de la estructura productiva y comercial de este sector, pues para 1994 representó

36.4% del valor total de las exportaciones de legumbres y hortalizas frescas y 15% del valor total de las exportaciones agropecuarias, sólo superado por el ganado vacuno (Muñoz *et al.*, 1995).

En México, el cultivo del tomate tiene importancia no sólo como generador de divisas, sino también por la elevada derrama económica que genera; además, proporciona empleo a una gran cantidad de trabajadores estacionales del campo, así como en otras ramas de la actividad económica, como el transporte, y empresas que se dedican a la venta de insumos. En la actualidad el tomate se cultiva en una superficie que varía entre 60,000 y 90,000 hectáreas anuales, con rendimientos que varían entre las ocho toneladas de tomate de piso para consumo nacional hasta 60 toneladas en tomate para exportación (Santiago *et al.*, 1998).

Se calcula que entre 1988 y 1993 el mercado Estadounidense absorbió más del 88% de la producción de México. En 1996 se sembraron casi 70 mil hectáreas y en 1997 unas 71 mil hectáreas. Conviene destacar que alrededor del 80 % del total de la superficie sembrada es de riego (Orozco, 1998).

En la actualidad el cultivo de jitomate bajo invernadero y sin suelo es una realidad, ya que son varios los países que están utilizando de manera excelente estas formas para cultivar, por las múltiples ventajas que se obtienen en comparación con el sistema convencional de producción en suelo y a cielo abierto. Haciendo uso de estos sistemas de producción se incrementa en gran

medida la producción, se mejora la calidad y consistencia del fruto, factores fundamentales en éste cultivo, especialmente si se destina a la exportación

En 1986 se inició en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo una línea de investigación titulada "Producción Superintensiva de Jitomate en Hidroponía Bajo Condiciones de Invernadero Rústico" con la finalidad de generar tecnología que permitiera producir, al menos cuatro ciclos de cultivo al año en forma redituable, de tal manera que fuera susceptible de ser aprendido y llevado a la práctica por productores del país. La idea central es que de una superficie pequeña (desde unos 500 metros cuadrados), con este sistema, el productor pueda generar un ingreso lo suficientemente elevado para cubrir las necesidades básicas de su familia. Considerando la aplicación de este paquete a una escala mayor, se pretende la ocupación de mano de obra y la posibilidad de generar divisas para el país mediante la exportación (Sánchez *et al.*, 1991).

Después de varios trabajos de investigación (Cancino, 1990; Sánchez y Corona, 1994; Ponce 1998 entre otros), se ha desarrollado y validado un nuevo sistema o "paquete tecnológico" de producción de jitomate en hidroponía que reúne características de altos rendimientos y calidad, con menos problemas fitosanitarios que los sistemas convencionales de producción en invernadero que resulta factible desde el punto de vista técnico y redituable económicamente, a partir de pequeñas superficies. En dicho paquete el manejo del cultivo de jitomate se realiza de manera diferente a la convencional en

invernadero. Consiste en conducir la planta a un solo tallo y despuntar (eliminar la yema terminal) de las plantas para dejar tan solo una, dos o tres inflorescencias (o racimos florales) con dos hojas arriba de éstas y así establecer muy altas densidades de población (hasta 24 plantas por metro cuadrado de superficie en vez de 2 a 3 plantas por metro cuadrado que se utilizan en los sistemas convencionales). Se eliminan, por medio de poda, todos los brotes laterales que pudiera emitir la planta antes, durante o después del despunte. Se realizan también, trasplantes tardíos (45 a 60 días después de la siembra en el almácigo) con el objetivo de acortar el periodo del trasplante a la cosecha y obtener la posibilidad de más ciclos por año y por lo tanto, de una alta productividad anual.

Aún cuando este sistema de producción, tanto a nivel experimental como comercial ha dado mayores rendimientos por unidad de superficie, mejor calidad de fruto y rentabilidad económica, en comparación con el sistema de producción convencional, bajo invernadero, se considera importante buscar alternativas que permitan obtener un mayor peso y tamaño de fruto.

Tomando en cuenta lo anterior y dado que la mayor parte de los trabajos de investigación, en la Universidad Autónoma Chapingo con este paquete se han realizado con cultivares de hábito de crecimiento indeterminado, se plantea el raleo (poda parcial) de frutos en plantas de tomate de crecimiento determinado e indeterminado, conducidas en una alta densidad de plantación, con un tallo y despuntadas a tres racimos, para buscar incrementar el

porcentaje de frutos grandes y extragrandes y disminuir el de pequeños y medianos, aún cuando esto pudiera traer una disminución en el rendimiento total por unidad de superficie. Complementariamente se busca hacer una evaluación agronómica entre estos dos tipos de crecimiento de tomate, incluyendo el área foliar por planta, el índice de área foliar y la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa por el dosel.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos

1. Evaluar y comparar el efecto de la poda parcial de frutos en el rendimiento por unidad de superficie y el tamaño de fruto de tres cultivares de jitomate conducidos a un tallo y despuntados, para dejar tres racimos por planta en una densidad de 10 plantas por metro cuadrado de superficie útil.
2. Evaluar y comparar el efecto del índice de área foliar e intercepción de la radiación fotosintéticamente activa por el dosel y su relación con el rendimiento en tres cultivares de jitomate conducidos a un tallo y despuntados al tercer racimo, en una densidad de 10 plantas por metro cuadrado de superficie útil.

2.2. Hipótesis

1. El raleo de frutos reduce el rendimiento total por unidad de superficie, pero aumenta el porcentaje de frutos grandes y extragrandes, así como el tamaño de los frutos dejados.

2. A una densidad de 10 plantas por metro cuadrado de superficie útil, los cultivares indeterminados, por su mayor número de hojas, tiene mayor área foliar por planta y mayor índice de área foliar (IAF) que los determinados, lo que provoca un mayor sombreado entre plantas y por lo tanto un menor rendimiento por unidad de superficie.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Morfología

El jitomate es una planta anual en su cultivo y en condiciones favorables puede vivir y fructificar varios años. Su sistema de raíces es fibroso, pueden llegar a medir hasta 1.8 m de profundidad. Las hojas son compuestas, alternas y están recubiertas de una fina vellosidad. Los bordes son lobulados, excepto en el tipo "hoja de papa" que los tiene enteros. El tallo del tomate es anguloso, recubierto en toda su longitud de pelos perfectamente visibles, muchos de los cuales, al ser de naturaleza glandular, le confieren a la planta un olor característico. En un principio el porte del tallo es erguido, hasta que llega un momento en que por simples razones de peso rastrea sobre el suelo. El desarrollo del tallo es variable en función de los distintos cultivares, existiendo dos tipos fundamentales de crecimiento:

Cultivares con tallos de desarrollo determinado. El crecimiento del tallo principal, una vez que ha producido lateralmente varios pisos de inflorescencias (normalmente entre cada 1 ó 2 hojas) detiene su crecimiento, como consecuencia de la formación de una inflorescencia terminal.

Cultivares con tallos de desarrollo indeterminados. Tienen la particularidad de poseer siempre en su ápice un meristemo de crecimiento que

produce un alargamiento continuado del tallo principal, originando inflorescencias solamente en posición lateral, normalmente cada tres hojas (Maroto, 1992).

El racimo floral o inflorescencia está compuesto de varios ejes, cada uno de los cuales tiene una flor de color amarillo brillante. El cáliz y la corola están compuestos de cinco sépalos y cinco pétalos, respectivamente (Valadez, 1994).

En cultivares de crecimiento indeterminado la primera inflorescencia suele aparecer tras la 7 a 11 hoja, mientras que en cultivares determinados aparece normalmente tras la 5 a 7 hoja (Geisenberg y Stewart, 1986).

Las inflorescencias de la planta de jitomate aparecen unidas al eje principal ó a las ramificaciones secundarias. Cada flor tiene seis sépalos y seis pétalos los que se unen entre sí y con los estambres (en su porción filamentosa, el ovario es súpero con 2 - 10 carpelos, con estigma corto de tal manera que las antaras, más alargadas, envuelven al estigma y al estilo. La polinización es autógama en aproximadamente un 95 - 99%, la polinización cruzada varía del 0.5 al 5% y se favorece principalmente por los insectos. El estigma es receptivo desde 1 a 2 días antes de que ocurra la dehiscencia y permanece así hasta 8 días después; las anteras se abren uno ó dos días después de que ocurra la antesis, favoreciéndose la polinización durante la caída directa de los granos de polen sobre el pistilo (González, 1991; Maroto 1992).

La floración del tomate se produce en racimos simples o bifurcados, siendo lo normal que en cada inflorescencia simple pueda haber entre 3 a 10 flores, aunque en ocasiones, para ciertos cultivares, pueda haber 50 o más (Rodríguez *et al.*, 1989; Maroto, 1992).

El fruto del tomate es una baya globosa o piriforme, de color generalmente rojo en la maduración, aunque algunas variedades pueden presentar otras coloraciones, como amarillo, violeta, etc. La superficie de la baya puede ser lisa o acostillada y en su interior se delimitan claramente los lóbulos carpelares, que pueden variar entre 2 y 30. El diámetro del fruto varía entre 3 y 16 cm. Las semillas son grisáceas, de pequeño tamaño, dicoidales y recubiertas de vellosidades (Maroto, 1992).

El fruto de tomate es una baya bi o plurilocular que se desarrolla a partir de un ovario de unos 5-10 mg y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y los 500 g, en función de la variedad y las condiciones de desarrollo (Chamorro, 1995).

La coloración de los frutos se debe a 2 pigmentos que se encuentran en la carne del fruto, caretenoides de los que los más abundantes son: el licopeno (color rojo), y el beta-caroteno (color anaranjado), en una proporción de 13 veces más abundante el primero que el segundo (Messiaen, 1979).

3.2. Requerimientos climáticos

La temperatura influye en todas las funciones vitales de la planta, como son la transpiración, fotosíntesis, germinación, etc. teniendo cada especie vegetal y en cada momento de su ciclo biológico una temperatura óptima.

