



UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



DIRECCION ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

EFFECTO DEL MANEJO DE RELACIONES FUENTE-DEMANDA SOBRE EL TAMAÑO DEL FRUTO EN JITOMATE

TESIS

Que como Requisito Parcial
para obtener el Grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA



PRESENTA
ISAIAS UCAN CHAN

CHAPINGO, MEXICO
FEBRERO 1999



3.6.886981

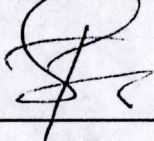
**EFFECTO DEL MANEJO DE RELACIONES FUENTE-DEMANDA SOBRE EL
TAMAÑO DEL FRUTO EN JITOMATE**

Tesis realizada por ISAIAS UCAN CHAN bajo la dirección del Comité
Asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

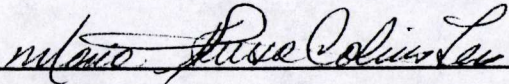
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

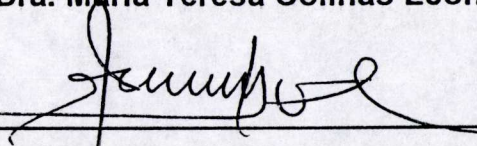
DIRECTOR _____


Dr. Felipe Sánchez Del Castillo

ASESOR _____


Dra. María Teresa Colinas León

ASESOR _____


M. C. Efraín Contreras Magaña

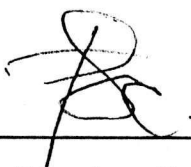
33906

Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, Estado de México, Febrero de 1999

**EFFECTO DEL MANEJO DE RELACIONES FUENTE-DEMANDA SOBRE EL
TAMAÑO DEL FRUTO EN JITOMATE**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de ISAIAS UCAN CHAN autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura estuvo constituido por:

PRESIDENTE _____



Dr. Felipe Sanchez Del Castillo

ASESOR _____



Dra. María Teresa Colinas León

ASESOR _____



M. C. Efraín Contreras Magaña

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente tesis Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia ISAIAS UCAN CHAN, es originario de Pomuch, municipio de Hecelchakán, Campeche. México; donde nació el 15 de junio de 1967. Realizó estudios de Educación Media Superior en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, con sede en Chapingo, Estado de México. Posteriormente ingresó al Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, donde realizó los estudios de Educación Superior cursando la carrera de Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia, de la que egresó en 1992. Titulado con la tesis: "Respuesta a la fertilización en el cultivo de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*, L.) en el sistema roza-tumba-quema en Cayal, Campeche". En el aspecto profesional ha trabajado como formulador y evaluador de proyectos productivos en la Coalición de Organizaciones Democráticas Urbanas y Campesinas (CODUC) por 2 años y como técnico de la Campaña contra la Broca del café en el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Hidalgo por 1 año. Ha diseñado y elaborado proyectos en general para la producción del sector agropecuario, así como, para hortalizas en hidroponia bajo invernadero.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico que me brindó para la realización de mi programa de Maestría.

Al Gobierno Constitucional del Estado de Campeche por el apoyo económico que me brindó. Una deuda que espero pagar con mejor enseñanza e investigación.

A la Universidad Autónoma Chapingo y especialmente al Departamento de Fitotecnia por haberme brindado sus frutos de sabiduría y por las facilidades que me otorgaron.

Al Dr. Felipe Sánchez Del Castillo por su constante amistad y sus valiosos consejos, siendo pieza fundamental en la elaboración y desarrollo del presente trabajo.

A la Dra. María Teresa Colinas León por su valiosa dirección y apoyo que me brindó en la investigación.

Al M. C. Efraín Contreras Magaña por su asesoramiento en la realización de este trabajo y por la amistad que nos une.

También deseo expresar mi agradecimiento al Dr. Agustín López Herrera por su gran apoyo e invaluable conocimientos que me dejó.

Al M. C. Tomás Corona Sáez por su asesoría en la parte estadística de la investigación y por la amistad que me brinda.

Al Sr. Antonio Junco Naranjo por la facilidad que me brindó para realizar el experimento en sus instalaciones, espero que el conocimiento generado sea también en su beneficio.

Así mismo, agradezco al M. C. Jaime Ponce Ocampo por su constante apoyo en el desarrollo de la investigación , pero sobre todo por la gran amistad que nos une.

A todos los maestros de la Universidad Autónoma Chapingo por sus platicas, observaciones y conocimientos que me hicieron posible llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

A todos los compañeros y amigos que directa o indirectamente participaron en mi formación y que me ayudaron para obtener los datos que se citan en este trabajo.

DEDICATORIA

Con mucho amor y fe: a Dios que me ha guiado por el buen camino y me ha dado salud y fuerza suficiente para poder seguir adelante.

Con mucho amor a mis padres: Marcos Antonio y María Alicia por el cariño que me han brindado, sacrificio, apoyo y comprensión.

A mis hermanos: Moisés, Quimbaya, Fabiola y Marcos por su apoyo y por las alegrías que me proporcionan.

A mis sobrinos: Eduardo, Romario, Omar y Diego y a mi sobrina Adriana quienes hacen la alegría de la familia.

A Elizabeth, por su cariño, apoyo y comprensión.

A mi hijo: Michel por que triunfe y sea el mejor en la vida.

A todos mis parientes y amigos

ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	6
III. HIPÓTESIS	7
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	8
4.1. Origen e importancia del jitomate	8
4.2. Clasificación taxonómica	10
4.3. Características morfológicas y anatómicas del jitomate	11
4.4. Producción de jitomate en hidroponia bajo invernadero	13
4.5. Relaciones entre la fuente y la demanda	19
4.5.1. Aspectos generales	19
4.5.2. Competencia entre diferentes demandas	21
4.5.3. Modificaciones de la fuerza de la fuente o la demanda	24
4.5.4. Factores que afectan las relaciones fuente-demanda	26
4.5.4.1. Desarrollo del fruto	26
4.5.4.2. Temperatura	28
4.5.4.3. CO ₂	29
4.5.4.4. Reguladores de crecimiento	29

	Pagina
4.5.4.5. Luz	30
4.5.4.6. Índice de área foliar	32
4.5.5. Flujo, removilización y acumulación de fotoasimilados	33
V. MATERIALES Y MÉTODOS	37
5.1. Ubicación del experimento	37
5.2. Material vegetal	37
5.3. Semillero	38
5.4. Trasplante	38
5.5. Descripción de los tratamientos y diseño experimental	39
5.6. Riego y solución nutritiva	42
5.7. Tutorio, podas y despunte	45
5.8. Control de plagas y enfermedades	45
5.9. Análisis del área foliar e índice de área foliar	46
5.10. Análisis del crecimiento del fruto	47
5.11. Rendimiento y sus componentes	48
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
6.1. Análisis del área foliar e índice de área foliar	50
6.2. Crecimiento del fruto en peso a lo largo del tiempo	55
6.3. Rendimiento y sus componentes	61
6.3.1. Rendimiento por unidad de superficie y sus componentes primarios.	61
6.3.2. Distribución proporcional de tamaños de fruto	63
6.3.3. Diámetro y peso de frutos proximales y medios	67

	Pagina
6.4. Rendimiento por racimo y sus componente primarios para los factores densidad, poda de frutos, ubicación del racimo y sus interacciones.	69
6.5. Rendimiento por planta y sus componentes primarios para los factores densidad, poda de frutos, hilera y sus interacciones.	74
6.6. Rendimiento por planta y sus componentes primarios para el nivel sin poda de frutos.	79
VII. CONCLUSIONES	83
VIII. BIBLIOGRAFÍA	85

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Descripción de tratamientos.	39
2	Composición de la solución nutritiva.	43
3	Cantidades de fertilizantes necesarios para preparar 1000 litros de una solución nutritiva básica completa para el riego del cultivo de jitomate.	43
4	Análisis de varianza del área foliar por planta y del índice de área foliar, para los factores densidad, días y su interacción.	50
5	Comparación del área foliar por planta e índice de área foliar en jitomate para diferentes densidades.	51
6	Comparación del área foliar por planta e índice de área foliar en jitomate para diferentes fechas.	53
7	Análisis de varianza para el peso medio del fruto, correspondiente a los factores días, poda de frutos y su interacción.	55
8	Comparación del peso medio de fruto en jitomate para días.	56
9	Comparación del peso medio de fruto en jitomate para niveles de poda.	57
10	Análisis de varianza para el rendimiento por unidad de superficie y sus componentes primarios, correspondiente a los factores densidad, poda de frutos y su interacción.	61
11	Comparación del rendimiento por unidad de superficie y sus componentes primarios en jitomate para el factor densidad.	62

Cuadro		Página
12	Comparación del rendimiento por unidad de superficie y sus componentes primarios en jitomate, para el factor poda de frutos.	63
13	Análisis de varianza para diferentes tamaños de fruto, correspondiente a los factores densidad, poda de frutos, y su interacción.	64
14	Comparación del porcentaje de tamaños de fruto en jitomate para las diferentes densidades evaluadas.	65
15	Comparación del porcentaje de tamaños de fruto en jitomate para los distintos niveles de poda de frutos.	65
16	Análisis de varianza para diámetro y peso de frutos proximales y medios correspondiente a los factores densidad, poda de frutos y su interacción.	68
17	Comparación del diámetro y peso de frutos proximales y medios en jitomate para densidades.	68
18	Comparación del diámetro y peso de frutos proximales y medios en jitomate para los distintos niveles de poda de frutos.	69
19	Análisis de varianza para rendimiento por racimo, peso y tamaño de fruto para los factores densidad, poda de frutos, ubicación del racimo y sus interacciones.	70
20	Comparación del rendimiento por racimo, peso y tamaño de fruto en jitomate para el factor densidad.	71
21	Comparación del rendimiento por racimo, peso y tamaño de fruto en jitomate para los distintos niveles de poda de frutos.	72

cuadro		Página
22	Comparación del rendimiento por racimo, peso y tamaño de fruto en jitomate para el factor racimo.	72
23	Análisis de varianza para rendimiento por planta, peso y tamaño de fruto correspondiente a los factores densidad, poda de frutos, ubicación de hileras y sus interacciones.	75
24	Comparación del rendimiento por planta, peso y tamaño de fruto en jitomate para el factor densidad.	76
25	Comparación del rendimiento por planta, peso y tamaño de fruto en jitomate para los distintos niveles de poda de frutos.	77
26	Comparación del rendimiento por planta, peso y tamaño de fruto en jitomate, para el factor ubicación de hileras.	78
27	Análisis de varianza para rendimiento por planta, peso y número de fruto correspondiente a los factores densidad, hilera y su interacción.	80
28	Comparación del rendimiento por planta, peso y número de fruto en jitomate para el factor densidad.	81
29	Comparación del rendimiento por planta, peso y número de frutos en jitomate para la ubicación de hileras.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Croquis del diseño experimental.	40
2	Arreglo de plantas correspondiente a la densidad de 6 plantas m ⁻² .	40
3	Arreglo de plantas correspondiente a la densidad de 8 plantas m ⁻² .	41
4	Arreglo de plantas correspondiente a la densidad de 9 plantas m ⁻² .	41
5	Arreglo de plantas correspondiente a la densidad de 12 plantas m ⁻² .	42
6	Clasificación de los frutos dentro de un racimo	46
7	Efectos de las densidades y fechas sobre la variable índice de área foliar.	54
8	Índice de área foliar en diferentes fechas correspondiente a las densidades estudiadas.	54
9	Comportamiento del peso fresco de fruto (g) en racimos tratada sin poda de frutos a través del tiempo en jitomate.	58
10	Comportamiento del peso fresco de fruto (g) en racimos dejado a tres frutos a través del tiempo en jitomate.	59
11	Comportamiento del peso fresco de fruto (g) en racimos dejado a cuatro frutos a través del tiempo en jitomate.	60
12	Efecto de las densidades y podas sobre la variable porciento de frutos grandes	66

Figura		Página
13	Efecto de las densidades y podas sobre la variable rendimiento por racimo.	74
14	Esquema de dos distribuciones de plantas con la misma densidad de población (10 pl m ⁻²).	82

RESUMEN

Isaias Ucan Chan

Efecto del manejo de relaciones fuente-demanda sobre el tamaño del fruto en
jitomate

(Febrero de 1999)

(Bajo la dirección de F. Sánchez Del Castillo)

Para evaluar el efecto de diferentes densidades y de diferente número de frutos por racimo sobre el tamaño de los frutos dejados y el rendimiento por unidad de superficie; se realizó un experimento bajo invernadero donde se manejaron plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) Cv. "Daniela" despuntadas a tres racimos por planta en un sustrato hidropónico (arena de tezontle rojo) irrigado mediante goteo con una solución nutritiva balanceada. Las densidades fueron de 6, 8, 9 y 12 pl m⁻² y los niveles de poda de frutos fueron sin poda, 3 y 4 frutos por racimo para hacer un total de 12 tratamientos. Se utilizó un diseño de parcelas divididas distribuidas en bloques al azar con cuatro repeticiones, asignando las parcelas grandes a densidades y las subparcelas a niveles de poda. Con menor densidad se tuvo mayor peso y tamaño de fruto; así como, mayor rendimiento por planta y por racimo. Sin embargo, el rendimiento por unidad de superficie fue significativamente mayor a 12 pl m⁻² (19.94 kg m⁻²). Las plantas de las orillas de las tinas rindieron 14.4 % más en comparación con las plantas de las hileras centrales. Las plantas ubicadas al este rindieron 121.63 g más en comparación con las plantas ubicadas al oeste. Se concluye que la mejor combinación desde el punto de vista de mayor redituabilidad económica fue la densidad de 12 pl m⁻² (con un índice de área foliar de 6.64) y con el nivel sin poda de frutos.

Palabras claves: jitomate, densidad, poda de frutos, fuente-demanda.

ABSTRACT

Isaias Ucan Chan

Effect of the management of source-sink relations on tomato fruit-size.

(february 1999)

(Under the direction of S. Del C. Felipe)

In order to evaluate the effect that different plant densities and different number of fruit per cluster have upon the size of the remaining fruits and the yield per surface unit, an experiment under glass house conditions was carried out using tomato plants (*Lycopersicon esculentum*, mill). Cv 'Daniela' trimmed to three clusters per plant in a soilless substrate (red volcanic sand) irrigated through a drip system with a balanced nutritive solution. The densities were of 6, 8, 9 and 12 pl m⁻² and the fruit pruning levels were: without pruning, leaving 3 and leaving 4 fruit per cluster, giving a total of 12 treatments. It was used a split-plot design distributed in randomized blocks with four replications, designating the plants to plant densities and the subplots to pruning levels. With the lowest density was obtained a higher fruit weight and size, as well as a higher yield per plant and per cluster. However, the yield per surface unit was statistically higher at 12 pl m⁻² (19.94 Kg m⁻²). The plants ubicated in the exterior rows (along the edges of the beds) produced 14.4 % more than the plants in the central rows. The plants in the exterior east row produced 121.63 g more than the plants in the exterior west row. It is concluded that the best combination according to the higher economic profit was with the 12 pl m⁻² density (with a foliar area index of 6.64) and with the level without pruning of fruits.

Key words: tomato, density, pruning of fruits, source-sink.

I. INTRODUCCIÓN

La creciente explosión demográfica que se ha manifestado en los últimos años en el mundo entero y particularmente en nuestro país, ha traído como consecuencia la necesidad de incrementar la producción de alimentos y otros artículos de consumo necesarios para lograr un nivel de vida adecuado; para obtener cada vez más productos alimenticios es necesario aumentar la superficie cultivada y a la vez incrementar los rendimientos por unidad de superficie. Sin embargo, la productividad agrícola actual en nuestro país se encuentra limitada en espacio y tiempo. En espacio porque debido principalmente a la accidentada topografía, a la escasez y aleatoriedad de las lluvias y a limitantes de suelo, sólo el 10 % de la superficie agrícola es cultivable desde una perspectiva de agricultura convencional y en tiempo, debido fundamentalmente a la presencia de heladas en gran parte del territorio nacional que empiezan muy temprano en el año y terminan muy tarde, ocasionando que las estaciones de crecimiento para los cultivos sean cortas y el riesgo de perder la cosecha por este fenómeno sea grande. Por lo mismo en estas áreas con heladas es muy difícil la obtención de más de un ciclo al año lo que limita la productividad anual. A ello hay que sumar los problemas meteorológicos ocasionales como los huracanes, las inundaciones, el granizo, las plagas y las enfermedades.

Ante tantos riesgos el agricultor rara vez se atreve a sembrar cultivos que de lograrse le producirían elevadas ganancias, pero cuyos costos de producción son muy altos. Como consecuencia de estos problemas y otros de índole económico-social (minifundio, marginación, etc.) el valor de la producción agrícola nacional medido en pesos por hectárea y por año es muy bajo. Dentro de ese contexto hay pocas opciones tecnológicas para incrementar la productividad y el bienestar de la gente del campo.

Una de las pocas alternativas para México es la que genéricamente se conoce como agricultura protegida que involucra, entre otras, el uso de invernaderos y los sistemas hidropónicos. Efectivamente, el uso simultáneo de los invernaderos y la técnica hidropónica conlleva a la obtención de muy altos rendimientos y calidad por unidad de superficie debido a que se logra un adecuado grado de control y manejo sobre los factores que limitan la productividad: luz, temperatura, viento, CO₂, humedad relativa, plagas, enfermedades y maleza.

Sánchez (1997), menciona que por la fuerte inversión que implica la instalación y operación de estos sistemas, la rentabilidad económica se restringe a cultivos de alto valor en el mercado, y a un manejo eficiente del espacio y del tiempo para alcanzar la máxima productividad, entendida ésta como el rendimiento por unidad de superficie y por unidad de tiempo ($\text{kg m}^{-2} \text{año}^{-1}$). Por su alto valor económico y su gran productividad, el jitomate ha sido la hortaliza más cultivada en estos sistemas en el mundo.