La temperatura óptima para la germinación de la semilla se ubica entre 15.5 y 29.5 °C, con una máxima de 35 °C. El crecimiento de las plántulas se detiene a 10 °C en promedio. Una prolongada exposición de las plántulas a más de 36 °C, puede traer como consecuencia la muerte de las plantas. El mejor desarrollo vegetativo de esta especie, se obtiene con temperaturas diurnas de 21 a 25 °C, y nocturnas en el orden de 15 a 18 °C. Para la floración y fructificación, se requiere que éstas sean de 18 a 23 °C y si pasan de 29 °C los frutos tienden a volverse amarillentos (Rodríguez, *et al.*, 1989; Anónimo, 1991).

El factor que más afecta el desarrollo vegetativo de la planta de jitomate, es la radiación diaria total, mientras que la calidad de la luz y el fotoperiodo desempeñan un papel secundario. El empleo de iluminación artificial únicamente suele ser rentable en la fase de propagación, en la que el número de plántulas por unidad de superficie es muy elevado. En cualquier caso, siempre es posible mejorar las condiciones de iluminación con prácticas tales como la optimización de la orientación del invernadero y la limpieza de su cubierta. En los invernaderos, cuando la irradiancia es elevada, la

concentración de CO₂ puede disminuir rápidamente hasta concentraciones que limiten la fotosíntesis y el crecimiento de modo que para mantener la fotosíntesis sea necesario restaurar la concentración de CO₂ mediante enriquecimiento artificial o ventilación (Picken *et al.*, 1986)

Valores de radiación total diaria en torno a 0.85 MJ.m² son los umbrales considerados mínimos para la floración y cuajado del fruto del tomate, siendo preferible mayor iluminación en menor período de tiempo que iluminaciones más débiles durante más tiempo (Kinet, 1977).

La humedad relativa influye sobre el crecimiento de los tejidos, transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de las enfermedades criptogámicas, siendo preferibles humedades medias entre 50 y 60 %. Un exceso de la misma se puede controlar con ventilación, aumento de la temperatura y control de riegos. La falta de humedad se puede controlar aumentando los riegos, o con pulverizaciones de agua tanto en pasillos como en el cultivo (Rodríguez *et al.*, 1989).

3.3 Componentes del rendimiento y relaciones fuente - demanda

El rendimiento de tomate puede ser subdividido en tres componentes: el número de plantas por unidad de superficie, número de frutos por planta y el peso promedio de fruto. El número de frutos por planta está determinado por el

número de flores que son fecundadas y alcanzan a desarrollarse en fruto. Así, dichos componentes del rendimiento que involucra procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo y reproductivo, están fuertemente influenciados por la relación fuente-demanda en diferentes fases del ciclo de vida de la planta. El peso del fruto, está determinado por la relación entre la potencia de la fuente y la potencia de la demanda durante el período de crecimiento del fruto. Esta relación determinará la máxima cantidad de asimilados que producirá la fuente y que aceptará la demanda, y que se puede traducir en una tasa de absorción o incorporación de asimilados por unidad de peso del tejido-demanda. (Wereing y Patrick, 1975; Cancino, 1990 ; Marcelis y De Koning, 1995).

El crecimiento del fruto resulta principalmente de la importación de fotoasimilados de las hojas y que la fuerza demandante se expresa como la habilidad de un órgano particular para acumular fotoasimilados y esta determinada por su tamaño y su actividad (Wolf y Rudich, 1988).

De acuerdo con Sonnewald y Willmitzer (1992), el crecimiento y desarrollo de las plantas depende de la energía ganada por la fijación de CO_2 en forma de carbohidratos durante la fotosíntesis y la traslocación de los fotoasimilados de su sitio de síntesis a regiones de utilización y o de almacenamiento.

Los órganos de la planta, de acuerdo con su actividad fotosintética, pueden dividirse en dos clases:

a) Organos fuente fotosintéticamente activos. Definidos como exportadores netos de fotoasimilados, representados principalmente por las hojas maduras, tubérculos y otras estructuras de reservas en los momentos en que exportan sus azúcares almacenados. Postulan también que la capacidad o fuerza de la fuente esta determinada por:

- 1) La tasa de fotosíntesis.
- 2) La tasa de traslocación de carbono a través de acarreadores específicos.
- 3) La partición de fotoasimilados entre anabolismo y catabolismo.
- 4) La tasa de síntesis de sacarosa

b) Organos de demanda fotosintéticamente inactivos. Son los importadores netos de carbono fijado. Estos órganos son incapaces de fotosintetizar o su producción de fotosintatos es insuficiente para cubrir sus necesidades.

Los órganos de demanda se pueden dividir en:

- 1) Demandas de utilización. Tejidos de crecimiento rápido con metabolismo alto y activo (meristemas, hojas inmaduras y frutos que inician su crecimiento).
- 2) Demandas de almacenamiento. Tales como tubérculos, raíces o semillas, donde los carbohidratos importados se almacenan como almidones, sacarosa, ácidos grasos o proteínas.

La sacarosa supone el 90% de los fotoasimilados exportados por la hoja (Walker y Ho, 1977). Una hoja madura exporta el 20-30% del carbono fijado en dos horas y hasta el 40-50% en dos días. (Khan y Sagar, 1969). Los fotoasimilados comienzan a llegar al fruto tres horas después de la fijación por las hojas y, alrededor del 60% del total importado durante 24 horas tiene lugar durante 9 horas del período de luz. Debido a que la demanda de asimilados por el fruto es mayor que por ningún otro órgano en crecimiento, tanto la velocidad de exportación como el reparto de los asimilados de carbono, en la planta resultan afectados por la velocidad de crecimiento del fruto. La exportación de carbono desde una hoja próxima es mayor cuando el primer racimo está fructificando que cuando está en flor. Aunque el fruto importa principalmente asimilados de la hoja, cuando el suministro se reduce por una iluminación insuficiente, puede movilizar también las reservas del tallo y las raíces (Chamorro, 1995)

En el cultivo del jitomate, la sacarosa se transporta por el floema, fundamentalmente desde las hojas al fruto u otros órganos en crecimiento. El sistema floemático del tomate se constituye del floema interno y del floema externo. En el tallo, el movimiento de asimilados hacia arriba generalmente tiene lugar por el floema interno, mientras que el que va hacia abajo se produce por el floema externo. El reparto de asimilados a los distintos órganos en crecimiento está determinado por la comunicación física entre los suministradores y receptores de asimilados y está influido por las condiciones de cultivo (Chamorro, 1995).

En una planta de jitomate, el suministro de asimilados desde una hoja madura al fruto depende de su posición en el tallo. Durante la floración, el suministro de la inflorescencia proviene fundamentalmente de las dos hojas situadas por debajo de ella (Bonnemain, 1965). En la fructificación, el suministro del racimo todavía proviene fundamentalmente de las dos hojas inferiores pero también de la hoja inmediatamente superior (Bonnemain, 1966).

El destino de los asimilados de la hoja que abastecen a los órganos en crecimiento cambian durante el desarrollo de la planta. Cuando la primera inflorescencia está en flor, el tallo y las raíces son los mayores sumideros. Cuando los tres primeros racimos con frutos están creciendo rápidamente, son el principal sumidero y se abastecen de las hojas medias; el ápice se alimenta principalmente de las hojas superiores y las raíces de las inferiores (Kahn y Sagar, 1967). En una planta con racimos múltiples, el suministro de asimilados de las hojas a los racimos procede fundamentalmente de las tres hojas inferiores (Shishido y Horri, 1977).

La competencia por asimilados entre los órganos vegetativos y reproductivos cambia con el desarrollo de la inflorescencia. El ápice parece ser una demanda más fuerte que la inflorescencia en iniciación y cuando el suministro de asimilados es inadecuado, por ejemplo por baja iluminación, la inflorescencia sólo obtiene asimilados después de que las necesidades del ápice han sido satisfechas (Kinet, 1977). En estas condiciones, la inflorescencia puede abortar mientras continúa el crecimiento de las hojas jóvenes. En

consecuencia, cuando la producción de asimilados es escasa, tratamientos como el enriquecimiento con CO₂, el espaciado de las plantas, la restricción de las raíces y las temperaturas bajas durante el desarrollo de la inflorescencia reducirían el aborto de las flores. Dado que los principales suministradores de asimilados (hojas 1 a 3) para la primera inflorescencia en fase de iniciación floral también abastecen a las raíces y al ápice, (hojas 1 a 3), la competencia de estos órganos por los asimilados es crucial para el desarrollo de las primeras flores. Como el brote lateral situado inmediatamente debajo de la inflorescencia también compite por los asimilados, su eliminación puede ayudar a mejorar la floración y fructificación (Russell y Morris, 1983).

También existe competencia entre racimos. Cuando el suministro de asimilados es limitante, el crecimiento de un racimo en fructificación puede suprimir la floración de los racimos siguientes (Hurd *et al.*, 1979).

En la mayoría de los cultivares el tamaño final del fruto está relacionado con su posición en el racimo, pues tanto el crecimiento del fruto como la acumulación de almidón en los frutos proximales es mayor que en los distales. Durante la maduración, la velocidad de respiración climatérica y la concentración de azúcares reductores también es mayor en los frutos proximales que en los distales. Los ovarios proximales tienen, antes de la antesis, mayor número de células, más IAA y menos ABA que los distales. Cuando el suministro de asimilados es limitante, los frutos proximales ganan más peso que los distales. Parece pues que los frutos proximales tuvieran

mayor fuerza de crecimiento, posiblemente determinada morfogenéticamente antes del cuajado del fruto, pero también el crecimiento diferencial de los frutos en el mismo racimo podría deberse a la interacción competitiva entre los mismos. Dos hechos abogan por esta última opción: los frutos inducidos más tarde fracasan en el crecimiento, especialmente si ya hay una elevada carga de frutos en el racimo; los frutos distales pueden crecer a un tamaño similar o mayor que los proximales si son inducidos artificialmente al mismo tiempo o antes que los proximales (Chamorro, 1995).