En campo y a cielo abierto, el jitomate es la hortaliza que más es cultivada y se consume en el mundo, después de la papa. Según Muñoz *et al.* (1995), en 1992 la superficie cultivada de jitomate a nivel mundial fue de casi tres millones de hectáreas, siendo India, China y la ex-Unión Soviética los principales productores.

El jitomate es la principal hortaliza que se cultiva en México ya que es la que más superficie de cultivo ocupa, la más importante por su volumen en el mercado nacional y la que más divisas genera por su exportación. Se cultiva principalmente en los estados de Sinaloa, Morelos, San Luis Potosí, Baja California y Michoacán. A esta hortaliza de fruto se le encuentra en el mercado durante todo el año, y se consume tanto fresca como procesada (puré), siendo una fuente rica de vitaminas (Valadez, 1990). Además de que es una actividad muy importante en la generación de empleos directos e indirectos.

En 1993 se sembraron 83,300 hectáreas y la producción alcanzó la cifra de 2,070,600 toneladas (SARH, 1993). México es, después de Holanda, el país que más exporta jitomate, siendo los principales destinos Estados Unidos y Canadá. En 1993 el volumen de jitomate exportado fue de 487,539 toneladas correspondiendo 95 % a los Estados Unidos (Muñoz *et al.*, 1995). El valor de las exportaciones de jitomate en 1995 alcanzó la cifra de 586 millones de dólares, que corresponde al 15 % del valor total de las exportaciones agropecuarias del país en el mismo año (SAGAR, 1995).

En 1986 se creó 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 un paquete tecnológico diferente al convencional, con el que fuera factible la producción de, al menos, cuatro ciclos de cultivo al año en forma redituable y cuya operación técnica fuera lo suficientemente sencilla de seguir como para ser asimilable y llevarse a la práctica por productores del país. La idea central fue que de una superficie pequeña (desde unos 500 m²) con este sistema, un productor con poca tierra podría generar un ingreso lo suficientemente elevado para cubrir las necesidades básicas de su familia. Manejado en un esquema empresarial, la aplicación de este sistema en una escala mayor, permitiría la ocupación de mano de obra y la posibilidad de generar divisas para el país mediante la exportación (Sánchez *et al.*, 1991).

Cancino *et al.* (1990); Sánchez y Corona (1994); Sánchez (1994); Ponce (1995); Sánchez (1997); Ponce (1998), entre otros, han realizado investigaciones encaminadas a definir una nueva tecnología de producción de jitomate en hidroponía, que consiste en despuntar (eliminar la yema apical) las plantas para dejar de una a tres inflorescencias (racimos florales) por planta; eliminando también todos los brotes laterales que emite la planta antes, durante y después del despunte, con el propósito de establecer muy altas densidades de población (hasta 25 plantas m⁻² de superficie, en vez de las 4 o 5 plantas m⁻² que se utilizan

en los sistemas convencionales). Aunque este sistema de producción de jitomate se ha mostrado experimental y comercialmente superior a los convencionales en cuanto a rendimiento anual, calidad de fruto y rentabilidad económica, se considera que es factible de mejorarse mediante el estudio de los factores involucrados en el logro de un mayor peso y tamaño de fruto.

Estos paquetes ya han sido evaluados por años en la práctica comercial, resultando con éxito técnico y económico en varias empresas; como ejemplos se pueden citar: "Complejo Agrícola de Morelos 2001" con 6.5 hectáreas en Ocuítuco, Morelos; "Sol y Plantas" localizado en Tetecalita, Mor., con 0.5 hectárea; "Industrial Agropecuaria Junco", en Texcoco, Edo. de Méx., con 1.0 hectárea. "Rancho Cartujano", ubicada en Cadereyta, Querétaro, con 1.0 ha. e "Hidroponia Tepetlaoxtoc" en Tepetlaoxtoc, Edo. de Méx. con 0.7 hectáreas.

Dichas empresas, pensando en el mercado de exportación y en mercados nacionales selectos en la actualidad están produciendo jitomate con el cultivar 'Daniela'. El cual es originario de Israel y se caracteriza por su larga vida de anaquel (más de un mes después del corte), por su gran consistencia y buen sabor (hay muy pocos cultivares que conjuguen estas características) lo que favorece su exportación a varias partes del mundo (E.U. y Canadá, principalmente); también, se puede mencionar que es altamente rendidora ($20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ por ciclo).

La única desventaja de este cultivar en un mercado como el estadounidense, que prefiere y paga mejor los frutos grandes es que una alta proporción de los frutos es de tamaño mediano (100-130 g por fruto) lo que baja su precio de venta. Por ejemplo de acuerdo con datos proporcionados por el Complejo Agrícola de Morelos 2001 S. A. de C. V. para el año de 1997 en los Estados Unidos y Canadá una caja con 35 frutos de 200 g (7 kg) se pueden cotizar de 20 a 30 dólares en tanto, una de 100 frutos de 100 g (10 kg) alcanzan un precio de 10 o 15 dólares; es decir con más peso y mayor número de frutos se paga a un precio mucho menor. Algo similar ocurre en el mercado nacional.

Considerando lo anterior resulta interesante el estudio y manejo de aquellos factores que puedan influir en el logro de una mayor proporción de frutos grandes utilizando este cultivar, aún cuando ello pudiera implicar una disminución en el rendimiento por unidad de superficie (menos kilos pero a mejor precio de venta).

Según varios autores (Fisher, 1977; Slack y Calvert, 1977; Walquer y Ho, 1977; Lipari y Paratore, 1986; Wolf y Rudich, 1988; Sánchez, 1994; Ponce, 1995;), al podar flores o frutos pequeños hay una compensación parcial sobre el rendimiento por unidad de superficie porque los frutos dejados alcanzan un mayor peso y tamaño. Se sabe que el tamaño que alcanzan los frutos es influido por la cantidad de fotoasimilados disponibles por planta. Al quitar flores o pequeños frutos (manipulación de la demanda) los fotoasimilados se reparten entre menos frutos proporcionando un mayor tamaño.

Otra forma de aumentar la cantidad de fotoasimilados por planta es propiciando una mayor intercepción de luz por planta mediante la reducción de la densidad de población o índice de área foliar (manejo de la fuente). Se sabe que dentro de cierto límite al aumentar la densidad de población (o el IAF) el rendimiento por unidad de superficie aumenta debido a un mayor número de frutos por unidad de superficie; sin embargo, este incremento no es lineal, ya que por efecto de un sombramiento cada vez mayor, el rendimiento por planta va disminuyendo como consecuencia de un menor número de frutos por planta y un menor peso y tamaño de éstos. Por ello se considera importante definir la combinación de densidad de población y número de frutos dejados por racimo que optimice el valor de la producción en pesos ganados por unidad de superficie para plantas conducidas a tres racimos. La idea es que desde el punto de vista económico un menor rendimiento por unidad de superficie pueda ser compensado con el mejor precio por caja de los frutos grandes, que se darían en un mayor número.

II. OBJETIVOS

Evaluar el efecto de diferentes modificaciones de las relaciones entre la fuente y la demanda en jitomate sobre el tamaño de fruto en el cultivar 'Daniela'.

Particularmente se pretende:

1. Determinar la respuesta del cultivar 'Daniela' a diferentes índices de área foliar en relación al tamaño de fruto y al rendimiento por unidad de superficie.
2. Evaluar el efecto de dejar un diferente número de frutos por racimo sobre el tamaño de los frutos dejados y el rendimiento por unidad de superficie.
3. Evaluar el efecto de interacción entre índice de área foliar y número de frutos dejados por racimo sobre el tamaño de los frutos y el rendimiento por unidad de superficie.
4. Definir la mejor combinación de índice de área foliar y número de frutos en relación al tamaño de fruto.

III. HIPÓTESIS

1. Se puede influir sobre el tamaño de fruto en jitomate (cultivar 'Daniela') mediante modificaciones en las relaciones fuente-demanda.
2. El índice de área foliar influye sobre el tamaño de fruto y el rendimiento por unidad de superficie.
3. La eliminación de un porcentaje de frutos en un racimo provoca un mayor diámetro y peso de los frutos que permanecen en dicho racimo al momento de la cosecha.
4. Existe un efecto de interacción entre índice de área foliar y el número de frutos dejados por racimo sobre el tamaño de los frutos y el rendimiento por unidad de superficie.
5. El aumento en el índice de área foliar (densidad de población) o la poda parcial de frutos en cada racimo influyen diferencialmente sobre el tamaño de frutos y el rendimiento por unidad de superficie de cada una de las hileras de planta que conforman una cama de cultivo con orientación norte-sur.
6. El aumento en el índice de área foliar (densidad de población) o la poda parcial de frutos en cada racimo afecta de manera diferente el tamaño de fruto y el peso medio de cada uno de los tres racimos dejados por planta.
7. En los racimos en que no se podan frutos, los frutos proximales son más grandes que los frutos medios y los frutos distales, y los frutos medios son más grandes que los distales.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen e importancia del jitomate

Alcázar (1981) y Heiser (1969), citado por Pérez *et al.* (1997) y Valadez (1990), mencionan que en la región andina del Perú, Ecuador, Bolivia y en la islas Galápagos se encuentran numerosos parientes silvestres y cultivados del jitomate. Estos parientes comestibles del jitomate, ocupan diversas condiciones ambientales basadas en latitud y altitud y, representan un amplio grupo de genes para el mejoramiento de la especie. También mencionan que el cultivo y domesticación del jitomate, probablemente ocurrió fuera de su centro de origen, y fue realizado por los primeros pobladores de México. El jitomate cultivado ahora es común en Perú; sin embargo, éste es usado principalmente como alimento por la población no indígena. Donde es cultivado por los nativos parece ser de reciente adición a su dieta. Pasa lo contrario en México donde es ampliamente usado por los indios, y en donde la gran diversidad de cultivares es evidente.

El primer escrito documental del jitomate proviene del viejo mundo aparece en 1554 realizado por el botánico italiano Pier Andrea Mattioli; los primeros cultivares introducidos a Europa probablemente eran originarios de México y no de Sudamérica. Esas primeras introducciones eran probablemente amarillas y no rojas, desde entonces la planta fue conocida primeramente en Italia como "Manzana de Oro" o "Manzana Golden". También fue conocida como "Manzana del Amor" en Francia. Este nombre fue poco atractivo, por lo que la aceptación del jitomate fue lenta excepto como curiosidad ornamental. Aparentemente el jitomate tiene similitud con algunas familias venenosas de sombra como la "Mandragora" y la "Belladona", por lo que tuvo un efecto negativo para ser aceptado como alimento. Por otro lado, la primera mención en Norteamérica fue hecha en 1710. Aparentemente fue traída del viejo mundo por los primeros colonizadores, pero no fue ampliamente aceptada por la persistencia de la creencia de que los frutos eran venenosos. Fue hasta 1830 que el jitomate empezó a adquirir la popularidad que lo

han hecho un alimento muy consumido hasta nuestros días (Tigchelaar, 1986 citado por Pérez, 1997).

El jitomate ocupa un lugar preponderante con relación al desarrollo económico y social de la agricultura a nivel mundial. En México dicho cultivo considerado como la segunda especie hortícola más importante por la superficie sembrada que ocupa, y como la primera por su valor de producción. A esta hortaliza de fruto se le encuentra en el mercado durante todo el año, y se consume tanto fresca como procesada (puré), siendo una fuente rica de vitaminas (Valadez, 1990). Además de que es una actividad muy importante en la generación de empleos directos e indirectos, reportándose que requiere de 140 jornales por hectárea.

En 1993 se sembraron 83,300 hectáreas y la producción alcanzó la cifra de 2,070,600 toneladas (SARH, 1993). México es, después de Holanda, el país que más exporta jitomate, siendo los principales destinos Estados Unidos y Canadá. En 1993 el volumen de jitomate exportado fue de 487,539 toneladas correspondiendo 95 % a los Estados Unidos (Muñoz *et al.*, 1995). El valor de las exportaciones de jitomate en 1995 alcanzó la cifra de 586 millones de dólares, que corresponde al 15 % del valor total de las exportaciones agropecuarias del país en el mismo año (SAGAR, 1995).

Pérez *et al.* (1997), reporta que el jitomate es relativamente rico en vitaminas. Contiene de 20 a 45 mg de vitamina C; 0.6 mg de vitamina A; 0.08 mg de vitamina B, etc. En los frutos se encuentran también de 0.03 a 0.5 % de ácido cítrico. ácido málico y alrededor de 0.15 % de pectina. Por otra parte el color rojo de los frutos se debe al pigmento licopeno que es una variante del caroteno. Los frutos amarillos contienen carotenos y xantofilas. La calidad depende de las características hereditarias de las distintas variedades; del balance de humedad; del aire y del suelo; del balance de luz; del abono, etc.

La producción de jitomate en Hidroponia bajo invernadero cada vez se extiende más en nuestro país, esto por los elevados precios que se pagan por los jitomates cultivados bajo este sistema. Siendo preferidas por mercados extranjeros ó mercados selectos a nivel nacional. Así la revista productores de hortalizas De Santiago, (1997) cita trece empresas de producción de jitomate bajo invernadero, entre las que destacan por su superficie, Bátiz, Agrícola Saracho y el Complejo Agrícola de Morelos 2001; en esta última se utilizan los paquetes tecnológicos de producción en Hidroponia generados en la Universidad Autónoma Chapingo, incluyendo el de despuntes y altas densidades.

4.2. Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica del jitomate según (Valadez, 1990) es la siguiente:

Familia: Solanaceae

Género: *Lycopersicon**

Nombre común: Jitomate o tomate

Var. commune: Tomate común

Var. grandifolium: Tomate hoja de papa

Var. validium: Tomate arbusto o erecto

Var. cerasiforme: Tomate cherry

Var. pyriforme: Tomate pera

Subgénero Eulycopersicon** 1) *L. esculentum*

2) *L. pimpinellifolium*

Subgénero Eriopersicon*** 1) *L. peruvianum*

2) *L. chilense*

3) *L. glandulosum*

4) *L. hirsutum*

* Se dividen en dos subgéneros

** Frutos rojos y amarillos

*** Frutos verdes

4.3. Características Morfológicas y Anatómicas del Jitomate

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

Valadez (1990), Tamaro (1988) y Serrano (1996), mencionan que el jitomate es un cultivo anual y puede ser semiperenne en regiones tropicales. Resaltando que las características de la raíz es que es fusiforme o sea tiene un sistema de raíces fibroso y robusto, pudiendo llegar hasta 1.8 m de profundidad.

Según Garza (1985) y Valadez (1990), la planta de jitomate tiene tallo grueso, sarmentoso, y son cilíndricos en plantas jóvenes y angulosos en plantas maduras; alcanzan alturas de 0.40 a 6.0 m, presentando un crecimiento simpódico. La ramificación del tallo principal da lugar a dos grupos: Determinado e Indeterminado; el primero termina sus ramificaciones en inflorescencia limitándose en consecuencia al crecimiento vertical; en el segundo también se forman racimos en la hoja última; sin embargo, se forma una nueva rama y en consecuencia el crecimiento vertical no se limita desde un punto de vista de la morfología de la planta.

Serrano (1996), reporta que el tallo del jitomate en buena parte de su base tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con la tierra o la arena, característica muy importante que se aprovecha en las operaciones culturales de repicado, rehundido y aporcado. Los tallos que brotan en la parte inferior del cuello del tallo principal suelen ser "chupones" que florecen poco.

Las hojas son de limbos compuestos por siete a nueve folíolos con bordes dentados; el haz es de color verde y el envés de color grisáceo; la disposición de nervaduras en los folíolos es penninervia. Kahn y Sagar (1967), y Russell y Morris (1983), reportan que en la producción de jitomate en invernadero, una nueva hoja es iniciada cada dos días aproximadamente. Cada hoja según su posición en la planta abastece preferiblemente ciertos órganos. Pero las hojas pueden exportar al mismo tiempo en ambas direcciones y se ha encontrado una tendencia en el floema interno de transportar sacarosa en dirección ascendente en el tallo y del floema externo en sentido contrario.

El racimo floral o inflorescencia esta 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. La primera inflorescencia se forma a partir del sexto o séptimo nudo y de ahí en adelante se va formando una cada una o dos hojas en plantas de hábito determinado, y en las de hábito indeterminado cada tres ó cuatro hojas (Valadez, 1990). Por otro lado Garza (1985), Maroto (1986); Iñiguez (1991) mencionan que las inflorescencias de la planta de jitomate aparecen unidas al eje principal ó a las ramificaciones secundarias. Cada flor se compone de 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 anteras, más alargadas, envuelven al estigma y al estilo. También reporta que la polinización es autógama en aproximadamente un 95-99 %; la polinización cruzada varía del 0.5 al 5.0 % 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 1 ó 2 días después de que ocurra la antesis, favoreciéndose la polinización durante la caída directa de los granos de polen sobre el pistilo.

Según estos mismos autores, las inflorescencias son en racimo; por cada inflorescencia salen de 6 a 15 flores, según variedades. La fecundación de las flores es autógama. En una misma inflorescencia, desde que cuaja la primera flor hasta que lo hace la última, transcurren de 6 a 7 días.

El fruto del tomate es una baya compuesta por varios lóculos, pudiendo constar desde dos (bilocular) hasta tres o más lóculos (multilocular); los cultivares comerciales pertenecen al tipo multilocular. El color más común del fruto es el rojo, pero existen amarillos, naranjas y verdes, según se dé la manifestación de licopeno y caroteno, siendo su diámetro comercial aproximado de 10 cm (Maroto 1986, Iñiguez 1991).