3.4. Factores que afectan las relaciones fuente-demanda

El suministro y la demanda de asimilados están determinados por los procesos fisiológicos, tanto en las fuentes como en los sumideros. En consecuencia, los cambios en estos procesos debidos a factores ambientales afectarán al reparto de asimilados en la planta.

3.4.1. Desarrollo del fruto

El aumento progresivo en el tamaño del fruto es acompañado por una reducción proporcional de su actividad demandante (Walker y Ho, 1977).

El tamaño de los frutos varía substancialmente entre diferentes cultivares o incluso entre frutos del mismo racimo. La diferencia puede ser atribuida al

número y tamaño de las células del fruto. El número máximo de células en un fruto de jitomate es alcanzado dentro de las dos primeras semanas después de la antesis y está determinado por el número inicial de células en el ovario antes de la antesis y la tasa de división celular en la primera semana después de la antesis. El tamaño final de las células es afectado por el abastecimiento de asimilados durante la elongación celular. El potencial para el crecimiento del fruto puede ser afectado por la secuencia en la que los frutos son amarrados dentro del mismo racimo. Los frutos inducidos más temprano compiten más favorablemente por asimilados que los que se forman más tarde (Ho, 1977).

López y Chan (1977), plantean que la competencia que se establece entre los frutos de un mismo racimo tiende a disminuir el tamaño del fruto por inflorescencia, siendo pequeños los del extremo (distales) y más aún en los últimos racimos de las plantas.

3.4.2. Temperatura

La temperatura influye en la distribución de asimilados. Durante la fase de crecimiento vegetativo una temperatura alta (25 ° C) favorece el crecimiento foliar, a expensas del ápice, mientras que a una temperatura baja (15 ° C) ocurre lo contrario (Calvert, 1966). Calvert (1973) sugiere como temperaturas idóneas de cultivo (día/noche) 20/18 ° C. Bugbee y White (1984), sugieren

temperaturas de 25/20 ° C. Los efectos beneficiosos del carbónico son mayores con alta temperatura (Calvert, 1973).

Las temperaturas óptimas del cultivo del jitomate están relacionadas con la iluminación (Calvert y Slack, 1975) siendo recomendable una mayor temperatura con mayor radiación. Temperaturas de 22/18 °C en condiciones de buena iluminación frente a 20/16 °C (Harper *et al.*, 1979), 25/17 °C con buena radiación. y 21/15 °C con baja radiación (Brooks, 1973)

El hecho de que las plantas no pueden aprovechar el aumento de la tasa de la fotosíntesis al incrementar la temperatura bajo saturación de luz, se debe probablemente, que al rebasar la temperatura, el nivel óptimo (25 a 30 °C) la tasa declina con mucha rapidez. El punto de CO₂ aumenta con rapidez a medida que la temperatura se eleva por encima del óptimo. De esta manera, los aumentos de temperatura, favorecen la fotorrespiración en detrimento de la fotosíntesis (Bar-Tsur *et al.*, 1985)

3.4.3. Abastecimiento de agua

La cantidad de agua usada directamente en las reacciones de la fotosíntesis es pequeña comparada con la transpiración o almacenada por las plantas en cualquier tiempo dado, la condición hídrica de la planta influye severamente en el crecimiento de la misma y en la producción de biomasa, en

particularmente a través de sus efectos en la expansión de la hoja y raíz . Por otra parte el, mantenimiento de la turgencia de la planta y la transpiración del dosel del cultivo depende del sostenimiento de la absorción de agua en las raíces en la interfase suelo raíz. Entre más extenso y denso sea el sistema radical, con mayor eficiencia se cubrirán esas demandas. Pero, a medida que el suelo se seca el encogimiento tanto de éste como de las raíces disminuye el contacto. El efecto final es una reducción en la absorción de agua, cierre de los estomas y una reducción en la fotosíntesis, y en la producción de biomasa (Beadle *et al.*, 1985)

3.4.4. CO₂

Las tasas de transporte de carbono en plantas de jitomate puede incrementarse con el enriquecimiento de CO₂, debido a que las altas concentraciones de CO₂ provocan un incremento tanto en la tasa de fijación de carbono como en la de abastecimiento constante de asimilados móviles por la conversión de reservas. El considera que este último aspecto es importante para mantener las tasas cuando la tasa de fijación de carbono baja temporalmente como consecuencia de niveles más bajos de luz o inclusive del mismo CO₂. Concluye diciendo que el enriquecimiento del aire con CO₂ mejora no sólo la eficiencia de la fotosíntesis neta sino también la eficiencia del transporte de carbono (Ho, citado por Sánchez, 1994).

El éxito comercial de las primeras cosechas de jitomate de invernadero en Europa han dependido del enriquecimiento con CO₂ para incrementar el suministro de asimilados a la flor y para intensificar el subsecuente desarrollo del fruto. Al incrementar la concentración de CO₂ en invernaderos hasta tres veces del nivel atmosférico, la velocidad de la fotosíntesis se incrementa, dando una respuesta equivalente a un incremento del 30% en el nivel de luz invernal (Hurd, 1968). Esto da por resultado un desarrollo floral normal en las inflorescencias antes suspendidas (Cooper and Hurd 1968).

3.4.5. Reguladores de crecimiento

Duran, citado por Ucan (1999) trabajando con retardadores del crecimiento: Cycocel y B9 en jitomate, indicó que al tratamiento que presentó el mejor rendimiento y tamaño de frutos fue la concentración de 250 ppm de Cycocel.

Lipari y Peratore (1986) encontraron que un racimo dado compite en grado importante con los racimos subsiguientes y que la aplicación de auxinas a un racimo dado aumenta su habilidad de competir contra los demás.

El aborto de flores en una inflorescencia ocasionado en una competencia por un suministro limitado de asimilados puede revitalizarse aplicando citocininas y ácido giberelico solamente al ovario (Kinet *et al.*, 1978). En este

caso, la secuencia de eventos sugiere que el tratamiento hormonal vuelve a encender la división celular en el ovario (Kinet *et al.* 1986) y fue seguida por un metabolismo intensificado del azúcar antes de que hubiera un incremento en el importe de asimilados a expensas del perteneciente al ápice (Kinet, 1987). Esto sugiere que la baja fuerza de demanda de las flores se debe a la poca división celular y que la división celular intensificada en el ovario ocasionada por el tratamiento hormonal puede generar una mayor fuerza de demanda que la del ápice. En ese sentido, la desviación de asimilados del ápice a las flores se debe a un cambio de prioridad lo cual es causado por un acrecentamiento de la fuerza de demanda únicamente a la flor. Sin embargo, a pesar de extensas investigaciones, el papel de las hormonas en el amarre y engrandecimiento del fruto es aún oscuro.

3.4.6. Luz

Mcavoy *et al.*, (1989) en plantas conducidas a un solo racimo, proporcionando luz suplementaria (más intensidad y duración) sólo durante el período de antesis inicial hasta el amarre del fruto (15 días) que es cuando ocurre el cierre del dosel, incrementaron significativamente el número de frutos producidos pero no hubo influencia sobre el peso del fruto, en cambio cuando la luz extra se aplicó en la etapa de crecimiento rápido del fruto (30 días) el efecto fue un aumento en el peso, que ellos atribuyeron a un aumento en la capacidad de la fuente y no a diferencias en la fuerza de la demanda.

Durante la época nublada las hojas de tomate 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. 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 robustos, los racimos tendrán numerosos frutos bien cuajados y el sistema radicular será muy vigoroso (Resh, 1992).

El tomate es un cultivo insensible al fotoperíodo, entre 8 y 16 horas, aunque requiere buena iluminación (Calvert, 1973). Iluminaciones limitadas, al reducir la fotosíntesis neta, implican mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo y producción (Aung, 1976).

Los efectos negativos de una baja iluminación pueden compensarse en parte con los aumentos del contenido en bióxido de carbono (CO_2) del aire (Cooper y Hurd, 1968).

3.4.7. Área foliar e índice de área foliar

De acuerdo con Huerres y Caraballo (1988), la masa foliar que alcanzan las plantas de tomate por unidad de área por planta se incrementan hasta llegar a un máximo para descender después hasta el final de ciclo de la planta y los valores a lograr estarán en dependencia de la variedad y la época de siembra.

Estos mismos autores al trabajar con tres variedades de jitomate observaron que la mayor área foliar, para el caso de Campbell 28 y Roma VF-P73 se alcanzó a los 60 días, mientras que en Red Rock ocurrió a los 75 días en transplantes de diciembre. Cuando se transplantaron en febrero, el momento de alcanzar la mayor área foliar fue la misma, pero los valores fueron menores, lo cual demuestra lo ya planteado anteriormente sobre la influencia de la época de siembra, que va a ser igualmente determinante en los rendimientos finales que alcanzan las variedades, sin lugar a dudas menores que en la época óptima.

Según Pearce *et al.*, (1993) el índice de área foliar no es más que la unidad del área de la superficie de la hoja (haz) por unidad de superficie de suelo. Este mismo autor indica que el número de hojas y tamaño son afectados por el genotipo y el medio ambiente, la posición de las hojas en la planta es principalmente controlado por el genotipo, también tiene un efecto pronunciado sobre la proporción del crecimiento de la hoja y de las dimensiones finales, así como de la capacidad para responder a las condiciones imprevistas del medio ambiente y a las condiciones hídricas.

Van de Vooren *et al.*, (1986) mencionan que, para plantas viviendo en poblaciones después de que se sobrepasa un cierto de índice de área foliar, como un efecto del sombramiento mutuo, se producen menos fotoasimilados por planta, lo que puede conducir a un menor número de frutos por planta y un menor diámetro y peso de fruto.

3.5. Poda y despunte en el cultivo de jitomate

La poda sirve para regular el balance entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo, induciendo la remoción de sustancias de reserva, incrementando la disponibilidad de agua y nutrientes para el vástago (Anderlini, 1976). Además, los tomates sin podar producen muchos frutos, pero de poco valor comercial (Murillo, 1988).