Serrano (1996), considera que el fruto de tomate está maduro fisiológicamente cuando por el ápice comienza a tomar brillo metálico y color alimonado. El fruto que se corta en estado de madurez fisiológica tarda en ponerse rojo ó en situación de madurez comercial de 4 a 7 días, según temperaturas ambientales. Cuando se emplean fitohormonas para el cuajado de fruto, este espacio de tiempo se acortan bastante. También se hace menor cuando se utilizan hormonas para el adelantamiento de la madurez. Desde la fecundación de la flor hasta que madura el fruto tarda de 57 a 72 días en producción de otoño-invierno, 60-70 días en invierno-primavera y 37-40 días en primavera-verano. Los frutos con semillas tardan más días en desarrollar que los frutos partenocárpicos cuajados con hormonas.

4.4. Producción de jitomate en hidroponia bajo invernadero

Varios autores (Sánchez-Román, 1981; Adamson y Mass, 1981; Romero y Díaz, 1982; Sánchez *et al*., 1991 y Sánchez 1997) presentan esquemas para producción continua de jitomate y otras hortalizas en hidroponia, tanto a cielo

abierto (para climas tropicales secos) como bajo invernadero. En ellos se involucran técnicas como el transplantar las plántulas a mayor edad, las imbricaciones de ciclos, el tutorio y las podas.

Ponce (1995) y Sánchez (1997) mencionan que con esta nueva tecnología además de acortar los ciclos y obtener mas ciclos por año; también, se da una concentración de la producción en fechas de mayor demanda lo que, repercute directamente en mejores precios para el productor, así como la de disminuir el ciclo de cultivo (70 a 90 días de trasplante a cosecha) comparado con los sistemas convencionales (150 a 210 días), lo que da la posibilidad de escapar a enfermedades virosas, fungosas o bacterianas disminuyendo los daños económicos producidos por ellas y da la oportunidad de eliminar el tutorio, lo que disminuye considerablemente los costos de instalación y operación; así como la de escapar a heladas, bajas temperaturas u otros fenómenos meteorológicos cuando se cultiva bajo invernaderos sin calefacción o a cielo abierto.

Las ventajas del paquete tecnológico de producción continua de jitomate en hidroponia bajo invernadero basado en despuntes para dejar uno, dos ó tres racimos por planta y altas densidades de población ya se han mencionado anteriormente; sin embargo, se considera necesaria una descripción breve de la hidroponia y los invernaderos ya que ambos elementos forman parte del mencionado paquete.

Se puede definir a la hidroponia como un sistema de producción de plantas que se caracteriza por que las raíces en vez de suelo se desarrollan en un sustrato generalmente inerte desde un punto de vista químico y estéril desde un punto de vista biológico y regadas en vez de agua sola, con una solución acuosa que contiene todo los nutrimentos esenciales en las concentraciones adecuadas. Puede no mediar ningún sustrato en cuyo caso las raíces estarán directamente en contacto con la solución de elementos nutritivos (Sánchez y Escalante, 1989).

Según los mismos autores la hidroponia como un sistema de producción de flores y hortalizas es ya una realidad a nivel mundial. Existen empresas en países como Holanda, Inglaterra, Alemania, Estados Unidos, Canadá, Japón, Israel, Italia, España, Australia, Nueva Zelandia, Sudáfrica, Bahamas, Belice, Puerto Rico e inclusive México que tienen elevadas utilidades económicas por los altos rendimientos por unidad de superficie (100 a 1000 % más que el cultivo convencional), así como a la mejor calidad de los productos obtenidos (lo que significa mejor mercado y precio de venta). Año con año aparecen numerosas publicaciones sobre este tópico en revistas especializadas. Tan solo el Horticultural Abstracts reporta más de 200 resúmenes de artículos cada año.

Es importante realizar una descripción breve de los factores más importantes a tomar en cuenta en dicho sistema de producción; con el objetivo de obtener alta calidad y rendimientos máximos. De tal manera (Sánchez y Ponce 1998) mencionan que los factores más importantes a tomar en cuenta en un sistema de producción hidropónico de jitomate bajo invernadero son los siguientes:

1. Agua. Debe ser suministrada sin limitación a la raíz, manteniendo al menos el 75 % de capacidad de retención del sustrato, pero asegurándole, al mismo tiempo, un abastecimiento suficiente de oxígeno. De acuerdo a las condiciones de temperatura, luz, humedad relativa, viento y edad de la planta, el consumo medio de agua (o, mejor dicho, solución nutritiva) será de 4 a 8 L m⁻² día⁻¹

2. Aire. El sustrato con drenaje libre, en su máxima capacidad de retención, debe tener al menos un 20 % de su volumen como espacio ocupado por aire, a fin de proporcionar el oxígeno suficiente para la respiración óptima de la raíz, propiciando así las condiciones para una adecuada absorción y asimilación de agua y nutrientes.

3. Nutrientes. Todos los nutrientes deben estar disponibles sin restricciones ni excesos, a partir de una solución nutritiva balanceada con el pH y la conductividad eléctrica adecuados para una óptima asimilación (pH de 6 a 6.5 y CE de 1.5 a 2.5 mmhos/cm). Todos los riegos se hacen con la solución nutritiva, la cual se prepara a partir de fertilizantes comerciales y la concentración de los diferentes nutrientes esenciales puede variar según las condiciones climatológicas, la especie a cultivar y la edad de la planta.

4. Temperatura. Para un óptimo funcionamiento en cuanto a absorción de agua y nutrientes la raíz debe tener temperaturas similares a las de la parte aérea, por ello debe controlarse la temperatura del sustrato y la de la solución nutritiva con la que se irrigan las plantas.

5. Factores bióticos. En la búsqueda de rendimientos máximos hay que considerar y manejar un conjunto de factores bióticos. En primer lugar hay que partir de variedades (genotipos) que expresen al máximo su potencial genético de rendimiento en medios ambientes muy favorables. En segundo lugar hay que lograr un control efectivo de plagas enfermedades y maleza. Por último, se debe contemplar el mejor manejo de las plantas en población a través de aspectos como la edad del trasplante, la distribución y densidad de plantas, el tipo e intensidad de poda y las formas de tutoreo; todo ello con la finalidad de lograr el establecimiento y mantenimiento de un índice de área foliar óptimo (alrededor de 5) para una máxima intercepción de luz (90 a 95 % de la luz incidente sobre el conjunto de plantas) durante la mayor parte del ciclo de cultivo y con una distribución lo más uniforme posible de la intensidad de esa luz incidente en todas las hojas que conforman el dosel de plantas, pues es así como se logra la máxima tasa de acumulación de materia seca por unidad de superficie por día.

Proporcionando las condiciones climáticas, edáficas y bióticas mencionadas mediante un sistema hidropónico bajo invernadero, además de

productos de gran calidad, se pueden lograr sobresalientes expresiones en el rendimiento (por ejemplo 500 a 1000 ton ha⁻¹ año⁻¹ para jitomate).

Por otro lado, Sánchez y Escalante (1989); Serrano (1979) entre otros mencionan que para el caso de los invernaderos es posible controlar de manera económica varios de los factores que actúan como limitantes para la producción y son los siguientes:

1. Heladas y bajas temperaturas. Durante el día la radiación solar capturada por el invernadero permite su calentamiento, de tal manera que manejando la ventilación natural (apertura o cierre de ventanas) es posible lograr temperaturas de 5 a 15 °C mayores a la exterior; sin embargo, durante la noche, la cubierta del invernadero con las ventanas cerradas sólo permite una temperatura 1 a 3 °C superior a la exterior. Por ello en climas donde se presentan heladas o temperaturas por debajo de un mínimo crítico, es necesario aportar calor artificial recurriendo a aparatos como los calentadores a base de gas propano o butano. La rentabilidad de estos equipos estará dada por la frecuencia duración e intensidad de las bajas temperaturas en la zona y el valor económico del cultivo.

2. Vientos intensos. Aparte del efecto erosivo, los vientos intensos pueden afectar significativamente los rendimientos de los cultivos al ocasionar acames, desecación de las plantas o daños mecánicos (heridas) que propician la introducción de inóculos causantes de enfermedades. El invernadero se puede diseñar como una herramienta para controlar la velocidad del viento en el interior; las mallas anti-áfidos que se colocan en las ventanas actúan como rompe-vientos disminuyendo en gran medida la velocidad con que el aire penetra, y también ayudan a disminuir notablemente la presión que el viento ejerce sobre la estructura del invernadero al dejarlo entrar y salir. En caso de vientos muy intensos, las cortinas de ventilación se pueden cerrar completamente, en cuyo caso habrá que considerar mucha resistencia en la

estructura del invernadero ó mecanismos para desviar los embates del aire como pueden ser superficies cóncavas ó convexas.

3. Luz Excesiva. Si bien la luz es un factor esencial para la fotosíntesis y ésta para el rendimiento, la insolación excesiva (intensa) puede ocasionar daños a los productos hortícolas y a las flores como por ejemplo: el "golpe de sol" en frutos de jitomate, así como también desordenes fisiológicos como la foto-inhibición (disminución de la fotosíntesis) y la foto-oxidación (daños a las membranas celulares y destrucción de la clorofila) que conducen a la disminución de la producción. Mediante la cubierta del invernadero y con la ayuda de mallas es posible lograr una mejor distribución de la luz en las diferentes hojas de las plantas que conforman el dosel (luz difusa) y a intensidades de menos fuertes, conduciendo así a una optimización de la fotosíntesis y de producción de materia seca por unidad de área y por unidad de tiempo.

4. Control de plagas y enfermedades. La cubierta del invernadero, incluyendo la malla anti-áfidos actúa como una barrera física contra un gran número de especies de insectos que, a cielo abierto, constituyen plagas de importancia económica ya que merman considerablemente el rendimiento potencial de los cultivos; este control permite una notable disminución en el número de aplicaciones de plaguicidas necesarios para la obtención de la cosecha, lo que constituye una ventaja ecológica y económica. La cubierta del invernadero también actúa como un escudo que evita daños a los cultivos ocasionados por fenómenos como el granizo, la precipitación excesiva y el anegamiento del suelo consecuencia de la misma; así, indirectamente se logra un control de muchas enfermedades que se presentan como consecuencia de esas lluvias que producen heridas en las plantas o que mantienen el follaje mojado o salpicado por lodo el tiempo suficiente para permitir la brotación de esporas de hongos patógenos. El control de insectos vectores, la disminución de daños mecánicos ocasionados por la lluvia o los vientos

fuertes, y el mantenimiento del follaje limpio y seco, favorecen el control de muchas enfermedades, por lo que también se reduce notablemente el número de aplicaciones de productos químicos.

En resumen, la obtención de muy altos rendimientos y calidad implica no sólo el control de las condiciones climatológicas sino también el de los factores del medio donde crece la raíz (agua, aire, nutrientes, pH, conductividad eléctrica, temperatura, plagas y enfermedades). Bajo condiciones de invernadero este control se logra más fácilmente, de manera más precisa y a un menor costo económico utilizando un sistema hidropónico con base en sustratos químicamente inertes.

4.5. Relaciones entre la fuente y la demanda

4.5.1. Aspectos generales

Sonnewald y Willmitzer (1992), mencionan que los órganos fuente son exportadores netos de fotoasimilados como por ejemplo: 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:

- a).- La tasa de fotosíntesis
- b).- La tasa de síntesis de sacarosa
- c).- La tasa de traslocación de carbono
- d).- La partición de fotoasimilados entre anabolismo y catabolismo

Los órganos de demanda son aquellos importadores netos de carbono fijado (yemas terminales o apicales en crecimiento, meristemos en raíces, hojas que inician su crecimiento, flores y frutos en proceso de crecimiento, semillas, etc.); estos órganos son incapaces de fotosintetizar o su producción de fotosintatos es insuficiente para cubrir sus necesidades. Los órganos de

demanda se pueden subdividir en demandas de utilización (tejidos de crecimiento rápido con metabolismo alto y activo como meristemos, hojas inmaduras y frutos que inician su crecimiento) y demandas de almacenamiento (donde los carbohidratos se almacenan como almidones, ácidos grasos o proteínas como en tubérculos, raíces o semillas). Por otro lado, la fuerza demandante depende de: el tamaño de la demanda y la actividad de la demanda (Sonnewald y Willmitzer, 1992).

Walker y Ho (1977), mencionan que la fuerza de la demanda se puede equiparar con la tasa de importación de asimilados y se define como el producto de la actividad de la demanda por el tamaño de la demanda. A su vez la actividad de la demanda es definida como la tasa de acumulación de peso seco por unidad de peso del tejido demandante. Así también, Sonnewald y Willmitzer (1992), reportan que los órganos que constituyen la fuente están relacionados con los demandantes por un sistema de transporte de fotoasimilados denominado floema. La sacarosa es el principal fotoasimilado que circula por este transporte y lo hace a través de gradientes de concentración, desde las regiones de alta concentración de sacarosa (fuente) hasta las de menor concentración (demanda). En general entre mayor es el gradiente de concentración mayor es el flujo de asimilados (cantidad traslocada por unidad de tiempo). El gradiente se puede producir por un aumento de la concentración en el órgano fuente, por una disminución de la concentración en el órgano demandante, o por una combinación de ambos.

Si ocurren incrementos del rendimiento a corto plazo (mucha fuerza demandante) en algunos racimos de plantas de jitomate manejadas a varios racimos por planta, pueden ocurrir inhibiciones en el crecimiento de frutos que crecen posteriormente por falta de asimilados disponibles disminuyendo el rendimiento en el largo plazo (Fisher, 1977; Slack y Calvert, 1977). Un aumento en el número de flores iniciadas puede incrementar el potencial de competencia entre futuros frutos de varios racimos creciendo simultáneamente

y en consecuencia disminuir su tamaño (Veliath y Fergusson, 1978 citados por Atherton y Harris, 1986).

Hurd y Cooper (1970) mencionan que se pueden lograr incrementos en el rendimiento por unidad de superficie a corto plazo asociados con un inusual incremento del número de flores en una inflorescencia, eliminando la competencia de racimos posteriores mediante el despunte de las plantas para dejar un solo racimo en altas densidades.

Wolf y Rudich (1988), establecen que 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.

Varios autores (McAvoy *et al.*, 1989; Cancino *et al.*, 1990; Sánchez y Corona, 1994; Sánchez, 1994; Ponce, 1995; Sánchez, 1997; Ponce, 1998) entre otros han realizado investigaciones diversas sobre el manejo de factores involucrados en las relaciones entre la fuente y la demanda con el objetivo de definir una nueva tecnología de producción de jitomate en hidroponía para lograr un arquetipo de jitomate que, a diferencia de las plantas del sistema convencional, incorpora varias características (tallo grueso, poca altura, hojas pequeñas y eficientes fotosintéticamente, hábito determinado con un solo tallo y sin ramas y estructuras reproductivas numerosas y de gran tamaño, con alta capacidad demandante) como adecuadas para el logro de altos rendimientos en un ambiente no restrictivo (invernadero en condiciones hidropónicas).

4.5.2. Competencia entre diferentes demandas

Ho (1984), menciona que cuando la primera inflorescencia se hace visible su habilidad para competir es muy limitada, mientras que el abastecimiento de asimilados es crucial para su desarrollo futuro. Un bajo

suministro de éstos a partir de ese momento y hasta unos diez días después puede causar la completa aborción de las flores, mientras que el crecimiento de las hojas jóvenes continúa gracias a su mayor fuerza demandante en ese periodo.

En un experimento de eliminación parcial de flores con el cultivar 'Kingley Cross' sin despuntar, se observó que en las plantas testigo (sin eliminación de flores) durante el periodo de crecimiento del fruto, el crecimiento de las hojas se vio seriamente frenado y el de la raíz se detuvo por completo cuatro semanas después de la antesis (Hurd *et al.*, 1979). Estos mismos autores encontraron que la relación entre peso fresco de la parte aérea vegetativa y el de la raíz se mantuvo constante a través de la fase de fructificación, por lo tanto, postulan que el fruto crece en competencia con los órganos vegetativos y establecen que existe también otro nivel de competencia entre racimos ya que una vez que empieza la floración se forma un nuevo racimo cada seis ó siete días.

Según estos autores la reducción en el crecimiento vegetativo es inevitable una vez que gran parte de los fotoasimilados es redirigida hacia los frutos en crecimiento, ya que en su estudio hasta 90 % del peso fresco ganado por unidad de tiempo derivó hacia los frutos, lo que indica que se tuvo una disponibilidad mínima de fotoasimilados para el sistema vegetativo, lo que puede incluso llegar a repercutir en la posterior producción de racimos. Atribuyen la alta fuerza de la demanda de los frutos a la actividad de ciertos reguladores de crecimiento para dirigir los asimilados ya que según sus datos, la tasa de crecimiento del área foliar disminuyó 1 a 2 semanas después de la primera antesis, bastante antes de que el fruto tuviera demanda por tamaño.

Wolf y Rudich (1988), indican que la repartición de fotoasimilados entre varios frutos está determinada por la fuerza demandante de los diferentes frutos y la habilidad de las distintas hojas para abastecerlos. Los frutos que

empiezan su crecimiento más temprano tienen una mayor tasa de acumulación de peso seco que los frutos en los que el crecimiento se inicia posteriormente. Por otro lado, el periodo de acumulación de peso seco es fuertemente afectado por la posición del fruto en la planta. Los frutos de la parte superior de la planta acumulan peso seco más rápidamente que los frutos de las partes inferiores. Concluyen que el mayor peso seco al final de los frutos que se desarrollan más temprano se debe tanto a una mayor tasa de acumulación de peso seco como a un mayor periodo de crecimiento.

Cancino *et al.*, (1990) mencionan que existe competencia entre racimos, por lo que entre mayor es el número de racimos soportados por una planta es menor el rendimiento de un racimo en particular, así como un menor número de frutos por racimo y un menor peso medio del fruto. De igual manera Fisher (1977), encontró que entre mayor es el número de racimos por planta menor es el peso de cada racimo, explicando que sus resultados se deben a la competencia entre racimos por fotoasimilados disponibles lo que significa que el rendimiento está limitado por la capacidad de la fuente para suplir los fotoasimilados necesarios.