La poda consiste en quitar los chupones, que son pequeños brotes que crecen entre el tallo principal y los peciolo de las hojas, debiendo ser eliminados antes de que se desarrollen demasiado, pues tomarían parte de los nutrientes que son necesarios para los frutos. En el caso del tomate, deberán quitarse cuando alcancen una longitud de 2.5 cm, en este momento son frágiles y pueden arrancarse con los dedos sin causar daño en la zona axilar (área entre el tallo y el peciolo) (Resh, 1992)

La planta de tomate, en cultivares vigorosos de crecimiento indeterminado, puede alcanzar longitudes enormes (que pueden superar los 10 m), pero solo los 2 o 3 m terminales mantienen hojas, flores y frutos; el sistema de poda y entutorado debe permitir la mayor accesividad de los operarios a esta parte terminal de la planta para las diversas faenas de cultivo (Van de Vooren *et al.*, 1986).

De acuerdo con el sistema de cultivo, el cultivar, la densidad de plantación y la época del año, existen algunas variantes de la poda, sobresaliendo las siguientes:

Poda a un tallo: En este tipo de poda, se eliminan todos los brotes axilares del tallo principal dejando solamente las hojas y racimos.

Poda a dos tallos: Consiste en la eliminación de todos los brotes axilares, excepto el que sale por debajo del primer racimo que se dejará como el segundo tallo principal.

De acuerdo con Murillo (1988), los objetivos que se buscan con la poda en la planta de tomate son los siguientes:

1. Formar y acomodar la planta al sistema de tutoraje.
2. Regular y dirigir el desarrollo de la planta.
3. Mayor control de plagas y enfermedades.
4. Permitir una mejor penetración de la luz y bióxido de carbono al dosel vegetal.
5. Una mayor calidad de los frutos.
6. Aumentar la productividad por unidad de superficie.

El despunte se puede realizar en distintos momentos y se trata de la eliminación de la inflorescencia terminal según se quiera acelerar la precocidad y llenado de los frutos (Rodríguez *et al.*, 1989).

El despunte o pinzado del tallo principal, en variedades de crecimiento indeterminado, es una práctica habitual tras haber conseguido el número de inflorescencias deseado. Con ello se limita el ciclo y se contribuye a mejorar el tamaño de fruto (Castilla, 1995).

Al despunte también se le da el nombre de pinzado y consiste en eliminar los brotes terminales de los tallos que se han dejado como guías por encima del piso productivo que se considere económicamente interesante. Con el pinzamiento se regula y acorta el ciclo vegetativo, delimitando la longitud de la planta. Indirectamente, la realización de un pinzado puede repercutir en un incremento del tamaño de los frutos formados (Maroto, 1992).

3.6. Densidad de plantación

La densidad de plantación dependerá del desarrollo vegetativo, el cual estará influido principalmente por el cultivar elegido, sus características de crecimiento (determinado o indeterminado), poda y entutorado empleados, tipo y fertilidad del suelo, disposición y tipo de riego, así como la climatología del ciclo elegido.

El espaciamiento más apropiado para establecer una plantación de tomate depende del tipo de planta, del cultivar escogido, así como de la duración de la temporada de cosecha. En general, los cultivares indeterminados requieren espaciamiento mayores que las del tipo determinado.

Con espaciamientos bajos y alta población los rendimientos tempranos pueden ser mayores pero se acorta la época total de producción. Con las distancias mayores, la tendencia es hacia el aumento de rendimiento tardío. En ambos casos, la producción total tiende a ser similar (Casseres, 1984).

Hay una densidad de plantación óptima para un rendimiento máximo por encima de la cual el número de plantas es demasiado elevado, dando lugar a que los productos asimilados se destinen principalmente al crecimiento vegetativo en detrimento del reproductivo, incrementándose, asimismo, la respiración de mantenimiento. Tomando en cuenta lo anterior, al hablar de densidad de plantas, se debe tener claro que lo que se busca con el manejo de la densidad de plantas es lograr un Índice de área foliar (IAF) óptimo para el logro de un rendimiento máximo (Gardner, 1985; Ramos y Rallo, 1992).

Los cultivos en densidades altas producen más asimilados y frutos por unidad de superficie, posiblemente como resultado de haber mayor número de hojas por metro cuadrado y por lo tanto un mayor índice de área foliar, el cual intercepta más de la radiación solar incidente (Cockhull y Ho 1995).

Los efectos más destacables de una alta densidad son el aumento de la producción precoz y el acortamiento del ciclo de cultivo, teniendo como contrapartida una menor calidad de fruto con menor tamaño y el riesgo de aumento de enfermedades criptogámicas (Castilla, 1995).

Ferry y Janick (1970), encontraron que el número de nudos, número de racimos y el número de flores por planta, así como el porcentaje de frutos amarrados decrece marcadamente conforme la densidad de población se incrementa.

Con densidades de plantación altas, se ha demostrado un efecto detrimental sobre el amarre de frutos, aparentemente a causa de un suministro inadecuado de fotoasimilados debido al sombramiento. En un estudio de cuatro años en tomate Zahara y Timm (1973), encontraron que el número de frutos amarrados por planta, el número de flores, el número de hojas y el diámetro del tallo decrecieron conforme la densidad de población se incrementaba.

3.7. Raleo de flores y frutos

Es una práctica muy utilizada en el cultivo de jitomate con el fin de aumentar el tamaño de los frutos en un racimo, a la vez que eliminar los frutos defectuosos, evitando el consumo de energía de la planta en estos frutos y dirigirlo a los frutos adecuados (Anónimo, 1991).

Alterando las relaciones fuente-demanda en la distribución de asimilados en favor de la producción de frutos ha sido una práctica común desde hace tiempo en la producción de jitomate. Al alterar el número de frutos para que

coincida con el suministro de asimilados, se controla también el tamaño de los mismos (Ho, 1996).

En caso de inflorescencias muy grandes, es usual suprimir algunas flores o frutos recién cuajados, despuntando las inflorescencias, para limitar el número de frutos, lo que influirá positivamente en su tamaño y calidad. Es deseable, asimismo, la supresión temprana de flores y frutos defectuosos, evitando así que compitan con los normales (Castilla, 1995)

Los racimos florales del tomate deben podarse para seleccionar los 4 o 5 frutos cuajados más uniformes del racimo. Los frutos pequeños se deben eliminar cuando alcancen el tamaño de un guisante. Cualquier flor deforme, fruto doble o flor tardía debe ser eliminada del racimo. Esto da lugar a que la forma, el tamaño y el color de los tomates sea uniforme (Resh, 1992).

Una alta carga de frutos, y por lo tanto una relación fuente demanda alta, puede resultar en aborto de flores y frutos. Marcelis (1994). Por lo tanto reduciendo el número de frutos por planta, se disminuye fuertemente la distribución de biomasa a los frutos (Heuvelink y Buiskool, 1995).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la empresa "Industrial Agropecuaria Junco", del 1 de julio al 26 de diciembre de 1998. Esta se encuentra en Cuautlalpan, Estado de México, a 19° 29' latitud norte y 98° 53' longitud oeste, con una altitud de 2251 msnm (Ponce, 1995).

4.2. Características del invernadero

El experimento se realizó en un invernadero con estructura metálica y cubierta de vidrio, con una superficie de 70 m de largo por 11.3 m de ancho y 3.8 m de altura máxima, cuenta con 6 tinas de 36.8 m de largo, 1.3 m de ancho y 40 cm de profundidad, con 50 cm de separación entre tinas y otras 6 tinas de 30.5 m de largo, 1.3 m de ancho y 40 cm de profundidad, con 50 cm de separación entre tinas. Están construidas con costados y pasillos cementados; están rellenas, primero con una capa de 10 cm de grava compuesta por partículas de tezontle rojo de aproximadamente 1 cm de diámetro, seguida de otra capa de 28 cm de arena de tezontle roja con la mayoría de sus partículas comprendidas entre 1 y 4 mm de diámetro. La capa de grava se colocó con el objetivo de dar un drenaje libre y aislar del suelo la capa de arena de tezontle.

4.3. Material vegetal

Durante el experimento se trabajo con los siguientes cultivares:

Celebrity. Este cultivar es una planta de crecimiento determinado, con fruto tipo bola, que requiere del transplante a la primera cosecha aproximadamente 72 días, es de forma arbustiva, requiere de tutores para su soporte, el fruto se destina al consumo fresco, su peso promedio es de 230 gramos aproximadamente, y es catalogado como un globo redondo acentuado. Es tolerante a Verticillium, Fusarium, y al virus mosaico del tomate (Petoseed, 1996).

Empire. Cultivar de crecimiento determinado, requiere del transplante a la primera cosecha 72 días, es de forma arbustiva, requiere de tutores para su soporte, su fruto se destina al consumo fresco, su peso promedio de sus frutos es de 230 gramos aproximadamente y es del tipo bola globo profundo. Muestra tolerancia a Verticillium y al virus mosaico del tomate (Petoseed, 1996).

Better Boy. Es un cultivar de hábito de crecimiento indeterminado requiere aproximadamente 75 días del transplante a la primera cosecha, el peso promedio de sus frutos es de 230 gramos, requiere de tutores para su soporte, su fruto es tipo bola redondo. Resistente a Verticillium y a Fusarium (Petoseed, 1996).

4.4. Diseño experimental y tratamientos

Para el establecimiento del experimento se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. La superficie de la parcela experimental fue de 46.8 m^2 , dividida en 24 unidades experimentales de 1.95 m^2 de superficie útil.

Los tratamientos se describen en el Cuadro 1. Las plantas se transplantaron a una distancia de 30 cm entre ellas y 30 cm entre hileras dando una densidad de 10 plantas por metro cuadrado; se dejó solamente un tallo por planta y se eliminó la yema apical (despunte) cuando tenían 2 hojas por arriba de la tercera inflorescencia.

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) y comparación de medias (Tukey), para todas las variables estudiadas mediante el paquete estadístico "Statistical Analysis System" (SAS).

Cuadro 1. Descripción de tratamientos.

No.	Tratamiento	Simbología
1	Celebrity, sin raleo de frutos.	CR0
2	Celebrity, dejando 4 frutos en cada uno de los racimos.	CR1
3	Empire, sin raleo de frutos.	ER0
4	Empire, dejando 4 frutos en cada uno de los racimos.	ER1
5	Better Boy, sin raleo de frutos.	BR0
6	Better Boy, dejando 4 frutos en cada uno de los racimos.	BR1

4.5. Conducción del experimento

4.5.1. Siembra

La siembra, se realizó el día 10 de Julio de 1998 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss especial para semillero (Grow-mix). Se colocó una semilla por cavidad, posteriormente se regó el sustrato a capacidad de retención y se procedió a cubrir las charolas con plástico blanco, con el objeto de acelerar y uniformizar la germinación de las semillas. A los cuatro días posteriores de la siembra, apenas iniciada la emergencia de las plántulas se les retiró el plástico a las charolas para evitar que se etiolaran. Hasta la aparición de las hojas verdaderas en las plántulas, el riego fue por microaspersión con agua simple, y una vez que aparecieron las primeras hojas verdaderas en los tres cultivares de jitomate, se iniciaron los riegos con solución nutritiva (Cuadro 2) al 50 % de su concentración total.

4.5.2. Transplante

El transplante se hizo a los 32 días después de la siembra, cuando las plántulas tenían de 8 a 12 cm de altura y de 3 a 4 hojas verdaderas. Se transplantaron a una densidad de 10 plantas por metro cuadrado de superficie útil repartidas en 4 hileras por tina.

4.5.3. Riegos y solución nutritiva

Durante todo el ciclo de cultivo se aplicó un riego al día de 5 a 9 litros de solución nutritiva por metro cuadrado, dependiendo de las condiciones ambientales y el estado de desarrollo de la planta. Los riegos se hicieron por vertido con una manguera de una pulgada de diámetro, aplicando a la base de la planta. La solución nutritiva que se aplicó durante todo el ciclo de cultivo se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Solución nutritiva que se aplicó a los tres cultivares de jitomate.

NUTRIMENTO	CONCENTRACIÓN mg·L ⁻¹	FUENTE
Nitrógeno	225	Nitrato de calcio
Fósforo	60	Acido fosfórico
Potasio	225	Sulfato de potasio
Calcio	250	Nitrato de calcio
Azufre	200	Sulfato de potasio
Magnesio	50	Sulfato de magnesio
Fierro	5	Sulfato ferroso
Manganeso	0.5	Sulfato de manganeso
Boro	0.5	Borax
Cobre	0.1	Sulfato de cobre
Zinc	0.1	Sulfato de zinc

No se suministró molibdeno ni cloro, dado que se requieren en muy baja concentración y se considera que estos elementos aparecen en cantidad de suficiente como impureza de los fertilizantes usados, así como en la composición del agua del riego.

4.5.4. Poda

La poda de los brotes laterales, se inició a los 47 días después de la siembra (dds), y se continuó por intervalos de ocho días, hasta que comenzó la cosecha, con la finalidad de dejar únicamente un tallo por planta e ir eliminando los brotes laterales de las hojas cuando alcanzaban de 2 a 3 cm de largo.

4.5.5. Tutoreo

A las plantas de jitomate, se les colocó un tutor, a los 50 dds, con el objeto de mejorar el control sanitario y obtener una mejor calidad en los frutos. para ello, se colocaron cuatro hileras de alambre acerado paralelas por encima y a lo largo de las tinas (cada hilera separada 30cm) sujetadas de la base de marcos metálicos. Por abajo de la segunda hoja de cada planta se realizó un amarre con cordón de raffia alrededor del tallo de tal manera que no le apretara; el cordón se enredó en forma espiral hacia arriba de la planta (2 a 3 vueltas) y se amarró en el otro extremo a las hileras de alambre.

4.5.6. Despunte

A los 70 días después de la siembra (dds) se inició manualmente el despunte de las plantas, eliminando la yema terminal dos hojas arriba de la tercera inflorescencia en el momento en que la segunda hoja por arriba de la

inflorescencia tenía una longitud de 5 cm. Al final de esta actividad se hicieron aplicaciones preventivas, con fungicidas y bactericidas, con el objeto de evitar enfermedades.

4.5.7. Raleo de frutos

El raleo de los frutos distales, se hizo cuando estos tenían el tamaño de un chicharo, comenzándose a los 60 días después de la siembra (dds) y se continuó con un intervalo de cuatro días hasta el 22 de octubre del mismo año, hasta dejar cuatro frutos por racimo.

3.5.8. Cosecha

La cosecha se inició a los 122 días después de la siembra y se terminó a los 162 dds, cuando los frutos tenían de un 30 a un 50% de coloración rojo maduro; con un intervalo de siete días entre corte y corte.

4.6. Variables estudiadas

Para evaluar la capacidad productiva de los tres cultivares de jitomate con raleo de frutos, se evaluaron las siguientes variables:

- Rendimiento por unidad de área. Es la suma de peso en gramos de cada corte y del total de plantas por metro cuadrado.

- Número de frutos por unidad de área. Se contaron todos los frutos cosechados por metro cuadrado.
- Peso medio de fruto. Es el resultado del rendimiento por unidad de superficie entre el número de frutos por unidad de área.
- Tamaño de frutos. Se calculó, considerando el porcentaje de cuatro tamaños de frutos: pequeños (menores de 4 cm), medianos (entre 4 y 6 cm) grandes (entre 6 y 8 cm) y extragrandes (mayores de 8 cm). Para su clasificación se elaboró una criba, con perforaciones circulares de 4, 6 y 8 cm de diámetro.
- Número de frutos de cada tamaño por unidad de superficie. Es el número de frutos por metro cuadrado de los cuatro tamaños (pequeños, medianos, grandes y extragrandes).
- Altura de la planta. Esta se midió a los 75 días después de la siembra (dds), con una cinta métrica de la base de la planta, hasta la segunda hoja después de la tercera inflorescencia.
- Diámetro del tallo. A los 75 dds se midió el grosor del tallo en el entrenudo 4 (entre los nudos 4 y 5).
- Índice de área foliar. Este se determinó a los 65 y 95 dds. Dado que varias de las hojas de las plantas que ocupaban la periferia (hilera externa) se expandieron a lo ancho (hacia los pasillos) hasta ocupar una franja de 1.5 m, el IAF se estimó por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{IAF} = (\text{área foliar por planta} \times \text{número de plantas por m}^2) / 1.5 \text{ m}^2.$$

- Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa. La intercepción de la radiación fotosintéticamente activa se midió a los 60, 75 y 90 dds, con un ceptómetro (Sunfleck Ceptometer; 1989, Decagon Divices, Inc. USA.) el cual se colocó en forma perpendicular a las camas de cultivo, calculándose el promedio de tres mediciones por tratamiento, por encima del dosel y en la parte más baja del mismo (a la altura del sustrato). Con estos datos se calculó el porcentaje de RFA interceptada por el dosel (RFAI) mediante la siguiente fórmula:

$$RFAI = 100 - \frac{I_s}{I_o}(100)$$

Donde: I_s = RFA medida en la parte inferior del dosel.

I_o = RFA medida por encima del dosel.

A las variables rendimiento por unidad de superficie, número de frutos por unidad de área, peso medio de fruto, tamaño de frutos y numero de frutos, se les aplicó análisis de varianza (anava) y pruebas de Tukey, comprendiendo los factores cultivar, raleo de frutos y su interacción.

En cambio para las variables: altura de planta, diámetro del tallo, índice de área foliar e intercepción de la radiación fotosintéticamente activa, los análisis de varianza (anava) y pruebas de Tukey se hicieron tomando sólo al factor cultivar, puesto que se consideró que su expresión se dio antes y durante el período del raleo de frutos y que, por lo tanto esta práctica no influyó en su expresión.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Rendimiento y sus componentes

En el Cuadro 3 se aprecia que para el factor cultivar hubo diferencias altamente significativas en el rendimiento por unidad de superficie. Para el factor raleo, hubo diferencias altamente significativas para el rendimiento por unidad de superficie, número de frutos por unidad de área, así como para peso medio de frutos. La interacción cultivar con raleo, no mostró diferencia significativa, para ninguna de las variables consideradas.

Cuadro 3. Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimiento y sus componentes en jitomate, considerando los factores cultivar y raleo.

F.V.	G.L.	Rendimiento por unidad de área	Número de frutos por unidad de área	Peso medio de fruto
Bloque	3	872086.04	4.28	27.19
Cultivar	2	4647062.00 **	0.87	260.78
Raleo	1	63781901.04 **	6272.67 **	687.58 **
Cultivar x Raleo	2	117461.17	24.54	60.83
Error	15	458643.21	72.54	88.32
C.V.		3.50	6.42	6.41
R ²		0.90	0.85	0.51
Media		19.29 kg·m ⁻²	132.75 frutos·m ⁻²	146.43 g

C.V. Coeficiente de variación. R² : Coeficiente de determinación.

* Significativo con $P \leq 0.05$. ** Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

Los cultivares Better Boy y Empire presentaron el mejor rendimiento por unidad de superficie (20.01 kg y 19.39 kg, respectivamente), siendo éstos diferentes estadísticamente del cultivar Celebrity (18.49 kg), lo cual indica que para la forma en que se condujeron las plantas, el tipo de crecimiento no influye tanto en el rendimiento sino que se depende más de la capacidad productiva del cultivar (Cuadro 4).

En cuanto al número de frutos por unidad de área y peso medio de fruto, no existieron diferencias significativas, entre cultivares.

Cuadro 4. Comparación de medias para rendimiento y sus componentes en plantas de jitomate, para el factor cultivar.

Cultivar	Rendimiento (kg·m ⁻²)	Frutos (número·m ⁻²)	Peso medio de fruto (g)
Better Boy	20.01 a	133.12	151.91
Empire	19.39 a ^z	132.62	146.87
Celebrity	18.49 b	132.50	140.51
D.M.S.	0.879	11.06	12.21

D.M.S. Diferencia mínima significativa (Tukey $P \leq 0.05$).