Este mismo autor sugiere también que el mayor grado de competencia para un racimo en particular viene del inmediatamente superior a éste, aunque sus datos indican que un racimo tan distante como el sexto todavía juega un papel competitivo con respecto al racimo dos. Por otro lado, señala que a medida que se dejan más racimos por planta, aumenta el peso seco por planta, y que esto sólo puede deberse a un incremento en la asimilación neta a medida que la fuerza demandante aumenta.

Los frutos en crecimiento poseen una gran actividad demandante influyen (y son influidos) sobre el peso de los que están iniciando su crecimiento ese momento (compiten). Si se remueven inflorescencias posteriores, los fotoasimilados que se iban a usar en su desarrollo quedan

disponibles para el crecimiento de los frutos dejados (Veliath y Ferguson, 1972).

4.5.3. Modificaciones de la fuerza de la fuente o la demanda

De acuerdo a Aung y Kelly (1966), la remoción de hojas que apenas inician su crecimiento en las plantas jóvenes de jitomate aumenta el número de flores en la primera inflorescencia, mientras que la eliminación de hojas maduras lo reduce y estos efectos puede deberse a la competencia demandante de las hojas jóvenes. De igual manera Kinet (1977) observó que, al eliminar todas las hojas a partir de los nudos cuatro, seis, ocho, diez y doce hacia arriba entre más abajo empezaba la defoliación más pronto aparecía la primera inflorescencia y que en todas las plantas defoliadas del nudo cuatro ó seis en adelante se alcanzó la antesis más rápidamente y el número de flores por racimo fue mayor.

En un experimento en donde se manejaron plantas de jitomate haciendo el despunte para dejar nada más la primera inflorescencia, con nueve hojas y una densidad baja a fin de evitar efecto de competencia entre plantas; se observó, una relación lineal altamente significativa entre el peso fresco total de los frutos y el peso seco de las hojas al podar cero, tres, seis, ó siete hojas en diferentes posiciones señalándose que el rendimiento hubiera aumentado si se hubieran dejado más hojas y que la fuente (hojas) fue el factor limitante de las plantas testigo, lo que hasta cierto punto resultó sorpresivo, ya que la demanda (fruto) no era tan grande y las plantas estaban lo suficientemente distanciados para que sus hojas estuvieran bien iluminadas y con alta actividad fotosintética. Como los tratamientos de defoliación se practicaron después de la antesis las diferencias entre tratamientos se debieron principalmente a efectos en el crecimiento y desarrollo del fruto y no al crecimiento y desarrollo de la inflorescencia. Por otro lado no fue tan importante en el rendimiento la posición de las hojas dejadas como lo fue el número de hojas removidas. Se concluye

que para aumentar el rendimiento, el índice de área foliar óptimo debe ocurrir en la floración y ser mantenido lo más posible después de ésta (Fisher, 1975).

En cultivares de jitomate tanto de hábito determinado como indeterminado, se observó que hasta antes de la floración, la raíz fue la principal demanda de fotosintatos sobre la quinta hoja. La demanda principal fue cambiando conforme las plantas se desarrollaban; localizándose eventualmente en el primer racimo. Las principales demandas tendieron a ser alimentadas principalmente por las hojas vecinas a ellas, de tal manera que, en plantas de habito indeterminado despuntadas para dejar tres racimos fue posible identificar varios subsistemas fuente-demanda (Yoshioka y Takahashi, 1984).

Ho *et al.* (1983) reportan que, en muchas especies cultivadas cuando la fuente o la demanda son limitantes, cambian las fuerzas de la fuente ó de la demanda para crear un nuevo equilibrio. Así, la tasa de fotosíntesis es reducida por una demanda pequeña ó aumentada por una grande. Señalan que para el jitomate, el efecto de la fuerza de la demanda sobre la tasa de fotosíntesis es mucho menor que en otros cultivos como la soya ó el trigo, por lo tanto postulan que:

a) La sacarosa y el almidón son los productos más importantes de la fijación de carbono en las hojas de jitomate. Mientras el almidón es almacenado en los cloroplastos, la sacarosa puede ser almacenada en las células del mesófilo o exportada inmediatamente.

b) La reducción en la fuerza demandante disminuye inmediatamente la tasa de exportación de sacarosa y la removilización de almidón, causando incremento en la acumulación de estos dos asimilados en la hoja.

c) A través de la hidrólisis el nivel de sacarosa se puede mantener y los asimilados sobrantes serán almacenados como almidón ó hexosas en las hojas.

d) Si la producción de asimilados es mucho más alta que la fuerza demandante, la acumulación de almidón y de hexosas alcanza un máximo y se aumenta la concentración de sacarosa en las hojas.

4.5.4. Factores que afectan las relaciones fuente-demanda

4.5.4.1. Desarrollo del fruto

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

El tamaño de los frutos varía substancialmente entre diferentes cultivares ó 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 primer 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 también 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, 1984). Por lo tanto, se puede decir que al realizar podas de frutos dentro de un racimo, una alta proporción de los fotoasimilados que se iban a usar en los últimos frutos quedan disponibles para el crecimiento de los frutos dejados, incrementándose el peso y tamaño de los mismos.

Warren (1967), citado por Wolf y Rudich (1988) menciona que, el crecimiento del fruto resulta principalmente de la importación de fotoasimilados de las hojas. Así también reporta que la fuerza demandante se expresa como la habilidad de un órgano particular para acumular fotoasimilados y está determinada por su tamaño y su actividad. La actividad demandante la expresa como la tasa de aumento de peso seco por unidad de peso del tejido demandante lo cual no significa que necesariamente exista una correlación directa entre actividad demandante y tamaño del órgano ó tejido. Señala que se ha observado una mayor traslocación de ^{14}C a frutos en crecimiento que a los que ya han llegado a su tamaño final.

El crecimiento del fruto de jitomate se explica por la dominancia del proceso de división celular durante la primera semana posterior a la antesis, seguida por la elongación celular durante las subsiguientes seis a siete semanas. Cuando el crecimiento del fruto se expresa en términos de incrementos de peso fresco, peso seco ó volumen en el tiempo, se obtiene una curva sigmoide en cada caso, correspondiente a tres estados de desarrollo. La tasa de crecimiento es baja durante el primer estadio, se acelera durante el segundo y declina durante el tercero (Monselise *et al.*, 1978).

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.

Flores (1982), citado por Cancino (1990), plantea que el tamaño de los frutos depende de 3 a 5 pares de genes mayores que afectan el número de lóculos y el doble de genes afectan el tamaño de lóculos del fruto maduro.

4.5.4.2. Temperatura

Pearce (1993) indica que el aumento en la temperatura de los frutos de jitomate promueve un aumento en la actividad metabólica de los mismos y por lo tanto incrementa la entrada de carbón y agua resultando en un aumento de tamaño y peso.

Walker y Ho (1977) sostienen que las altas temperaturas (hasta 35 °C) promueven fuertemente la importación de asimilados por el fruto ya que se incrementa notablemente la hidrólisis de sacarosa creando un gradiente de concentración en el floema. Concluyen que la concentración de sacarosa representa un vínculo entre la tasa de traslocación y el metabolismo del carbono del fruto y que como la mayoría del carbono que se acumula en el fruto como resultado de la acumulación de sacarosa es en forma de almidón ó residuo insoluble la concentración de sacarosa está relacionada linealmente con las tasas de acumulación y desaparición de estos compuestos.

De acuerdo con Went (1968), citado por Folquer (1979). El tamaño del frutos disminuye al aumentar la temperatura nocturna como consecuencia de la menor disponibilidad de azúcares para ellos. Una buena proporción de estos azúcares son consumidos por hojas, raíces y tallos durante el crecimiento debido al aumento de su proceso respiratorio con la temperatura. Según este autor, el peso de los frutos aumentó tres veces al bajar la temperatura nocturna de 26 a 14 °C.

Por otro lado, Serrano (1996) reporta que la maduración del fruto del jitomate está muy influida por la temperatura, no solamente en la precocidad, sino también en el color que toma el fruto; cuando la temperatura oscila alrededor de 10 °C, los frutos no toman color rojo, quedándose en tonalidades amarillas-anaranjadas; en verano, con temperatura superior a 30 °C el fruto en la maduración toma color amarillo.

4.5.4.3. CO₂

Ho (1977) menciona que las tasas de transporte de carbono en plantas de jitomate pueden 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 de transporte 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.

De igual manera Sonnewald y Willmitzer (1992) indican que el crecimiento y desarrollo de las plantas depende de la energía ganada por la fijación de CO₂ 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. Así también, destacan que los productos primarios de fijación de carbono son el almidón y la sacarosa y que en las hojas fuente, el almidón es sintetizado dentro de los cloroplastos y sirve como un deposito intermedio para los fotoasimilados, mientras que la sacarosa sintetizada en el citoplasma juega un papel central en la distribución de fotoasimilados a toda la planta a través del floema.

4.5.4.4. Reguladores de crecimiento

Duran (1989) trabajando con retardadores del crecimiento Cycocel y B9 en jitomate, indicó que el tratamiento que presentó el mejor rendimiento y tamaño de frutos fue la concentración de 250 ppm de Cycocel.

Lipari y Paratore (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.

Russell y Morris (1982) encontraron que la concentración de azúcares reducidos en la primera inflorescencia en desarrollo de jitomate cultivar Kingley Cross aumenta notablemente entre la aparición macroscópica de las yemas florales y los estados iniciales de expansión de los frutos. Durante este intervalo las concentraciones de sacarosa permanecen relativamente constantes y el aumento en la concentración de azúcares reducidos es acompañado por un aumento en la concentración de una invertasa ácida. Mencionan que la regulación de la síntesis de invertasa puede estar bajo control hormonal y que principalmente las auxinas pueden tener un efecto de promoción. Destacan que las anteras en desarrollo producen grandes cantidades de auxinas y que el aumento de la actividad de la invertasa observando durante el desarrollo de la floración en el jitomate puede deberse al estímulo de las auxinas sobre la síntesis de esta enzima. De ser así, el grado de aborción de flores en condición de poca luz puede reducirse con tratamientos de auxinas exógenas en la inflorescencia en desarrollo.

Estos mismos autores concluyen que un factor importante en la actividad demandante de un órgano y por lo tanto en su habilidad para competir con otras demandas es la síntesis de una invertasa ácida. La incapacidad de la inflorescencia en desarrollo para competir efectivamente con demandas vegetativas por fotoasimilados cuando estos están limitados puede deberse a su reducida producción de esta enzima.

4.5.4.5. Luz

La agricultura es básicamente un sistema de explotación de la energía solar a través de la fotosíntesis (Pearce, 1985). Por lo tanto, una estrategia

para la producción eficiente esta dada por una máxima interceptación de luz, por la eficiencia con que la energía interceptada por el dosel es usada en la producción de materia seca y por la proporción de nueva materia seca que es traslocada al producto de interés agronómico. Por ello para lograr un alto rendimiento se debe hacer una manipulación de la densidad de plantación, del arreglo topológico y de la promoción rápida del crecimiento de las hojas.

Así, 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 del fruto, que ellos atribuyen a un aumento en la capacidad de la fuente y no a diferencias en la fuerza de la demanda.

El rendimiento se puede aumentar incrementando la eficiencia fotosintética y/o la fotosíntesis del dosel, esta última como consecuencia de incrementos en el índice de área foliar, en la duración de la fotosíntesis ó mediante una buena distribución de la luz en el dosel para mantener activas, fotosintéticamente tanto a hojas superiores (nueva) como inferiores (viejas). Por lo que, se puede decir que mientras más dure el intervalo entre la siembra y el fin de cosecha, más energía luminosa podrá interceptar el dosel, produciéndose más materia seca y por ende un mayor peso y tamaño de los frutos, ya que habrá traslocación de asimilados por un mayor período de tiempo, repercutiendo directamente en que el rendimiento agronómico sea mayor (Charles-Edwards *et al.*, 1986).

Por el contrario, Pérez *et al.* (1997) mencionan que la falta de luz detiene la asimilación, formando flores pequeñas, apretadas, defectuosas y pobres en polen. Conviene por ello no usar densidades muy altas para así aminorar este

problema. De igual manera, Serrano (1996) indica que la luminosidad tienen una importancia grande , principalmente cuando es escasa, ya que afecta a la floración, fecundación y robustez de las plantas.

Slack y Calvert (1977) indican que cuando varios racimos crecen y se desarrollan casi simultáneamente los requerimientos de carbohidratos pueden exceder a su producción lo que llega a afectar el desarrollo de nuevas inflorescencias (sobre todo en condiciones donde el factor luz no este al óptimo). Por ello, se considera que la eliminación de frutos o de una inflorescencia completa puede ser una solución temporal.

4.5.4.6. Índice de área foliar

Según Pearce (1985) 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.

Shishido (1989) menciona que la tasa de fotosíntesis de la tercera y séptima hoja decreció gradualmente con la edad pero la cantidad de fotosintatos producidos se incrementó con el aumento de área foliar, alcanzando un máximo un poco antes de la expansión completa de cada hoja. La mayoría de los asimilados fueron traslocados a la demanda más cercana. La relación entre la fuente y la demanda cambio con los diferentes estados de desarrollo de las raíces, tallos y frutos. Se calculó que de 60 al 80 % de los requerimientos de una inflorescencia fueron abastecidos por dos ó cuatro hojas

adyacentes. La máxima contribución de una hoja a la acumulación de asimilados por una demanda fue de 30 %.

Las hojas (fuente) son los principales órganos fotosintéticos de las plantas superiores. La luz, el CO₂, la temperatura, el agua y los macro y microelementos son factores que influyen directamente en la fotosíntesis para la producción de fotosintatos así como su mejor aprovechamiento a los productos de interés agronómico (órganos de demanda). Morgan (1986) reporta que estos factores también junto con el sustrato y el abastecimiento de agua son de gran importancia en la formación de hojas en las primeras etapas de desarrollo del jitomate como base para acumular fotosintatos en etapas posteriores, así también son significativos el sustrato y el método de riego.

Por otro lado, van de Vooren *et al.* (1986) mencionan que, para plantas viviendo en poblaciones después de que se sobrepasa un cierto 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.

4.5.5. Flujo, removilización y acumulación de fotoasimilados

Slack y Calvert (1977) citan a Bonnemain (1965), quien encontró que los fotoasimilados son transportados de cada hoja de jitomate en dos direcciones; hacia arriba en dirección del ápice y hacia abajo en dirección de la raíz. Él sugiere que el movimiento hacia arriba es por la vía del floema interno y hacia abajo por el floema externo. Como la remoción de un racimo dado promueve un mayor crecimiento de los racimos más jóvenes, para un racimo dado es más importante la contribución de asimilados de las hojas inmediatamente abajo de éste que de las hojas de arriba.

Ho (1977) destaca que el jitomate es un cultivo de alto potencial de crecimiento con índice de cosecha de alrededor de 0.65 y durante la fructificación el crecimiento del fruto puede llegar a representar de 80 a 90 % de la ganancia del peso fresco de la planta. Después de un periodo inicial de crecimiento lento de dos semanas, un fruto de jitomate acumula la mayoría de su materia seca las siguientes cinco semanas y durante ese periodo de rápido crecimiento las células se agrandan y los asimilados importados se acumulan principalmente como hexosas (las cuales se incrementan de menos de 10 % del peso del ovario al 50 % de su peso seco final) y almidones (alcanzan un máximo de 30 % del peso seco total veinticinco días después de la polinización). Por lo tanto la fuerza de la demanda de un fruto de jitomate puede medirse por su capacidad para acumular hexosas y almidones.

Hewitt y Marrush (1986) trabajando tres cultivares de jitomate de tipo determinado con índices de cosecha de aproximadamente 0.67 descubrieron que los cultivares no están limitados en su rendimiento por la capacidad de la fuente, si no más bien por la fuerza de la demanda. Señalan que las hojas de jitomate tienen la capacidad de acumular gran cantidad de azúcares y almidones, pero el porcentaje de removilización es bajo (menos del 5 % del total importado).

Durante la traslocación de sacarosa en tres cultivares de jitomate se encontraron evidencias que indican que la descarga del floema ocurre, al menos en parte, en el apoplasto y es precedido por la hidrólisis extracelular. Además el paso de azúcares a través de la membrana plasmática no es dependiente de la energía metabólica (Damon *et al.*, 1988).

Pearce (1993) indica que la mayor parte de la investigación en la fisiología de la relación fuente demanda se ha centrado en los procesos bioquímicos involucrados en el transporte del floema a las células demandantes y el uso subsecuente del carbono acumulado en el crecimiento o

almacenamiento, descuidando el hecho que del floema también transporta minerales y agua y que su contribución al rendimiento económico es alta, por lo que también debería estudiarse su comportamiento en la demanda.

Ho (1977) considera que la mayoría del agua acumulada en el fruto de jitomate entra pasivamente a través del floema y los bajos potenciales de agua en la planta causados por alta salinidad ó sequía tienden a bajar el nivel de agua en el floema y a concentrar solutos por lo que, si el estrés de agua no es tan severo para reducir la acumulación y traslocación de fotosintatos el fruto resultante tendrá la misma cantidad de materia seca pero menos agua, y por lo tanto menor tamaño y peso.

El fruto de jitomate es muy jugoso ya que de 90 a 95 % de su peso es agua. Todo el material acumulado en el fruto tiene que moverse previamente a través de los tejidos vasculares del pedicelo de dicho fruto y hay una reducción significativa en el área transversal del xilema y un aumento en la del floema en la zona de articulación del pedicelo que soporta al fruto, lo que produce un sitio de alta resistencia al flujo de agua hacia el fruto a través del xilema, y por lo mismo su principal abastecimiento es a través del floema, que en forma simultánea aporta agua y solutos al mismo. Así también, la transpiración del fruto juega un papel muy importante para iniciar y mantener el flujo de savia del floema hacia el interior del mismo ya que reduce el potencial de agua de dicho fruto al desarrollar fuerzas de tensión en las paredes celulares y también al concentrarse la solución, tanto del apoplasto como del simplasto, conforme se reduce la proporción de agua (Lee, 1988).