^z Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas.

El mayor rendimiento por unidad de área de 'Better Boy' y 'Empire' se debió principalmente no a un mayor número de frutos que fue muy similar en los tres cultivares, sino a la tendencia a un mayor tamaño y peso medio de fruto de estos dos cultivares.

De acuerdo con la prueba de comparación de medias, para el factor raleo al no realizar poda parcial de frutos, el rendimiento por unidad de superficie y el número de frutos por unidad de área, fueron 14.53 y 21.71 % respectivamente mayores que cuando se realizó el raleo de frutos.

El peso medio de fruto fue 7.04 % mayor con el raleo a cuatro frutos por racimo, que cuando no se realizó (Cuadro 5), lo cual se puede explicar por el menor número de frutos por racimo que hubo con la poda parcial, dado que aunque la fuente de asimilados se mantuvo constante, al eliminar frutos en crecimiento, que son demandas, los asimilados sobrantes o disponibles tienden a repartirse entre las demandas dejadas. Coincidiendo con Heuvelink y Buiskool (1995), quienes señalan que en términos generales el peso promedio de los frutos se incrementa con una disminución en el número de frutos por racimo. Sin embargo, como se puede apreciar en dicho cuadro, el mayor peso de los frutos dejados no alcanzó a compensar el rendimiento que se alcanza, cuando no se realiza el raleo, es decir, sólo hay una compensación parcial.

Cuadro 5. Comparación de medias para rendimiento y sus componentes en plantas de jitomate, para el factor raleo.

Raleo	Rendimiento (kg·m ⁻²)	Frutos (número·m ⁻²)	Peso medio de Fruto (g)
Sin raleo	20.92 a	148.92 a	141.08 b
Raleo a 4 frutos	17.66 b ^z	116.58 b	151.78 a
D.M.S.	0.589	7.41	8.18

D.M.S. Diferencia mínima significativa (Tukey $P \leq 0.05$).

^z Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas.

5.2. Distribución proporcional de tamaños de fruto

Los resultados del análisis de varianza para las variables de tamaño de fruto, se presentan en el Cuadro 6, donde para el factor cultivar se observó diferencia altamente significativa en el porcentaje de frutos pequeños y extragrandes y diferencia significativa, en el porcentaje de frutos medianos. Para el factor raleo se encontraron diferencias altamente significativa, para todos los tamaños de fruto considerados. No se encontró un efecto significativo para la interacción de ambos factores.

Cuadro 6. Cuadrados medios de los análisis de varianza para tamaños de fruto en jitomate, considerando los factores cultivar y raleo.

F.V.	G.L.	Porcentaje de frutos			
		Pequeños (< 4 cm)	Medianos (6 a 8 cm)	Grandes (6 a 8 cm)	Extragrandes (> 8 cm)
Bloque	3	0.38	25.88	15.32	15.47
Cultivar	2	16.54 **	79.69 *	14.14	154.07 **
Raleo	1	122.31 **	589.84 **	376.52 **	255.13 **
Cultivar x raleo	2	4.95	0.88	37.03	52.68
Error	15	1.95	16.08	12.04	18.41
C.V.		24.14	35.38	7.08	12.66
R ²		0.85	0.77	0.74	0.72
Media		5.78 %	11.33 %	48.98 %	33.90 %

C.V. Coeficiente de variación. R² : Coeficiente de determinación.

* Significativo con $P \leq 0.05$. ** Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

En el Cuadro 7 se presentan las comparaciones de medias referentes a la distribución de tamaños de fruto, donde el cultivar Celebrity produjo menor porcentaje de frutos extragrandes y mayor porcentaje de frutos medianos, en cambio 'Empire' produjo un alto porcentaje de frutos extragrandes y grandes y por lo tanto un porcentaje pequeño de frutos medianos y pequeños. Lo cual se puede deber a la variación genética y diferente fuerza de demanda, que existe entre cultivares. Lo anterior coincide con lo que reportan Ho (1977) y Winzeler *et al.*, (1989), quienes indican que el suministro de asimilados a los órganos en crecimiento y el tamaño de los frutos varía substancialmente entre genotipos o incluso entre frutos del mismo racimo. La diferencia puede ser atribuida al número y tamaño de las células del fruto. De igual manera Ho (1992), menciona que el tamaño potencial de un fruto de tomate es dependiente de su posición dentro del racimo y del cultivar.

Cuadro 7. Comparación de medias para el porcentaje de frutos pequeños, medianos, grandes y extragrandes en jitomate, para el factor cultivar.

Cultivar	Porcentaje de frutos			
	Pequeños (< 4 cm)	Medianos (4 a 6 cm)	Grandes (6 a 8 cm)	Extragrandes (> 8 cm)
Better Boy	7.30 a	9.43 b	49.84	33.41 ab
Celebrity	5.58 ab ^Z	14.98 a	49.66	29.78 b
Empire	4.45 b	9.59 b	47.45	38.51 a
D.M.S.	1.81	5.21	4.51	5.57

D.M.S. Diferencia mínima significativa (Tukey $P \leq 0.05$).

^Z Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas.

Como era de esperar, el menor porcentaje de frutos pequeños y medianos, se obtuvo cuando se realizó raleo de frutos (Cuadro 8). En cambio, hubo 52.94 y 37.16 % frutos grandes y extragrandes respectivamente, siendo estadísticamente diferente al porcentaje que se tuvo al no realizar raleo de frutos, lo puede ser atribuido a la menor competencia entre frutos por los fotoasimilados disponibles que se establece al eliminar algunos frutos de cada racimo de la planta, en comparación con los tratamientos en los cuales no se realizó algún tipo de raleo de frutos.

Lo anterior coincide con lo que reportan López y Chan (1977), quienes indican que la competencia que se establece entre los frutos de un mismo racimo tiende a disminuir el tamaño de los mismos. También Ho (1980), menciona que el tamaño potencial de un fruto de tomate, depende de la cantidad de asimilados producidos por el follaje y el número de frutos que compiten por los asimilados

Cuadro 8. Comparación de medias para el porcentaje de frutos pequeños, medianos, grandes y extragrandes en jitomate, para el factor raleo.

Raleo	Porcentaje de frutos			
	Pequeños (< 4 cm)	Medianos (4 a 6 cm)	Grandes (6 a 8 cm)	Extragrandes (> 8 cm)
Sin raleo	8.03 a	16.29 a	45.02 b	30.64 b
Raleo a 4 frutos	3.52 b ^z	6.38 b	52.94 a	37.16 a
D.M.S.	1.21	3.49	3.02	3.73

D.M.S. Diferencia mínima significativa (Tukey $P \leq 0.05$).

^z Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas.

5.3. Número de frutos

A continuación se presentan los resultados del análisis de varianza, para número de frutos de diferente tamaño por unidad de superficie (Cuadro 9). El factor cultivar presentó diferencias altamente significativa, para número de frutos pequeños, medianos y extragrandes. Con el factor raleo hubo diferencias altamente significativas para el número de frutos pequeños y medianos. En cuanto a la interacción cultivar por raleo, no se encontraron diferencias significativas.

Cuadro 9. Cuadrados medios de los análisis de varianza para número de frutos en jitomate, considerando los factores cultivar y raleo.

FV	G.L.	Número de frutos			
		Pequeños	Medianos	Grandes	Extragrandes
Bloque	3	0.93	31.44	26.0	26.72
Cultivar	2	34.29 **	130.67 **	33.87	307.54 **
Raleo	1	392.04 **	1666.67 **	181.50	28.17
CultivarxRaleo	2	11.79	5.17	87.87	110.54
Error	15	3.46	21.38	45.0	42.22
C.V.		23.39	29.20	10.40	14.57
R ²		0.90	0.86	0.43	0.60
Media		7.96	15.83	64.50	44.58

C.V. Coeficiente de variación. R² : Coeficiente de determinación.

* Significativo con $P \leq 0.05$. ** Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

En el cuadro 10 se presentan las comparaciones de medias entre cultivares para número de frutos de distinto tamaño. Se observa un

comportamiento similar al de la distribución porcentual de tamaño de frutos. El cultivar Empire tuvo (40.71 %) menos frutos pequeños que 'Better Boy'. Asimismo el 'Empire' tuvo 24.27 % más frutos extragrandes que 'Celebrity'.

Cuadro 10. Comparaciones de medias para número de frutos en jitomate, para el factor cultivar.

Cultivar	Número de frutos por m ²			
	Pequeños	Medianos	Grandes	Extragrandes
Better Boy	10.12 a	13.40 a	65.62	44.12 ab
Celebrity	7.75 ab ^z	20.50 a	65.75	38.62 b
Empire	6.0 b	13.50 b	62.12	51.00 a
D.M.S.	2.42	6.00	8.71	8.44

D.M.S. Diferencia mínima significativa (Tukey $P = 0.05$).

^z Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas.

En el cuadro 11 se observa que al realizar la poda parcial de frutos, se tuvieron 67.33 y 68.97 % menos frutos pequeños y medianos respectivamente en comparación cuando no se realizó poda de frutos. Sin embargo, con y sin raleo de frutos, se tuvieron estadísticamente el mismo número de frutos grandes y extragrandes. Desde el punto de vista económico esto no representa ninguna ventaja para el manejo con raleo de frutos, ya que al no existir diferencias significativas entre el número de frutos grandes y extragrandes, que son los que adquieren un mayor valor en el mercado, el mayor beneficio económico se obtiene con los tratamientos a los cuales no se les aplicó poda parcial de frutos, dado que su rendimiento por unidad de superficie es mayor que los tratamientos con raleo.

Cuadro 11. Comparaciones de medias para número de frutos en jitomate, para el factor raleo.

Raleo	Número de frutos por m ²			
	Pequeños	Medianos	Grandes	Extragrandes
Sin raleo	12.00 a	24.17 a	67.25	45.67
Raleo a 4 frutos	3.92 b ^z	7.50 b	61.75	43.50
D.M.S.	1.62	4.02	5.84	5.65

D.M.S. Diferencia mínima significativa (Tukey $P = 0.05$).