Mcavoy *et al.* (1989) trabajando en un sistema de producción continua de jitomate hidropónico (manejando despuntes para dejar un solo racimo por planta a densidades de 12 plantas·m⁻²) capaz de producir seis ciclos por año a partir de plántulas transplantadas a los 45 días de edad. Encontraron que la remoción del meristemo apical dos hojas arriba del racimo antes de la antesis

redujo la competencia entre los órganos demandantes durante del desarrollo inicial del fruto favoreciendo su amarre y crecimiento y establecieron, mediante análisis de regresión, la existencia de una estrecha relación lineal entre el rendimiento de fruto y la densidad de flujo fotónico total recibida en el período de antesis a cosecha, relación que puede ser utilizada para predecir el rendimiento del fruto.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del experimento

La realización del experimento comprendió del 30 de julio de 1997 al 24 de enero de 1998 y fue llevada a cabo en un invernadero de vidrio perteneciente a la empresa denominada "Industrial Agropecuaria Junco", la cual se encuentra ubicada en la localidad de Cuahutlalpan, Estado de México, a 10 Km. aproximadamente al sur de las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo por la carretera federal Texcoco México. A los 19° 29' latitud norte y 98° 53' longitud oeste y a una altitud media de 2,251 msnm.

Para el logro de los objetivos se utilizó un invernadero con las siguientes dimensiones: 70 m de largo por 11.3 m de ancho y 3.8 m de altura máxima y contaba con seis tinas de 36.5 m de largo, 1.3 m de ancho y 35 cm de altura y 6 tinas de 30.5 m aproximadamente de largo por 1.3 m de ancho y 30 cm de altura; cada una construidas con costados y pasillos cementados. Para el caso específico del experimento solamente se utilizaron 2.5 tinas de 36.5 m largo cada una. Las tinas fueron rellenas con una capa de 10 cm de grava de tezontle con partículas de 1-2 cm de diámetro en promedio; seguida de otra capa (25 cm aproximadamente) hasta 2 cm por debajo de los bordes, con arena de tezontle rojo, siendo las partículas entre 1 y 4 mm de diámetro en promedio. La capa de grava se colocó con el objetivo de dar un drenaje libre y aislar el suelo de la capa de arena de tezontle que fue el sustrato donde crecieron las raíces de las plantas.

5.2. Material vegetal

Para llevar a cabo el experimento se utilizó semilla de un cultivar de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) denominado 'Daniela', el cual es un híbrido de hábito indeterminado altamente productivo con frutos redondos, muy firmes. Sus características principales son las siguientes:

- Resistencia a Verticillium, a Fusarium razas 1 y 2 y al Virus del Mosaico del tabaco
- Gran vigor
- Maduración tardía
- Peso del fruto: 120-180 g.
- Número de frutos por racimo: 5 a 6
- Buena firmeza
- Larga vida de anaquel (más de un mes después del corte)

5.3. Semillero

La siembra en semillero se realizó el día 30 de julio de 1997 y se efectuó en charolas de poliestireno de 65 cm de largo, 30 cm de ancho y 8 cm de profundidad con 200 cavidades cada una. Las charolas se rellenaron con Peat-moss (Grow-Mix) preparado de fábrica para semilleros. Para ello se humedeció hasta punto de escurrimiento, después se colocó una semilla por cavidad, tapándola con una capa de 5 mm de vermiculita, volviendo a mojar. Luego se estibarón todas las charolas tapándolas con un plástico blanco lechoso durante cuatro días para posteriormente destaparlas y distribuir las en los bancales del semillero. A partir de este momento se iniciaron los riegos por microaspersión. La emergencia total de las plántulas ocurrió a los cinco días después de la siembra (dds), iniciándose la aplicación de la solución nutritiva. Las plántulas estuvieron listas para el trasplante a los 23 días después de la siembra en semillero.

5.4. Trasplante

Previo al trasplante, el sustrato de las tinajas se aflojó a fin de disminuir la compactación y darle mejores condiciones de aireación a la raíz; inmediatamente después se aplicó un riego pesado con agua sola y se acolchó con un plástico blanco lechoso, para luego hacer perforaciones circulares de 5 cm de diámetro a distancias acordes a la densidad de población establecidas

en la descripción de tratamientos. La cepa para el trasplante se abrió con un palo de escoba con punta. Se introdujo la plántula con todo y cepellón hasta el nivel de las hojas cotiledones y se tapó. El trasplante se realizó el día 23 de agosto de 1997 (23 dds). También se colocó una sombra temporal con plástico lechoso de 200 galgas de grosor a dos metros por encima de las plántulas recién trasplantadas (entre 3 y 4 días) con el objetivo de disminuir el riesgo de marchitamiento o estrés de agua de las plántulas.

5.5. Descripción de los tratamientos y Diseño experimental

Las plántulas se transplantaron a cuatro densidades de población (6, 8, 9 y 12 plantas por metro cuadrado) buscando lograr índices de área foliar de aproximadamente 3, 4, 5 y 6 respectivamente y se arreglaron en un diseño bloques al azar en parcelas divididas con cuatro repeticiones, correspondiendo las parcelas grandes a las densidades de población y las parcelas chicas a tratamientos de poda para dejar un diferente número de frutos por racimo (sin poda de frutos, 4 y 3 frutos por racimo), para hacer un total de 12 tratamientos (cuadro 1). Para efectos del experimento el diseño de las parcelas grandes fue de 4.5 m de largo por 1.2 m de ancho y las subparcelas de 1.5 m de largo por 1 m de ancho, dejando 0.5 m de calle entre parcelas grandes y 70 cm de calle entre tinas.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos

Tratamientos	Descripción
T ₁	6 plantas·m ⁻² , sin poda de frutos
T ₂	6 plantas·m ⁻² , con 3 frutos·racimo ⁻¹
T ₃	6 plantas·m ⁻² , con 4 frutos·racimo ⁻¹
T ₄	8 plantas·m ⁻² , sin poda de frutos
T ₅	8 plantas·m ⁻² , con 3 frutos·racimo ⁻¹
T ₆	8 plantas·m ⁻² , con 4 frutos·racimo ⁻¹
T ₇	9 plantas·m ⁻² , sin poda de frutos
T ₈	9 plantas·m ⁻² , con 3 frutos·racimo ⁻¹
T ₉	9 plantas·m ⁻² , con 4 frutos·racimo ⁻¹
T ₁₀	12 plantas·m ⁻² , sin poda de frutos
T ₁₁	12 plantas·m ⁻² , con 3 frutos·racimo ⁻¹
T ₁₂	12 plantas·m ⁻² , con 4 frutos·racimo ⁻¹

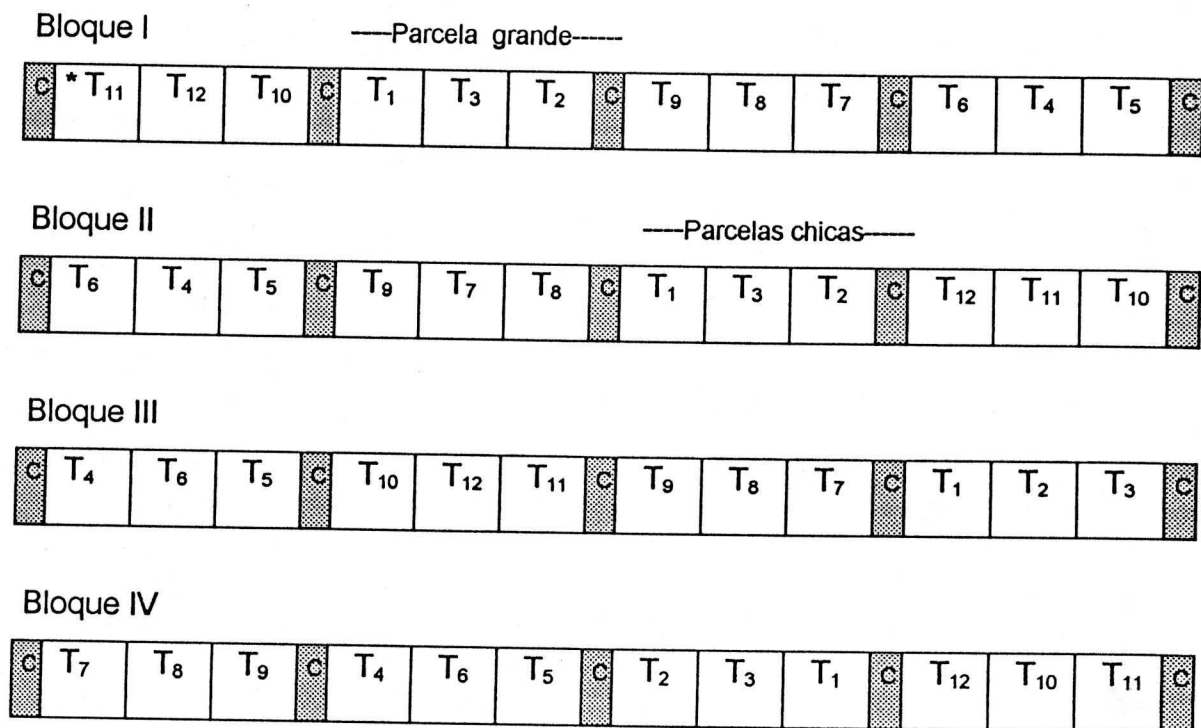
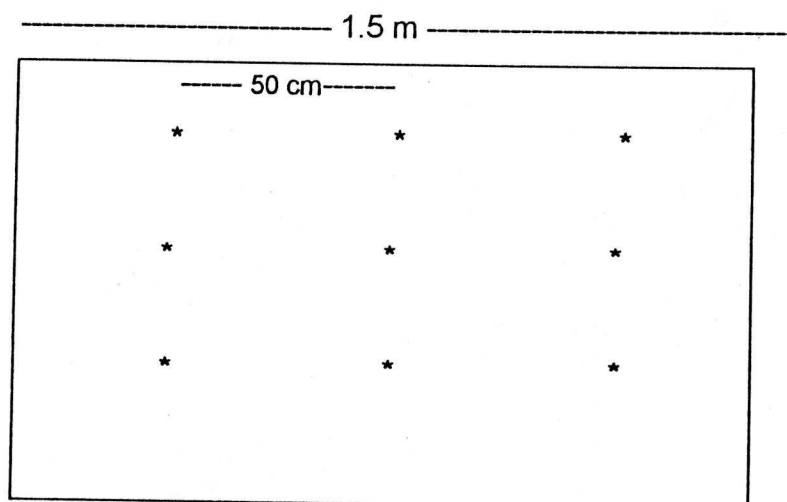
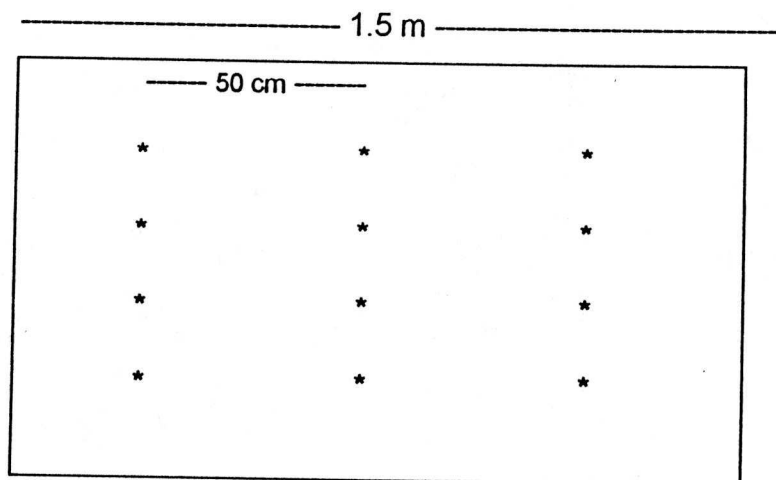


Figura 1. Croquis del Diseño Experimental



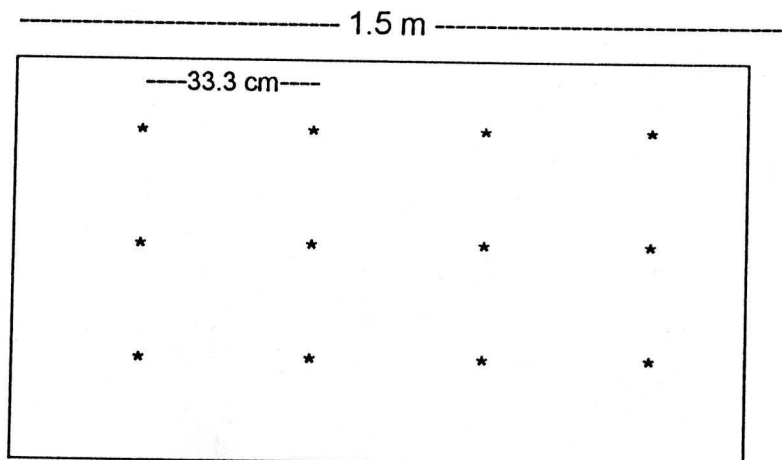
- Parcela experimental : 1.5 m de largo por 1 m de ancho con orientación N-S
- Distancia entre plantas 50 cm y
- Distancia entre filas 33.3 cm

Figura 2. Arreglo de plantas correspondiente a la densidad de 6 plantas m⁻²



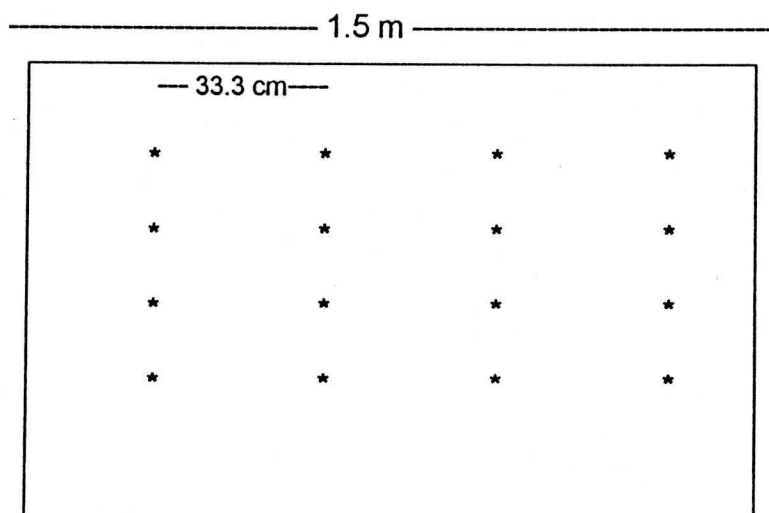
- Parcela experimental: 1.5 m de largo por 1 m de ancho con orientación N-S
- Distancia entre plantas 50 cm y
- Distancia entre filas 25 cm

Figura 3. Arreglo de plantas correspondiente a la densidad de 8 plantas m^{-2}



- Parcela experimental: 1.5 m de largo por 1 m de ancho con orientación N-S
- Distancia entre plantas 33.3 cm y
- Distancia entre filas 33.3 cm

Figura 4. Arreglo de plantas correspondiente a la densidad de 9 plantas m^{-2}



- Parcela experimental: 1.5 m de largo por 1 m de ancho con orientación N-S
- Distancia entre plantas 33.3 cm y
- Distancia entre filas 25 cm

Figura 5. Arreglo de plantas correspondiente a la densidad de 12 plantas m^{-2}

5.6. Riego y solución nutritiva

La solución nutritiva (cuadro 2) se empezó a aplicar, mediante un sistema de riego por goteo, desde el momento de la emergencia de las plántulas en el semillero, en la cantidad suficiente para mantener húmedo el sustrato. A partir del trasplante se irrigó diariamente con solución a una dosis de 5 a 10 litros por m^2 por día (dependiendo de las condiciones climáticas y de la edad de la planta). Para evitar acumulación de sales en el sustrato, cada ocho días se irrigaba con agua sola.

Cuadro 2. Composición de la solución nutritiva

NUTRIENTES	CONCENTRACIÓN (ppm)
Nitrógeno	250
Fósforo	60
Potasio	250
Calcio	300
Azufre	200
Magnesio	75
Fierro	3
Manganeso	0.5
Boro	0.5
Cobre	0.1
Zinc	0.1

Como fuente para la preparación de la solución nutritiva se usaron los siguientes fertilizantes:

Cuadro 3. Cantidades de fertilizantes necesarios para preparar 1000 litros de una solución nutritiva básica completa para el riego del cultivo de jitomate.

FERTILIZANTE COMERCIAL	CANTIDAD REQUERIDA (g)	NUTRIENTES QUE APORTA
Nitrato de calcio	1290	Nitrógeno y calcio
Sulfato de amonio	240	Nitrógeno y azufre
Sulfato de potasio	560	Potasio y azufre
Ácido fosfórico al 85 %	220	Fósforo
Sulfato de magnesio	600	Magnesio y azufre
Sulfato ferroso	15	Fierro
Sulfato de manganeso	2	Manganeso y azufre
Bórax	4	Boro
Sulfato de cobre	0.4	Cobre y azufre
Sulfato de zinc	0.4	Zinc y azufre

Aunque el cloro y el molibdeno son elementos esenciales no se incluyen en la preparación de la solución ya que se requieren en tan pequeña cantidad que, con seguridad, se encuentran como impurezas en los fertilizantes considerados o en el agua de riego (Sánchez y Escalante, 1989).

Para preparar la solución nutritiva se procedió de la siguiente manera:

- Se llenaba con agua la cisterna hasta el 50 % de su capacidad total.
- Se pesaba la cantidad requerida de cada fertilizante por separado en función del volumen de la cisterna.
- Cada fertilizante por separado se diluía en un deposito de 200 litros, se dejaba reposar y se agregaba a la cisterna sin los sedimentos (que normalmente son impurezas insolubles). Se tomaba en cuenta, de que algunos fertilizantes, como el sulfato de potasio son menos solubles, por lo que la cantidad necesaria para la cisterna no se diluía de una sola vez en el tambo, requiriendo agregar más agua después de hacer un vaciado del mismo (unos 3 a 4 llenados de agua del tambo, o bien se diluía una cuarta parte de la cantidad necesaria para la cisterna por cada tambo de 200 litros de agua).
- Por otro lado, todos los micronutrientes se mezclaban en un solo tambo.
- Específicamente, al diluir el nitrato de calcio se forma en la superficie una capa de grasa que se eliminaba antes de vaciar a la cisterna.
- Posteriormente se llenaba la cisterna hasta el 100 % de la capacidad considerada y.
- Por último se eliminaban los sedimentos dejados en los tambos de 200 litros, quedando listos para la próxima preparación.

5.7. Tutorio, podas y despunte.

Todas las plantas del experimento se condujeron a 3 racimos; por lo tanto, se tutoraron con el fin de dar un mejor manejo sanitario y obtención de frutos de mayor calidad; esto se llevó a cabo el 17 de septiembre de 1997 (50 dds), para lo cual se colocarán 4 hileras de alambre paralelas por encima y a lo largo de las tinas (cada hilera separada 30 cm) sujetos de la base de marcos metálicos. Por debajo de la segunda hoja de cada planta se realizó un amarre con cordón de rafia alrededor del tallo de tal manera que no lo apretara; dicho cordón se enredó en espiral hacia arriba de la planta (2 a 3 vueltas) y se amarro en el otro extremo a las hileras de alambre mencionadas anteriormente.

Las podas consistieron en la eliminación manual de los brotes laterales que emitan las plantas, cuando éstos alcanzaban una longitud entre 3 y 5 cm; se inició de los 50 a 60 días después de la siembra (dds) en semillero y se continuó a intervalos de aproximadamente 15 días durante 2 meses más. El despunte consistió en la eliminación de la yema terminal del tallo dejando dos hojas arriba de la tercera inflorescencia.

Las podas para dejar un diferente número de frutos por racimo (sin poda, 4 y 3 frutos por racimo) consistieron en la eliminación manual de todas las flores distales en los tratamientos que así lo requerían, cuando los primeros frutos ya habían amarrado; se inició mas o menos de los 60 a 65 días después de la siembra (dds) y se continuó a intervalos de aproximadamente 8 días para el segundo y tercer racimo.

5.8. Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y de enfermedades dentro del invernadero fue esencialmente preventivo. Se basó principalmente en el uso de mallas anti-áfidos en las partes laterales del invernadero, así como también se cuidó la

dispersión de enfermedades por transmisión mecánica a través de prácticas culturales como la poda o los despuntes y a través de la desinfección de las herramientas de trabajo. Los fungicidas y bactericidas se usaron preferentemente de manera preventiva después de las prácticas culturales que podían causar heridas en las plantas tales como el trasplante, el despunte y las podas y también cuando se presentaban condiciones ambientales favorables al desarrollo de enfermedades, por ejemplo alta humedad relativa en el invernadero, producto de varios días nublados y lluviosos o también altas o bajas temperaturas por periodos prolongados de tiempo. El producto que se empleó, fue el denominado Sulfocop-F* (ingrediente activo: Azufre elemental 50 % más oxiclورو de cobre 7.46 % más diluyente y adherente. ISHIHARA de MÉXICO S. A. de C. V.) a razón de $2 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ de agua. No hubo incidencia de plagas por lo que no se aplicaron insecticidas.

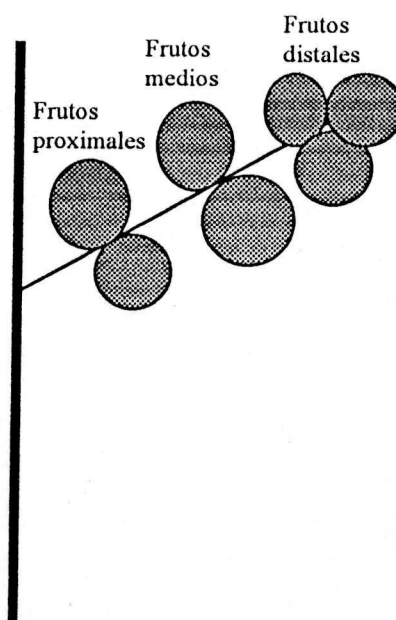


Figura 6. Clasificación de los frutos dentro de un racimo

5.9. Análisis del área foliar e índice de área foliar

El índice de área foliar se estimó de manera no destructiva a partir de tres tomas de datos: a los 60 días después de la siembra (dds), a los 90 dds y a los 120

dds. En cada etapa dentro de cada densidad de población (6, 8, 9 y 12 plantas m^{-2}) a seis plantas se les midió el largo y ancho de todas sus hojas. Esta toma de datos se realizó de igual forma para las cuatro repeticiones.

Se tomó de una muestra aleatoria de 30 hojas el largo y ancho de cada uno de ellas además de dibujar todas en papel con el fin de obtener el área foliar para cada hoja.

Con estos datos se calcularon correlaciones por medio del procedimiento CORR de SAS entre las variables área de la hoja con el largo de la misma, el largo al cuadrado, el ancho, el ancho al cuadrado, el largo por ancho y largo por ancho al cuadrado; dando como resultado que la correlación más alta (0.913) se dio entre área de la hoja y el producto de su largo por su ancho. Con este resultado se obtuvo un factor de corrección (0.406) que multiplicado por el largo y ancho de las hojas, sirvió para poder estimar el área foliar por planta así como, el índice de área foliar para cada uno de los tratamientos en cada etapa. A estas variables se les aplicó análisis de varianza (anava) con un alfa del 0.05 y pruebas de comparación de medias (Tukey al 0.05 de probabilidad); comprendiendo los factores densidades, días y su interacción.

5.10. Análisis del crecimiento del fruto

Para el estudio del crecimiento de los frutos se hicieron cuatro tomas de datos: a los 80, 95, 110 dds y a la cosecha. En cada etapa dentro de cada unidad experimental y para cada repetición se muestrearon cuatro plantas y se les midió diámetro ecuatorial de los frutos proximales, el diámetro ecuatorial de los frutos medios y frutos distales; esta toma de datos se realizó de la misma forma para los racimos uno, dos y tres de cada una de las plantas muestreadas.

Se tomó también a partir de una muestra aleatoria de frutos (50) el diámetro ecuatorial, peso fresco y peso seco de cada uno de los frutos.

Con estos datos, por medio del procedimiento CORR de SAS se calcularon las correlaciones del diámetro ecuatorial, diámetro ecuatorial al cuadrado y diámetro ecuatorial al cubo con el peso fresco y peso seco del fruto; dando como resultado que la correlación más alta (0.930) se dio entre diámetro ecuatorial al cuadrado y peso fresco. Con este resultado se obtuvo un factor de corrección (3.043) que multiplicado por el diámetro ecuatorial de los frutos al cuadrado, sirvió para poder estimar de manera no destructiva el crecimiento en peso fresco de los frutos proximales, medianos y distales para los tres niveles de poda de frutos (sin poda, 4 y 3 frutos por racimo), en cada etapa a lo largo del tiempo.

5.11. Rendimiento y sus componentes

Los frutos de jitomate se empezaron a cosechar manualmente cuando alcanzaron un color rosa o anaranjado. Se efectuaron 5 cortes; a los 124, 136, 146, 158 y 165 días después de la siembra (dds), conforme fueron madurando los frutos de los diferentes racimos. En cada corte se tomaron los siguientes datos por unidad experimental: rendimiento de fruto en peso fresco, número total de frutos, número de frutos extragrandes (mayores de 8 cm de diámetro ecuatorial), número de frutos grandes (entre 6 y 8 cm de diámetro ecuatorial), número de frutos medianos (entre 4 y 6 cm de diámetro ecuatorial) y número de frutos pequeños (menores de 4 cm de diámetro ecuatorial). Para la clasificación del tamaño se elaboraron tres cribas, una con perforaciones circulares de 8 cm de diámetro, otra de 6 cm y la última con perforaciones de 4 cm de diámetro.

También, dentro de cada unidad experimental, se etiquetaron cuatro plantas una de cada hilera en el sentido longitudinal de las tinajas; en el caso de las densidades de 6 y 9 pl·m⁻² que solo contaban con tres hileras se etiquetó una planta de cada hilera exterior y dos plantas de hilera interior. Se tomaron los siguientes datos por planta: diámetro ecuatorial y peso de los frutos proximales (los dos primeros frutos del racimo), de igual manera se tomó diámetro y peso para los frutos medios (los dos frutos subsecuentes a los frutos

proximales) y frutos dístales (que fueron los frutos del racimo más alejados del tallo); esta toma de datos se realizó distinguiendo entre los racimos uno, dos y tres de cada una de las plantas muestreadas.

Con estos datos primeramente se realizó un análisis general para calcular, para cada tratamiento el rendimiento y número de fruto por unidad de área, el peso medio del fruto, el porcentaje de frutos extragrandes, grandes, medianos y pequeños; también se midió el diámetro de frutos proximales y medianos así como, el peso de los mismos. Para cada variable se aplicó un análisis de varianza ($\alpha=0.05$) y pruebas de comparación de medias (Tukey al 0.05 de probabilidad); considerando como factores la densidad, la poda de frutos y su interacción.

Se determinó también el rendimiento por racimo, el peso medio de fruto y el tamaño medio de fruto. Estas variables se procesaron estadísticamente mediante análisis de varianza (anava) y pruebas de comparación de medias (Tukey al 0.05 de probabilidad); comprendiendo los factores densidad, poda de frutos, racimo y sus interacciones. De igual forma se determinó el rendimiento por planta, el peso medio de fruto y el tamaño medio de fruto, considerando los factores de densidad, poda de frutos, hilera y sus interacciones.

Por último, se realizó un análisis para calcular el rendimiento por planta, número de frutos y peso medio de fruto considerando solamente los tratamientos sin poda de frutos. A este conjunto de variables se les aplicó análisis de varianza (anava) y pruebas de comparación de medias (Tukey al 0.05 de probabilidad); comprendiendo los factores, densidad, hileras y su interacción.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Análisis del área foliar e índice de área foliar

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza, reportados en el Cuadro 4 muestran diferencias significativas entre densidades para el área foliar por planta así como diferencias altamente significativas para densidades con respecto al índice de área foliar. Referente a fechas se observan diferencias significativas al 1 % de probabilidad para las variables indicadas. La interacción densidad por fechas fue significativa solamente para índice de área foliar.

Cuadro 4. Análisis de varianza del área foliar por planta y del índice de área foliar, para los factores densidad, días y su interacción.

F. V. Estadísticos	G.L.	Fc	
		Área foliar por planta	Índice de Área Foliar
Densidad	3	4.27 *	26.31 **
Días	2	171.73 **	152.42 **
Densidad*Días	6	0.19 NS	3.16 *
CME	33	63.594	3230.73
C. V. (%)		12.99	13.98
R ²		0.92	0.93
Media general		61.37 dm ²	406.23 dm ²

* Significativo $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$. N S = No significativo

Fc= Cuadrado Medio de la fuente de variación (del factor)
Cuadrado Medio del error correspondiente

CME= Cuadrado Medio del Error

C.V.= Raíz cuadrada del CMEb
Media general

R² = Suma de Cuadrados del Modelo
Suma de Cuadrado General

En las pruebas de comparación de medias para el factor densidad (Cuadro 5) se observa que al aumentar la densidad de 6 a 12 pl m⁻² el área foliar por planta disminuyó en un 17 % siendo esta disminución estadísticamente significativa, pero sin superar estadísticamente a las densidades de 8 y 9 pl m⁻² (con una disminución de 3 y 4 % respectivamente); mientras que por el contrario el índice de área foliar aumento en un 67 % al incrementar la densidad de 6 a 12 pl m⁻², siendo esta diferencia estadísticamente significativa. Esto se explica por que a nivel de planta y con densidades bajas hay un mayor desarrollo de la estructura del follaje ya que existe mayor espacio y menor competencia entre plantas; en cambio a densidades mayores 12 pl m⁻² se da un efecto negativo del crecimiento por planta debido al sombreamiento mutuo de sus hojas; sin embargo, al manejarse con más plantas por m² el índice de área foliar aumenta y por lo tanto el porcentaje de luz interceptada por el dosel aumenta también. Por lo que dentro de ciertos límites se puede aumentar la fotosíntesis total del dosel, como consecuencia de incrementos en el índice de área foliar, ó mediante un cierre más rápido del dosel por medio de densidades mayores (12 pl m⁻²).

Cuadro 5. Comparación del área foliar por planta e índice de área foliar en jitomate para diferentes densidades.

Densidad	Área foliar por planta (dm ²)	Índice de área foliar
6 pl m ⁻²	65.34 a	3.016 c
8 pl m ⁻²	63.24 ab	3.891 b
9 pl m ⁻²	62.42 ab	4.321 b
12 pl m ⁻²	54.47 b	5.028 a
DMS (Tukey 0.05)	8.81	62.77

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

Sin embargo, si las densidades son muy altas el beneficio se puede perder; como lo menciona Pérez *et al.* (1997), la falta de luz dentro de un dosel de plantas por efecto de densidades disminuye la asimilación por planta, ocasionando flores pequeñas, apretadas, defectuosas y pobres en polen. De igual manera, Serrano (1996) indica que la luminosidad tiene una importancia grande principalmente cuando es escasa como por ejemplo cuando se emplean densidades altas, ya que afecta a la floración, fecundación y robustez de las plantas. También van De Vooren *et al.* (1986) menciona que, después de un cierto límite de índice de área foliar, como un efecto del sombramiento mutuo, se producen menos fotoasimilados por planta, lo que conduce a un menor número de frutos por planta y un menor diámetro y peso de fruto.

Para el estudio del área foliar por planta, así como para el índice de área foliar se analizaron 3 fechas a los 60, 90 y 120 días después de la siembra (Cuadro 6). Se observa que en el período de los 60 a los 90 dds se encontraron diferencias significativas tanto para área foliar por planta como para índice de área foliar y esto es debido a la etapa de desarrollo del cultivo. En esta etapa de 30 días tanto el área foliar por planta como el índice de área foliar se duplicaron.

Este incremento significativo tanto para área foliar por planta como para índice de área foliar se da por que es la etapa en la cual la planta desarrolla su máxima producción de follaje por la fase fenológica en que se encuentra (etapa de crecimiento). Sin embargo, cuando los frutos inician su etapa de crecimiento una gran cantidad de fotoasimilados producidos por la fuente son canalizados hacia los órganos de demanda (frutos) por lo que la capacidad de la planta por seguir acumulando área foliar e índice de área foliar se ve disminuido poco a poco como se aprecia durante el periodo comprendido entre lo 90 a los 120 dds.

Lo anterior coincide con lo señalado por Hurd *et al.* (1979) en relación a que la reducción del crecimiento vegetativo (fuente) es inevitable una vez que

gran parte de los fotoasimilados es dirigida hacia los frutos en crecimiento (demanda). También Ho (1984), expresa que una vez que los frutos inician su crecimiento, la tasa de crecimiento vegetativo decrece a un mínimo y unas 4 semanas después de la antesis el crecimiento de la raíz cesa por completo. Por lo que se puede decir que el crecimiento de los frutos ocurre a expensas del crecimiento vegetativo.

Cuadro 6. Comparación del área foliar por planta e índice de área foliar en jitomate para diferentes fechas.

Días después de la siembra (dds)	Área foliar por planta (dm ²)	Índice de área foliar
60	31.34 b	2.047 b
90	73.84 a	4.915 a
120	78.92 a	5.232 a
DMS (Tukey 0.05)	6.918	49.311

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

De acuerdo con Morgan (1986) se considera fundamental para el logro de rendimientos máximos que en las primeras etapas, la planta tenga las condiciones adecuadas para su desarrollo, ya que factores como luz, CO₂, temperatura, agua y macro y microelementos son factores que influyen directamente en la formación, crecimiento y fortalecimiento de una fuente (follaje) capaz de soportar la producción de fotosintatos para su posterior aprovechamiento en los frutos (órganos de demanda).

En la Figura 7 se aprecia el efecto de interacción entre densidades y fechas sobre el índice de área foliar. Este efecto se explica por que a los 60 dds el índice de área foliar solo aumentó al aumentar la densidad de 6 a 8 pl m⁻². El aumento de densidad de 8 a 12 pl m⁻² ya no provocó mayores índices de área foliar. En tanto, a los 90 y 120 dds, el aumento del índice de área foliar con el aumento de la densidad de 6 a 12 pl m⁻² fue prácticamente lineal.

En la Figura 8 se pueden analizar gráficamente los cambios del índice de área foliar a lo largo del tiempo. Se puede notar que en el periodo entre los 60 a los 90 días dds se da un incremento significativo del índice de área foliar en todas las densidades siendo mayor en la densidad de 12 pl m⁻².