^z Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas.

5.4. Variables morfológicas

En el Cuadro 12 se presentan los resultados del análisis de varianza, para las variables altura de planta y diámetro del tallo, determinadas a los 75 dds. Se presentó diferencia altamente significativa entre cultivares para la variable altura de planta, no siendo así para el diámetro del tallo.

Cuadro 12. Cuadrados medios de los análisis de varianza para altura de planta y diámetro de tallo en jitomate, para el factor cultivar.

FV	G.L.	Altura de planta	Diámetro de tallo
Bloque	3	249.37	0.00230
Cultivar	2	2910.73 **	0.00042
Error	18	67.31	0.00189
C.V.		9.97	2.34
R ²		0.84	0.18
Media		82.28 cm	1.86 cm

C.V. Coeficiente de variación. R² : Coeficiente de determinación.

* Significativo con $P \leq 0.05$

** Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

En el Cuadro 13, se presentan las pruebas de comparaciones de medias para las variables altura de planta y para diámetro de tallo. El cultivar Better Boy, tuvo 34.57 cm más de altura en comparación con 'Celebrity', lo cual se debe principalmente a las diferencias que existen en crecimiento entre cultivares, ya que los cultivares indeterminados tienen tres hojas entre racimos, además se caracterizan por desarrollar tallos largos y mucho follaje, en cambio los determinados solamente tienen una o dos hojas entre racimos y son generalmente pequeñas o medianas.

En cultivos de crecimiento determinado, al comenzar el desarrollo de los órganos reproductivos, el crecimiento de tallos y hojas se detiene, mientras que en especies indeterminadas, el crecimiento vegetativo y reproductivo se producen simultáneamente (Waister *et al.*, 1977)

Cuadro 13. Comparaciones de medias para altura de planta y diámetro del tallo en plantas de jitomate, para el factor cultivar.

Cultivar	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)
Better Boy	104.2 a	1.85
Celebrity	69.6 b ^z	1.86
Empire	72.9 b	1.87
D.M.S.	10.47	0.05

D.M.S. Diferencia mínima significativa (Tukey $P \leq 0.05$).

^z Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas

5.5 Índice de área foliar a los 65 y 95 días después de la siembra.

En el Cuadro 14 se presenta el análisis estadístico para el índice de área foliar (IAF) a los 65 y 95 días después de la siembra (dds). Se presentaron diferencias altamente significativas para las dos fechas de muestreo del IAF.

Cuadro 14. Cuadrados medios de los análisis de varianza para el índice de área foliar en jitomate, para el factor cultivar.

FV	G.L.	Índice de área foliar	
		A 65 dds	A 95 dds
Bloque	3	0.394	0.032
Cultivar	2	1.312 **	2.033 **
Error	18	0.212	0.131
C.V.		21.95	8.77
R ²		0.50	0.64
Media		2.10 (m)	4.14 (m)

C.V. Coeficiente de variación. R² : Coeficiente de determinación.

* Significativo con $P \leq 0.05$. ** Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

En el Cuadro 15, se observa, que el cultivar Better Boy fue el que tuvo el mayor índice de área foliar a los 65 y 95 días después de la siembra (30.07 y 20.63 % más que con respecto a 'Celebrity' y 'Empire', respectivamente), lo cual se debe principalmente a que el primer cultivar es de hábito de crecimiento indeterminado, mientras los otros dos son de hábito determinado. Por lo mismo el primero tiene un mayor número de hojas por planta, lo que repercute en una

mayor área foliar por planta y concretamente en un mayor índice de área foliar por planta (IAF) para una densidad dada.

Cuadro 15. Comparación de medias para el índice de área foliar en plantas de jitomate, para el factor cultivar.

Cultivar	Índice de área foliar	
	A 65 dds	A 95 dds
Better Boy	2.56 a	4.70 a
Celebrity	1.79 b ^z	3.73 b
Empire	1.95 b	3.97 b
D.M.S.	0.59	0.46

D.M.S. Diferencia mínima significativa (Tukey $P \leq 0.05$).

Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas.

Lo anterior coincide con Shibles y Weber (1966), quienes encontraron que altas densidades de plantación dan como resultado un incremento en el índice de área foliar y una reducción en el número de días de la emergencia, hasta alcanzar el 95 % de intercepción de radiación fotosintéticamente activa por el dosel. De igual manera Loomis y Williams, 1969; Van de Vooren *et al.*, 1986, señalan que mientras no se sobrepase un IAF crítico, en alta densidad de población se tendrá un mayor porcentaje de RFA interceptada por el dosel, que conducirá a una mayor tasa de fotosíntesis por unidad de área de terreno, así como a mayor producción de biomasa y rendimiento por unidad de superficie

diferencias estadísticas se debe atribuir aquí a los coeficientes de variación tan bajos que mostraron estas variables.

Cuadro 17. Porcentaje de radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada por el dosel en tres fechas diferentes, para tres cultivares de jitomate.

Cultivar	RFA interceptada por el dosel		
	A los 60 dds	A los 75 dds	A los 90 dds
Better Boy	97.95 a	98.86 a	99.42 a
Celebrity	95.81 b ^Z	96.38 b	96.64 b
Empire	96.81 ab	96.99 ab	97.91 ab
D.M.S.	1.96	2.44	1.95

D.M.S. Diferencia mínima significativa (Tukey $P = 0.05$).

^Z Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas.

El cultivar Better Boy fue el que tuvo el mayor índice de área foliar, pero casi el mismo porcentaje de intercepción de radiación fotosintéticamente activa por el dosel y rendimiento por unidad de superficie que el cv. Empire.

En lo referente al raleo de frutos se puede indicar, que para el sistema de despunte a tres racimos por planta en altas densidades de plantación, la poda parcial de frutos no se justifica ni en cultivares determinados e indeterminados, ya que no se produce más fruta grande o extragrande pero si menos frutos medianos que con el manejo sin raleo de frutos. Por lo tanto se sugiere que se debe seguir sobre la línea de investigación enfocándola al raleo de flores en el momento de antesis.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos e hipótesis que se plantearon al inicio del presente trabajo de investigación y los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

El raleo de frutos disminuyó el rendimiento por unidad de superficie y el número de frutos por m^2 , pero aumento el peso medio del fruto.

No obstante que hubo un mayor porcentaje de frutos grandes y extragrandes al podar a cuatro frutos por racimo, en términos absolutos el número de éstos, fue igual al que se obtuvo sin raleo de frutos.

De los tres cultivares evaluados el cultivar Better Boy de hábito de crecimiento indeterminado desarrollo el mayor índice de área foliar y fue el que tuvo el mayor rendimiento por unidad de superficie, mientras que el cultivar Empire de hábito determinado, fue el que tuvo el mayor porcentaje y número de frutos extragrandes.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo. 1991. Cultivos hidropónicos. No. 13 COLJAP. VER. Bogotá Colombia.
- Anderlini, R. 1976. El cultivo del Tomate. Edit. Mundi - Prensa, Madrid. 209 p.
- Aung, L. H. 1976. Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse tomatoes. J. Hort. Sci. 65: 323-331.
- Bar-Tsur, A.; J. Rudich and B. Bravdo. 1985. Photosynthesis, transpiration and stomatal resistance to gas exchange in tomato plants under high temperatures. J. Hortscience 60(3): 405-410.
- Beadle, C. L.; S. P. Long; S. K. Imbomba; D. Hall and R. Olembo. 1985. Photosynthesis in relation to plant production in terrestrial ecosystems. Tycooly International, Oxford. 568 p.
- Bieche, B. and M. Covis. 1992. Worldwide dynamics of tomato product consumption. Acta Horticulturae 301: 23-31.
- Bonnemain, J. L. 1965. Sur le transport diurne des produits d'assimilation lors de la floraison chez la tomate. C.R. Acad. Sci. Paris 206: 2054-2057.
- Bonnemain, J. L. 1966. Sur les modalités de la distribution des assimilates chez la tomate et sur ses mécanismes. C.R. Acad. Sci. Paris 262: 1106-1109.
- Brooks, W. M. 1973. Growing greenhouses tomatoes in Ohio. University of Ohio. Ohio.

- Bugbee, B. and J. W. White. 1984. Tomato growth as affected by root-zone temperature and the addition of giberelic acid and kinetin to nutrient solutions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109: 121-125.
- Calvert, A. 1966. Temperature requirement of young tomato plant, *Acta Hort.* 4: 12-17.
- Calvert, A. 1973. Environmental responses. *In*: Kingham, H. G. (ed.). *The U. K. Tomato manual*. Grower Books, London. pp. 23-34.
- Calvert, A. and G. Slack. 1975. Effects of carbon dioxide enrichment on growth, development and yield of glasshouse tomatoes. I. Response to controlled concentrations. *J. Hort. Sci.* 50: 61-71.
- Cancino, B. J. 1990. Efecto del despunte y densidad de población en dos variedades de jitomate en Hidroponía bajo invernadero. Tesis Profesional, UACH. Chapingo, México. 81 p.
- Casseres, E. 1984. Producción de hortalizas. Edit. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica. 387 p.
- Castilla, N. 1995. Manejo del cultivo intensivo con suelo. *In*: *El cultivo del tomate*. Nuez, F. (ed.). Mundi-Prensa, España. pp.189-225.
- Chamorro, J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. *In*: *El cultivo del tomate*. Nuez, F. (ed.). Mundi-Prensa, España. pp.43-91.
- Cockshull, K. E. and L. C. Ho. 1995. Regulation of tomato fruit size by plant density and truss thinning. *J. Hortic. Sci.* 70: 395-407.
- Cooper, A. J. and R. G. Hurd. 1968. The influence of cultural factors on arrested development of the first inflorescence of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 43: 243-248.