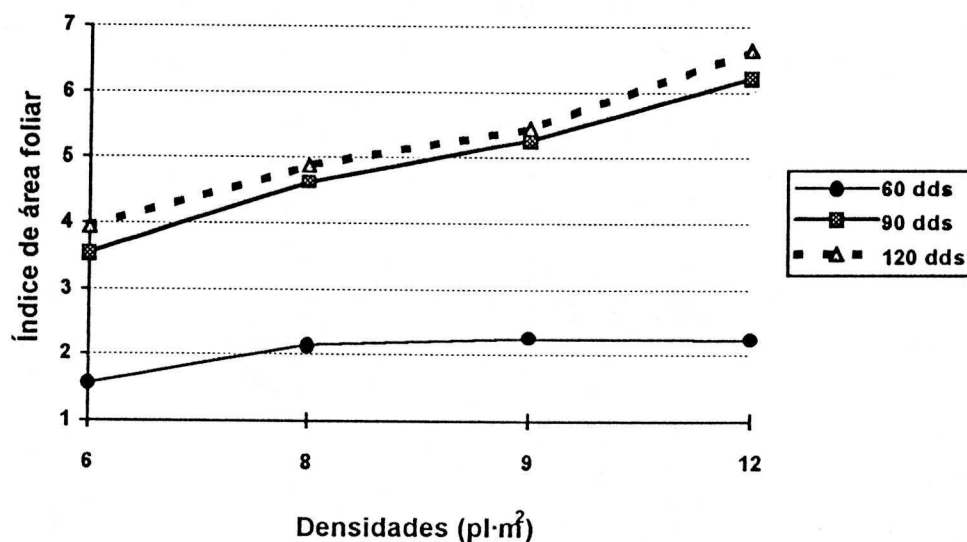


Figura 7. Efecto de las densidades y fechas sobre la variable índice de área foliar.

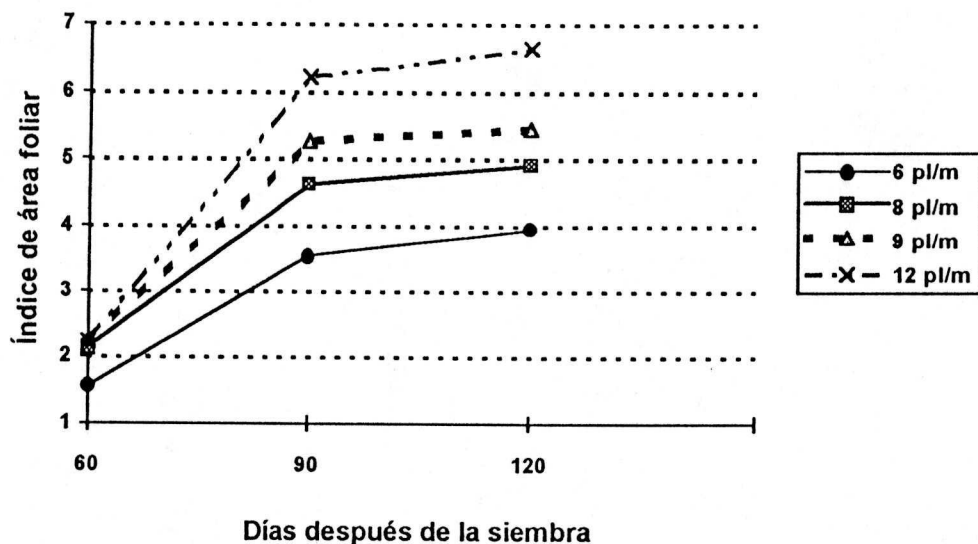


Figura 8. Índice de área foliar en diferentes fechas correspondiente a las densidades estudiadas.

Por otro lado, de los 90 a los 120 días después de la siembra se observa muy poco crecimiento de índice de área foliar, lo que se debe principalmente al despunte de las plantas a los 115 dds y de manera secundaria a que la fuerza de la demanda de los frutos fue muy grande y se utilizó un porcentaje muy alto de los fotoasimilados producidos para el crecimiento de los frutos.

6.2. Crecimiento de fruto en peso a lo largo del tiempo

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza reportados en el Cuadro 7 muestran diferencias altamente significativas entre días, podas de frutos y su interacción para el peso medio de fruto.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el peso medio del fruto, correspondiente a los factores días, poda de frutos y su interacción.

F. V. Estadísticos	G. L.	Fc
		Peso medio de fruto
Días	3	17260.91 **
Poda	2	278.59 **
Días*poda	6	171.85 **
CME	33	2.097
C. V. (%)		1.829
R ²		0.901
Media general		79.14

* Significativo $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$. N S = No significativo

En las pruebas de comparación de medias para el estudio del peso medio de fruto a lo largo del tiempo (Cuadro 8), se analizaron cuatro fechas a los 80, 95, 110 y 130 días después de la siembra (dds). Se observa que en el período de los 80 a los 95 dds los frutos pasaron de un peso de 21.92 g a 52.33 g, dándose un incremento de 30.41 g o sea 139 % de incremento en promedio. De igual manera en el período de los 95 a los 110 dds hubo un

incremento significativo en el peso medio de fruto (41.25 g) y del período de los 110 a los 130 dds (prácticamente a la cosecha) se dio también un incremento significativo de alrededor de los 55.17 g.

Como lo señalaron Monselise *et al.*, (1978), cuando el crecimiento de los frutos se expresa en términos de incrementos de peso fresco, peso seco o volumen en el tiempo, se obtiene una curva sigmoide en cada caso, correspondiente a tres estados de desarrollo; siendo baja la tasa de crecimiento durante el primer estadio, se acelera durante el segundo y declina durante el tercero.

Cuadro 8. Comparación del peso medio de fruto en jitomate para días.

Días después de la siembra (dds)	Peso medio de fruto (g)
80	21.92 d
95	52.33 c
110	93.58 b
130	148.75 a
DMS (Tukey 0.05)	1.59

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

La comparación de medias para los niveles de poda de frutos se presentan en el Cuadro 9 donde se puede apreciar que el nivel de poda de 3 frutos por racimo fue superior estadísticamente a los niveles de poda de 4 frutos por racimo y sin poda de frutos en relación al peso medio de frutos. Con este tratamiento de poda se obtienen frutos 16.4 % más pesados que con el testigo sin poda de frutos.

Lo anterior se puede explicar por que, al dejar solamente 3 frutos por racimo hay menor competencia por fotoasimilados y a la vez los fotoasimilados que se iban a utilizar en el desarrollo de los que se removieron quedan

disponibles para ser aprovechados por los frutos dejados en cada racimo, dando como resultado una mayor ganancia en peso y tamaño de fruto en comparación con el nivel de poda de 4 frutos por racimo y el nivel sin poda de frutos. Estos resultados dan sustento a la hipótesis postulada en relación a que la eliminación parcial de frutos en el racimo provoca un mayor diámetro y peso de frutos que permanecen en dicho racimo al momento de la cosecha.

Cuadro 9. Comparación del peso medio de fruto en jitomate para niveles de poda.

Niveles de poda	Peso medio de fruto (g)
Sin poda de frutos	72.56 c
4 frutos por racimo	80.44 b
3 frutos por racimo	84.44 a
DMS (Tukey 0.05)	1.25

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

De igual manera López *et al.*, (1977); Cancino (1990); Sánchez (1994) y Ponce (1995), mencionan que al realizar poda de frutos dentro de un racimo y entre racimos para dejar 1, 2 o 3 racimos por planta, una alta proporción de los fotoasimilados que se iban a usar en los últimos frutos quedan disponibles para el crecimiento de los frutos dejados, incrementándose el peso y tamaño de los mismos.

En la Figura 9 se gráfica el comportamiento del peso fresco del fruto a lo largo del tiempo para el nivel sin poda de frutos. Se aprecia que dentro de un racimo, los frutos distales inician su fase de crecimiento rápido hasta unos 15 días después que los proximales y medios, lo que se debe en parte a que se polinizan después y en parte a que al menos temporalmente los frutos proximales y medios hacen uso de la mayor parte de los fotoasimilados disponibles (mucha actividad demandante y limitación de la fuente); por otro

lado, al final del crecimiento (130 dds) se puede notar que los frutos proximales alcanzaron los pesos más altos en relación a los frutos medios y distales y que los frutos medios también crecieron más que los distales. Esto se puede explicar por la competencia que existe entre frutos dentro de un mismo racimo así como, entre racimos. Estos resultados dan sustento a la hipótesis de que en los racimos en que no se podan frutos, los frutos proximales son más grandes que los frutos medios y los frutos distales, y los frutos medios son más grandes que los distales.

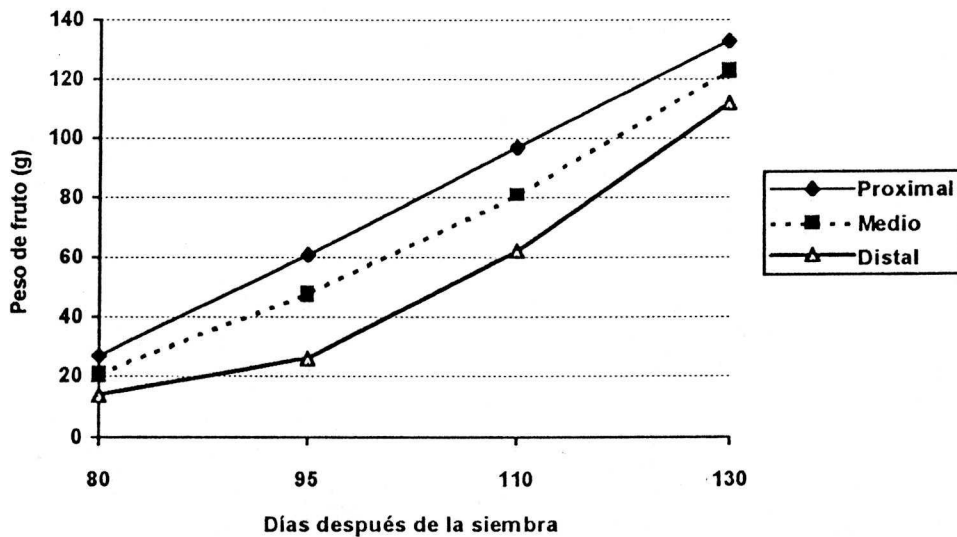


Figura 9. Comportamiento del peso fresco de fruto (g) en racimos tratada sin poda de frutos a través del tiempo en jitomate.

Fisher (1977) entre otros autores menciona que los primeros frutos tienen ventaja sobre los demás debido principalmente a que inicialmente crecen sin la competencia de éstos. Además, por aparecer primero los frutos proximales cuentan con un mayor periodo de crecimiento lo que le da mejores posibilidades de alcanzar un mayor tamaño y peso. De igual manera López *et al* (1977) plantea que la competencia que se establece entre los frutos de un

mismo racimo tiende a disminuir el tamaño del fruto por inflorescencia, siendo más pequeños los del extremo y por ende con menor peso.

El peso de fruto para los niveles de poda de 3 y 4 frutos por racimo se aprecia en las Figuras 10 y 11 respectivamente. En ambos casos, se nota que a pesar de que los frutos medios inician su crecimiento posterior a los proximales al final del periodo de crecimiento de los frutos (cosecha) el peso prácticamente es similar en ambos casos y esto probablemente se da por que al dejar 3 o 4 frutos por racimo los fotoasimilados que se iban a usar en el desarrollo de los que se removieron quedan disponibles para ser aprovechados por los frutos dejados en cada racimo dando como resultado a una mayor ganancia en peso en ambos tipos de frutos (proximales y medios), en comparación al nivel sin poda a donde se tienen los tres tipos de frutos (proximales, medios y distales) y esto es importante desde el punto de vista agronómico.

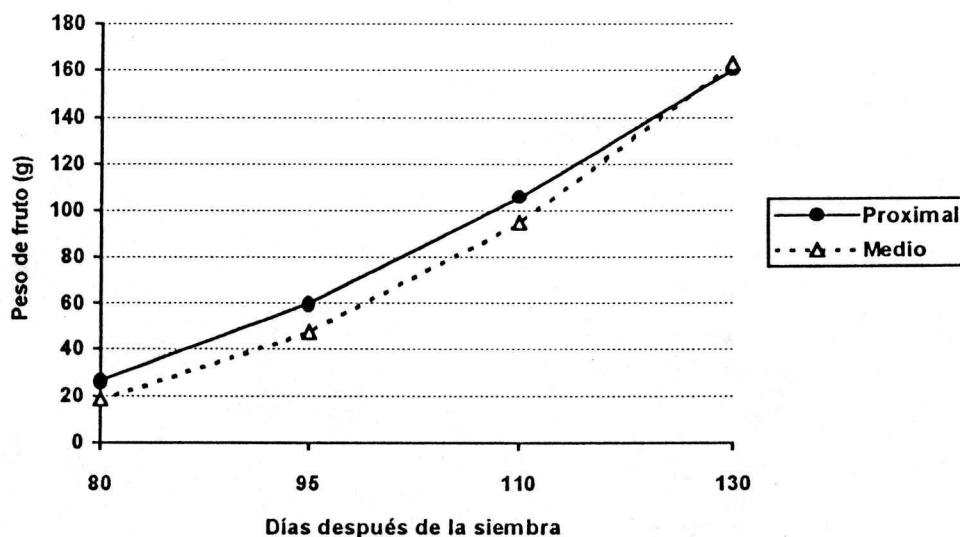


Figura 10. Comportamiento del peso fresco de fruto (g) en racimos dejado a 3 frutos a través del tiempo en jitomate.

Slack y Calvert (1977) indican que cuando varios racimos crecen y se desarrollan casi simultáneamente los requerimientos de carbohidratos pueden exceder a su producción lo que llega a afectar el desarrollo de nuevas inflorescencias así como el tamaño y peso de frutos amarrados. Por ello se considera que la eliminación de frutos o de una inflorescencia puede ser una solución.

También tiene que ver con lo que mencionan Walker y Ho (1977), que el aumento en el tamaño del órgano demandante es acompañado por una reducción más que proporcional en su actividad, lo que da por resultado una reducción en la fuerza de la demanda. Por lo que al principio del crecimiento del fruto el componente principal es la actividad demandante y hacia el final es el tamaño de la demanda.

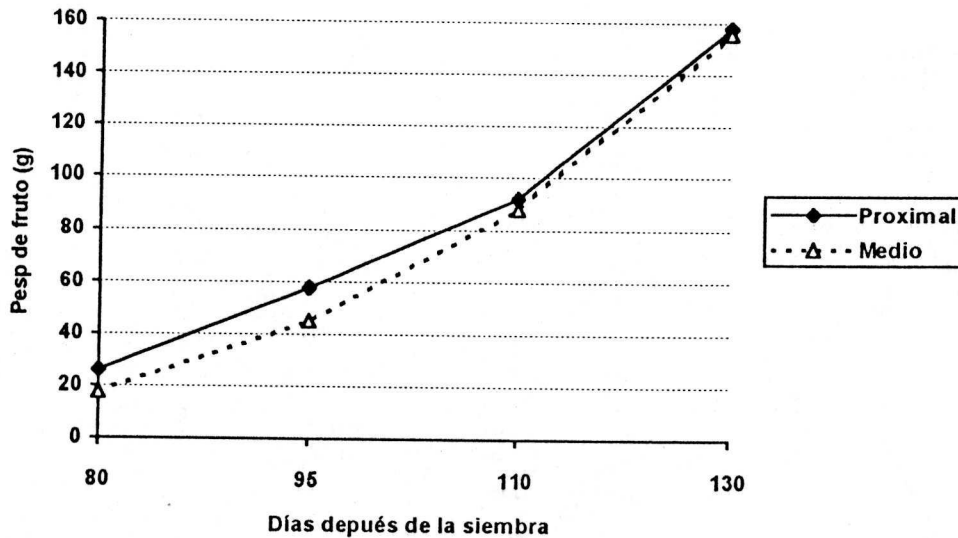


Figura 11. Comportamiento del peso fresco de fruto (g) en racimos dejado a 4 frutos a través del tiempo en jitomate.

6.3. Rendimiento y sus componentes

6.3.1. Rendimiento por unidad de superficie y sus componentes primarios

En el cuadro 10 se presentan las Fc calculadas del análisis de varianza para el rendimiento por unidad de superficie y sus componentes primarios. Se puede observar que tanto para el rendimiento global por unidad de superficie como para sus componentes primarios (número de frutos por unidad de área y peso medio de fruto) hubo diferencias altamente significativas entre densidades así como entre niveles de poda de frutos. La interacción densidad por poda no fue significativa para ninguna de las variables consideradas.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el rendimiento por unidad de superficie y sus componentes primarios, correspondiente a los factores densidad, poda de frutos y su interacción.

F. V. Estadísticos	G.L.	Fc		
		Rendimiento por unidad de área	Número de frutos por unidad de área	Peso medio de fruto
Densidad	3	48.04 **	94.35 **	22.57 **
Poda	2	32.07 **	120.10 **	59.99 **
Densidad*Poda	6	0.48 NS	1.50 NS	1.05 NS
CMEa	9	2.567	154.907	100.687
CMEb	24	4.571	200.055	86.451
C. V. (%)		13.44	11.94	6.58
R ²		0.86	0.95	0.90
Media general		15.90 kg·m ⁻²	118.42 frutos·m ⁻²	141.19 g

* Significativo $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$. N S = No significativo

Fc= $\frac{\text{Cuadrado Medio de la fuente de variación (del factor)}}{\text{Cuadrado Medio del error correspondiente}}$

CMEa= Cuadrado Medio del Error de parcelas grandes (densidades)

CMEb= Cuadrado Medio del Error de parcelas chicas (podas)

C.V.= $\frac{\text{Raíz cuadrada del CMEb}}{\text{Media general}}$

R² = $\frac{\text{Suma de Cuadrados del Modelo}}{\text{Suma de Cuadrado General}}$

En el Cuadro 11 se presentan las comparaciones de medias (Tukey $\alpha=0.05$) referentes al rendimiento por unidad de superficie y sus componentes para el factor densidad. Como se esperaba el rendimiento por unidad de superficie fue significativamente mayor en la densidad de 12 plantas por metro cuadrado (pl m^{-2}) con 19.94 kg m^{-2} en comparación con la densidad de 6, 8 y 9 pl m^{-2} . Similarmente al aumentar la densidad de 6 pl m^{-2} a 12 pl m^{-2} el número de frutos por unidad de superficie se incrementó en 103 %; aumento que se puede explicar debido a que la densidad también aumentó en un 100 % y no hubo un efecto depresivo sobre el número de frutos por planta con dicho incremento de densidad.