- Ferry, R. L. and J. Janick. 1970. Response of the tomato to population pressure. *J. Am Soc. Hortic.* 95: 614-624.
- Gardner, F.; R. Pearce and R. L. Mitchel. 1985. *Physiology of crop plants*. Iowa State University Press. Iowa, EUA. 327 p.
- Geisenberg, C. and K. Stewart. 1986. Field crop management. In Atherthon, J.G.; Rudich, J. Ed). *The tomato crop*. Chapman and Hall. London: 511-557.
- González I., A. 1991. El jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) aspectos relevantes para su cultivo en México. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, México.
- Harper, L. A.; Jr. Pallas; J. E. Bruce and Jr. Jones. 1979. Greenhouse microclimate for tomatoes in the southeast. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 659-663.
- Heuvelink, E. and R. P. Buiskool. 1995. Influence of sink - source interaction on dry matter production in tomato. *Ann. Bot.* 75: 381-389.
- Ho, L. C. 1977. Effects of CO₂ enrichment on the rates of photosynthesis and traslocation of tomato leaves. *Ann. App. Biol.* 87: 191-200.
- Ho, L. C. 1980. Control of import into tomato fruits. *Ver Dtsch. Bot. Ges.* 93: 315-325.
- Ho, L. C. 1992. Fruit growth and sink strength. *In: Fruit and Seed Production. Aspects of Development. Environmental Physyology and Ecology*. C. Marshall and J. Grace (eds.). Society for Experimental Biology Seminar Series 47. Cambridge. pp. 101-124.

- Ho, L. C. 1996. Tomato. *In*: Photoassimilate distribution in plants and crops. Zensk, E. and A. A. Schaffer (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York.
- Huerres, C. y N. Caraballo. 1988. Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. pp. 1-34.
- Hurd, R. G. 1968. Effects of CO₂ enrichment on the growth of young tomato plants in low light. *Ann. Bot.* 32: 531-542.
- Hurd, R. G.; A. P. Gay and A. C. Mountifield. 1979. The effect of partial flower removal on the relation between root, shoot and fruit growth in the indeterminate tomato. *Ann. Appl. Biol.* 93:77-89.
- Khan, A. A. and G. R. Sagar. 1967. Translocation in tomato: the distribution of the products of photosynthesis of the leaves of a tomato plant during the phase of fruit production. *Hort. Res.* 7:61-69.
- Khan, A. A. and G. R. Sagar. 1969. Changing patterns of the distribution of the products of photosynthesis in the tomato plant with respect to time and to age of a leaf. *Ann. Bot.* 33: 763-779.
- Kinet, J. M. 1977. Effect of light conditions on the development of the inflorescence in tomato. *Sci. Hort.* 6: 15-26.
- Kinet, J. M. 1987. Inflorescence development in tomato: control by light, growth regulators and apical dominance. *Plant Phys. (Life Science Advance)* 6: 121- 127.
- Kinet, J. M.; D. Hurdebise; A. Parmentier and R. Stainier. 1978. Promotion of inflorescence development by growth substance treatment to tomato plants growth in insufficient light conditions. *J. Am. Soc. Hortic.* 103: 724-729.

- Kinet, J. M.; V. Linotte; A. Jaacqmond and G. Bernier. 1986. Resumption of cellular activity induced by cytokinin and gibberellin in treatments in tomato flowers targeted for abortion in unfavourable light condition. *Physiol. Plant.* 64: 67-73.
- Lipari, V. and A. Paratore. 1986. Effects of auxin on competition between trusses of the tomato plant. *Acta Horticulturae* 191:171-177.
- Loomis, R. S. and W. A. Williams. 1969 Productivity and the morphology of crop stands: pattern with leaves. *In: Physiological aspects of crop yield* Eastin, J. D.; F. A. Haskins; C. Y. Sullivan and C. H. M. Van Bavel (eds.). American Society of Agronomy. Madison, Wis. USA. 27-47 pp.
- López, L. F. and J. L. Chan. 1977. The effect of spacing and pruning methods on the yield and quality of staket tomatoes. *Hort. Abst.* 46(7):392.
- Marcelis, L. F. M. 1994. A simulation model for dry matter partitioning in cucumber. *Ann. Bot.* 74: 43-52.
- Marcelis, L. F. M. and A. N. de Koning. 1995. Biomass partitioning in plants. *In: J.C. Bakker. G.P.A. Bot. H. Challa and N. J. van Braak (eds.). Greenhouse Climate Control - An Integrated Approach. Wageningen Pers. Netherlands.* pp. 84-92.
- Maroto B., J. V. 1992. *Horticultura Herbacea Especial*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. España. pp. 335-371.
- McAvoy, R.J.; H. W. Janes; B. L. Godfriaux; M. Secks; D. Duchai and W. K. Wittman. 1989. The effect of total available photosynthetic photon flux on single truss Tomato growth and production. *Journal of Horticultural Science* 64(3): 331-338.

- Messiaem, C. 1979. Las Hortalizas. Ed. Blume distribuidora. México. 157 p.
- Muñoz. R., M.; J. Altamirano; J. Carmona; J. Trujillo; G. López y A. Cruz. 1995. Desarrollo de ventajas competitivas en la agricultura (El caso del tomate rojo). UACH. Edo. de México. 120 p.
- Murillo, J. 1988. El Cultivo del Jitomate en México. Ed. UNAM. México. 80 p.
- Orozco M.,A.E. 1998. www.laneta.apc.org/emis/jornada/agosto98/jitomate.htm.
- Pearce, B. D.; R. I. Grange and K. Hardwick. 1993. The growth of young tomato fruit In: Effects of temperature and irradiance on fruit growth in controlled environments. Journal of Horticultural Science 68(1):1-11.
- Picken, A.J. F.; K. Stewart and P. Klapwijk. 1986. Germination and vegetative development. In: The Tomato Crop. Atherton, J. G.; Rudich, J. (eds). Chapman and Hall, London. pp. 11 -165.
- Ponce, J. 1995. Evaluación de diferentes densidades de plantación y niveles de despunte en jitomate en hidroponía. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, México. 96 p.
- Ponce, J. 1998. Efecto de modificaciones al ambiente y a las relaciones fuente-demanda sobre la floración de jitomate. Tesis de Maestría. UACH. Chapingo, México. 70 p.
- Ramos, E. and L. Rallo. 1992. Nueva Horticultura. Tecnología y economía de los sistemas hortícolas intensivos. Ed. Mundi - Prensa. Madrid, España. pp. 57- 74.
- Resh, M. 1992. Cultivos Hidropónicos. Ed. Mundi - Prensa. Madrid, España. 369 p.

- Rodríguez, R.; R. Tabares y S. Medina. 1989. Cultivo Moderno del Tomate. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 206 p.
- Rusell, C. R. and D. A. Morris. 1983. Patterns of assimilate distribution and source sink relationships in the young reproductive tomato plant (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Ann. Bot. 52:357-363.
- Sánchez, Del C., F.; P. Espinosa y E. Escalante. 1991. Producción superintensiva de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Hidroponia bajo invernadero. Avances de investigación. Revista Chapingo 78: 62-68.
- Sánchez, Del C., F. 1994. Relaciones entre fuente y demanda en jitomate manejado con despuntes y altas densidades de población. Tesis de Maestría. C. P. Montecillos, México.
- Sánchez, Del C., F. y T. Corona S. 1994. Evaluación del comportamiento de 4 variedades de jitomate bajo sistema hidropónico de producción a base de despuntes y altas densidades de población. Revista Chapingo, México.
- Santiago, J.; M. Mendoza y F. Borrego. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: Criterios fenológicos y fisiológicos. Agronomía Mesoamericana 9 (1): 59-65.
- Segura, B y V. Caballer. 1995. Aspectos económicos de la producción y comercialización del tomate. In: El cultivo del tomate. Nuez, F. (ed.). Mundi-Prensa, España. pp. 189-225.
- Shibles, R. M. and C. R. Weber. 1966. Interception on solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. Crop Sci. 6: 55-59.

- Shishido, Y. and Y. Horri. 1977. Studies on translocation and distribution of photosynthetic assimilates in tomato plants. II. Distribution pattern as affected by phyllotaxis. *Tohoku J. Agric. Res.* 28: 82-95.
- Sonnewald, U. and L. Willmitzer., 1992. Molecular approaches to sink-source interactions. *Plant Physiology* 99:1267-1270.
- Ucan, I. 1999. Efecto del manejo de relaciones fuente - demanda sobre el tamaño del fruto en jitomate. Tesis de Maestría. UACH. Chapingo, México. 92 p.
- Valadez L., A. 1994. Producción de Hortalizas. Ed. Limusa. México. pp. 197 - 212.
- Van de Vooren, J.; G. W. H. Welles; and G. Hayman. 1986. Glasshouse crop production. pp. 582-624. *In: The Tomato Crop.* Atherto G. and J. Rudich (eds.) Chapman and Hall. London.
- Waister, P. D.; M. R. Cormack and W. A. Shetts. 1977. Competition between fruiting and vegetative phases in the red raspberry. *J. Hort. Sci.* 52: 75-85.
- Walker, A. J. and L. C. Ho. 1977. Carbon translocation in the tomato: carbon import and fruit growth. *Annals of Botany* 41: 813-823
- Wereing, P. F. and J. Patrick. 1975. Source-sink relations and partition of assimilates. In J. P. Cooper Celd, photosynthesis and productivity in differents environments. Cambridge Univ. Press. pp. 481-499.
- Winzeler, M.; P. Monteil and J. Nosberger. 1989. Grain growth of tall and short spring wheat genotypes at different assimilates supplies. *Crop Sci.* 29: 1487- 1491.

- Winzeler, M.; P. Monteil and J. Nosberger. 1989. Grain growth of tall and short spring wheat genotypes at different assimilates supplies. *Crop Sci.* 29: 1487- 1491.
- Wolf, S. and J. Rudich., 1988. The growth rates of fruit on different parts of the tomato plants and the effect of water stress on dry weight accumulation. *Scientia Horticulturae* 34: 1-11.
- Zahara M. and H. Timm. 1973. Influence of plant density of growth, nutrient composition, yield and quality of mechanically harvested tomatoes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 98: 513-516.