En cambio, el peso medio de fruto si disminuyó significativamente con el aumento de la densidad, obteniéndose el mayor peso (158.5 g) con la densidad de 6 pl m^{-2} y el menor con la de 12 pl m^{-2} (124.92 g), lo que representa un 27 % de disminución en el peso por fruto.

Cuadro 11. Comparación del rendimiento por unidad de superficie y sus componentes primarios en jitomate para el factor densidad.

Densidad	Rendimiento por m^2 (kg)	Número de frutos por m^2	Peso medio de fruto (g)
6 pl m^{-2}	12.46 c	80.50 d	158.50 a
8 pl m^{-2}	14.50 c	105.58 c	141.92 b
9 pl m^{-2}	16.72 b	124.25 b	139.42 b
12 pl m^{-2}	19.94 a	163.33 a	124.92 c
DMS (Tukey 0.05)	2.04	15.86	17.79

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

En relación con los niveles de poda de frutos la prueba de Tukey (Cuadro 12) indica que el rendimiento por unidad de superficie varió desde 13.14 kg m^{-2} , dejando 3 frutos por racimo, hasta 19.14 kg m^{-2} para el nivel sin poda de frutos. El número de frutos por unidad de superficie osciló desde 161.31 para el nivel sin poda de frutos hasta 85.94 dejando solo tres; Sin

embargo, el mayor peso promedio de fruto fue para el nivel de poda a tres frutos por racimo (156 g) y el menor para el nivel sin poda de frutos (121g).

Cuadro 12. Comparación del rendimiento por unidad de superficie y sus componentes primarios en jitomate para el factor poda de frutos.

Niveles de poda	Rendimiento por m^2 (kg)	Número de frutos por m^2	Peso medio de fruto (g)
Sin poda de frutos	19.14 a	161.31 a	121.12 c
4 frutos por racimo	15.44 b	108.00 b	146.5 b
3 frutos por racimo	13.14 c	85.94 c	156.00 a
DMS (Tukey 0.05)	1.88	12.48	8.21

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

6.3.2. Distribución proporcional de tamaños de fruto

En el Cuadro 13 se reporta el análisis de varianza en relación a la variabilidad en el tamaño de fruto. Existen diferencias altamente significativas entre densidades para el porcentaje de frutos extragrandes (mayores de 8 cm de diámetro) y medianos (entre 4 y 6 cm); así como, significativa para el porcentaje de frutos chicos (menores de 4 cm). En el mismo Cuadro se observa que entre los niveles de poda de frutos hubo diferencias altamente significativas tanto para el porcentaje de frutos extragrandes como para el porcentaje de frutos grandes, medianos y pequeños. En cuanto a la interacción entre densidades x poda solamente el porcentaje de frutos pequeños no resultó estadísticamente significativo al 5 % de probabilidad.

Referente a las comparaciones de medias para el porcentaje de frutos extragrandes, grandes, medianos y chicos el porcentaje de frutos extragrandes fue mayor a la densidad de 6 pl m^{-2} y el de frutos medianos la fue a 12 pl m^{-2} . Por otro lado, el porcentaje de frutos grandes fue similar en todas las densidades (Cuadro 14). Sin embargo, al convertir estos porcentajes a

números de frutos por unidad de superficie se tiene que con la menor densidad se obtuvieron 66 frutos por m², a la densidad de 8 pl m⁻² 86 frutos por m², a la de 9 pl m⁻² 101 frutos por m² y a la de 12 pl m⁻² 125 frutos por m²; por lo tanto hubo una diferencia entre la densidad menor y la mayor de 59 frutos por m² (89 % de incremento con respecto a 6 pl m⁻²), diferencia estadísticamente significativa (datos no reportados); lo que es muy importante desde el punto de vista agronómico.

En cuanto a frutos medianos y pequeños, la densidad de 12 pl m⁻² fue la que presentó el más alto porcentaje de éstos, siendo estadísticamente diferente al resto de las densidades.

Cuadro 13. Análisis de varianza para diferentes tamaños de fruto correspondiente a los factores densidad, poda de frutos y su interacción.

F.V. Estadísticos	G.L.	Fc			
		Porcentaje de frutos extragrandes (> 8 cm)	Porcentaje de frutos grandes (6 a 8 cm)	Porcentaje de frutos medianos (4 a 6 cm)	Porcentaje de frutos pequeños (< 4 cm)
Densidad	3	10.82 **	2.37 NS	14.11 **	5.32 *
Poda	2	24.19 **	22.79 **	69.25 **	34.29 **
Densidad*Pod	6	3.15 *	3.32 *	2.85 *	0.11
a					NS
CMEa	9	10.140	28.552	17.843	1.005
CMEb	24	8.289	27.999	13.047	1.565
C. V. (%)		29.52	6.58	27.52	37.30
R ²		0.84	0.79	0.91	0.79
Media general		4.83 %	80.38 %	13.12 %	1.62 %

* Significativo $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$. N S = No significativo

En el Cuadro 15 se presentan las comparaciones de medias realizadas por medio de la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. En dicho cuadro se

observa que el nivel de poda afectó en distinto grado al tamaño de fruto. Así, el mayor porcentaje de frutos extragrandes (8.35 %) se dio con tres frutos por racimo siendo estadísticamente diferente al de cuatro frutos por racimo (4.90 %) y al nivel sin poda de frutos (1.27 %). Para frutos grandes el mayor porcentaje fue para tres y cuatro frutos por racimo siendo iguales entre si pero estadísticamente superiores al nivel sin poda de frutos, todo lo contrario de lo que sucedió para el porcentaje de frutos medianos y pequeños a donde el mayor porcentaje se dio en el nivel sin poda de frutos.

Cuadro 14. Comparación del porcentaje de tamaños de fruto en jitomate para las diferentes densidades evaluadas.

Densidades	Porcentaje de frutos extragrandes (> 8 cm)	Porcentaje de frutos grandes (6 a 8 cm)	Porcentaje de frutos medianos (4 a 6 cm)	Porcentaje de frutos pequeños (< 4 cm)
6 pl m ⁻²	8.89 a	82.21 a	7.78 b	1.12 b
8 pl m ⁻²	4.63 b	81.15 a	12.73 b	1.37 ab
9 pl m ⁻²	4.24 b	81.29 a	12.99 b	1.38 ab
12 pl m ⁻²	1.59 b	76.89 a	18.97 a	2.60 a
DMS (Tukey 0.05)	4.06	6.81	5.38	1.28

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

Cuadro 15. Comparación del porcentaje de tamaños de fruto en jitomate para los distintos niveles de poda de fruto.

Niveles de poda	Porcentaje de frutos extragrandes (> 8 cm)	Porcentaje de frutos grandes (6 a 8 cm)	Porcentaje de frutos medianos (4 a 6 cm)	Porcentaje de frutos pequeños (< 4 cm)
Sin poda de frutos	1.27 c	73.12 b	21.73 a	3.71 a
4 frutos por racimo	4.90 b	84.60 a	9.71 b	0.85 b
3 frutos por racimo	8.35 a	83.44 a	7.91 b	0.30 b
DMS (Tukey 0.05)	2.54	4.67	3.19	1.10

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

De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que la mejor combinación desde el punto de vista comercial en cuanto a rendimiento y mayor número de frutos grandes y extragrandes por unidad de superficie es la densidad de 12 pl m² (con un índice de área foliar de 6.64), con el nivel sin poda de frutos.

Los niveles de poda no siguen la misma tendencia en cuanto a porcentaje de frutos grandes al aumentar la densidad (Figura 12), por lo que existe una interacción estadísticamente significativa. En dicha Figura se observa que con el nivel sin poda de frutos el porcentaje de frutos grandes disminuye de manera importante con la densidad, al podar frutos se puede aumentar considerablemente la densidad sin que disminuya el porcentaje de frutos grandes, lo que ayuda a compensar en alguna medida el rendimiento por unidad de superficie.

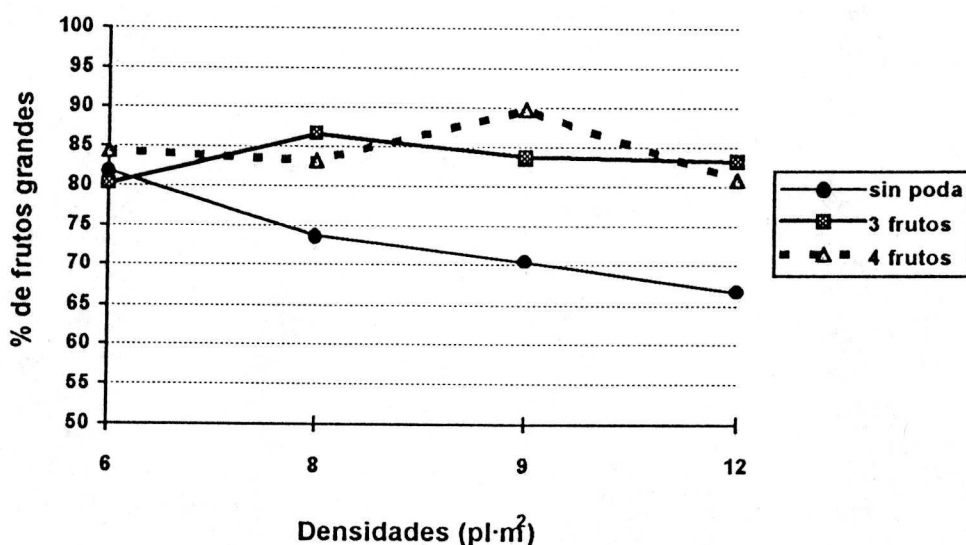


Figura 12. Efecto de las densidades y podas sobre la variable por ciento de frutos grandes.

Lo anterior se debe a que al aumentar la densidad, por efecto del sombreamiento mutuo se producen menos fotoasimilados por planta (limitación de la fuente), si la carga de frutos es grande los fotoasimilados se tienen que repartir entre más frutos tocándoles menos a cada uno, ocasionando una

disminución en su tamaño final. Al podar frutos (disminución de la fuerza de demanda) queda una mayor cantidad de asimilados disponibles por fruto, por lo que el aumento de la densidad hasta 9 pl m⁻² no ocasionó reducción en el tamaño del fruto.

Estos resultados da sustento a la hipótesis de que el índice de área foliar (o su equivalente en densidades de población) influye sobre el tamaño de fruto y también a la de que este efecto sobre el tamaño del fruto es diferente dependiendo de si se manipula la demanda mediante la eliminación o no de frutos en los racimos.

6.3.3. Diámetro y peso de frutos proximales y medios

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza (Cuadro 16), muestran que se encontraron diferencias significativas entre densidades para diámetro de frutos proximales y peso de frutos proximales y medios.

En cuanto a la poda de frutos todas las variables indicadas presentaron diferencias altamente significativas. La interacción de densidad por poda no fue significativa para ninguna de las variables.

En el cuadro 17 se presentan las comparaciones de medias referente al diámetro y peso de frutos proximales y medios. Se encontró que el diámetro de los frutos proximales fue significativamente mayor a la densidad de 6 pl m⁻²; sin embargo, para diámetro de frutos medios no existió diferencia. El peso medio de frutos proximales y frutos medios disminuyó significativamente con el aumento de la densidad.

Las comparaciones de medias para el diámetro y peso de frutos proximales y medios en función de los niveles de poda se reportan en el Cuadro 18. Se puede observar que el diámetro de frutos proximales y medios, y

el peso promedio de los mismos, fueron estadísticamente iguales para los niveles de poda tres y cuatro frutos por racimo, pero superiores ambos al nivel sin poda de frutos.

Cuadro 16. Análisis de varianza para diámetro y peso de frutos proximales y medios correspondiente a los factores densidad, poda de frutos y su interacción.

F.V. Estadísticos	G.L.	Fc			
		Diámetro de frutos proximales	Diámetro de frutos medios	Peso de frutos proximales	Peso de frutos medios
Densidad	3	4.33 *	3.07 NS	5.44 *	7.94 **
Poda	2	18.77 **	37.04 **	18.05 **	54.13 **
Densidad*Pod a	6	1.19 NS	1.02 NS	0.76 NS	1.73 NS
CMEa	9	0.058	2.640	226.361	238.280
CMEb	24	0.054	0.044	204.611	133.479
C. V. (%)		3.38	3.09	9.50	7.83
R ²		0.75	0.85	0.76	0.88
Media general		6.80 cm	6.83 cm	150.54 g	147.52 g

* Significativo $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$. N S = No significativo

Cuadro 17. Comparación del diámetro y peso de frutos proximales y medios en jitomate para densidades.

Densidades	Diámetro de frutos proximales (cm)	Diámetro de frutos medios (cm)	Peso de frutos proximales (g)	Peso de frutos medios (g)
6 pl m ⁻²	7.10 a	7.10 a	162.70 a	164.41 a
8 pl m ⁻²	6.77 ab	6.83 a	148.17 ab	148.75 ab
9 pl m ⁻²	6.83 ab	6.75 a	153.00 ab	145.00 ab
12 pl m ⁻²	6.76 b	6.70 a	138.33 b	135.17 b
DMS (Tukey 0.05)	0.31	0.44	19.17	19.67

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

Con estos resultados se pone en evidencia que tanto el efecto de la densidad como el de la poda de frutos distales sobre el tamaño y peso de los frutos es similar para los frutos proximales y medios.

Cuadro 18. Comparación del diámetro y peso de frutos proximales y medios en jitomate para los distintos niveles de poda de frutos.

Niveles de Poda	Diámetro de frutos proximales (cm)	Diámetro de frutos medios (cm)	Peso de frutos proximales (g)	Peso de frutos medios (g)
Sin poda de frutos	6.57 b	6.47 b	133.10 b	123.40 b
4 frutos por racimo	6.97 a	6.96 a	158.00 a	156.00 a
3 frutos por racimo	7.03 a	7.07 a	160.56 a	163.37 a
DMS (Tukey 0.05)	0.20	0.18	12.63	10.20

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

6.4. Rendimiento por racimo y sus componentes primarios para los factores densidad, poda de frutos, ubicación del racimo y sus interacciones.

En el Cuadro 19 se puede apreciar la presencia de diferencias significativas para el rendimiento por racimo, peso medio de fruto y tamaño medio de fruto correspondiente al factor densidad. De igual manera se encontraron diferencias altamente significativas entre niveles de poda, y ubicación del racimo tanto para rendimiento por racimo como para peso medio de fruto y tamaño medio de fruto. Referente al efecto de las interacciones solamente hubo diferencias altamente significativas entre la interacción densidad por poda para la variable rendimiento por racimo.

La comparación de medias para el rendimiento por racimo, peso y tamaño de fruto para el factor densidad se reportan en el Cuadro 20. En promedio el rendimiento por racimo fue de 590.44 g, pero fue significativamente mayor a la densidad de 6 pl m⁻² (648.61 g) en relación a la densidad de 12 pl m⁻² (545.78 g). Algo similar ocurrió para las variables peso medio de fruto y tamaño medio de fruto.

Cuadro 19. Análisis de varianza para rendimiento por racimo, peso y tamaño de fruto para los factores densidad, poda de frutos, ubicación del racimo y sus interacciones.

F. V. Estadísticos	G.L.	Fc		
		Rendimiento por racimo	Peso medio de fruto	Tamaño medio de fruto
Densidad	3	5.03 *	8.57 **	5.61 *
Poda de fruto	2	121.38 **	117.38 **	119.47 **
Racimo (ubicación)	2	8.07 **	17.75 **	9.88 **
Densidad*Poda	6	3.91 **	1.94 NS	2.06 NS
Densidad*racimo	6	0.34 NS	0.17 NS	0.63 NS
Poda*Racimo	4	0.83 NS	1.17 NS	1.40 NS
Densidad*Poda* Racimo	12	0.50 NS	0.51 NS	0.78 NS
CMEa	9	14571.618	429.487	0.135
CMEb	96	7896.706	190.104	0.054
C. V. (%)		15.050	9.378	3.405
R ²		0.782	0.801	0.793
Media general		590.44 g	147.03 g	6.80 cm

* Significativo $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$. N S = No significativo

A menor densidad se encontró mayor peso y tamaño de fruto y por ende mayor rendimiento por racimo. Sin embargo como ya se señaló al analizarlo en términos de rendimiento por unidad de superficie, este aumentó

significativamente al incrementar la densidad, siendo favorable desde el punto de vista económico el manejar la densidad de 12 pl m⁻².

Cuadro 20. Comparación del rendimiento por racimo, peso y tamaño de fruto en jitomate para el factor densidad.

Densidad	Rendimiento por racimo (g)	Peso medio de fruto (g)	Tamaño medio de fruto (cm)
6 pl m ⁻²	648.61 a	160.31 a	7.01 a
8 pl m ⁻²	601.50 ab	146.64 ab	6.74 ab
9 pl m ⁻²	565.86 ab	145.44 ab	6.70 ab
12 pl m ⁻²	545.78 b	135.72 b	6.67 b
DMS (Tukey 0.05)	88.82	15.25	0.27

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

En el Cuadro 21 se presentan las comparaciones de medias para el rendimiento por racimo, peso y tamaño de fruto para el factor poda. Se puede apreciar que el nivel sin poda de frutos fue el mejor en cuanto a rendimiento por racimo (740.90 g) superando estadísticamente a los niveles de cuatro y tres frutos por racimo (569.90 g y 460.52 g respectivamente); pero al hacer las comparaciones para peso y tamaño medio de fruto se tiene que los niveles de tres y cuatro frutos por racimo superan al nivel sin poda de manera significativa y esto se puede explicar a que al dejar solamente tres o cuatro frutos por racimo, hay una mayor cantidad de fotoasimilados disponibles por fruto por lo que se tiene como resultado una mayor ganancia en peso y tamaño de dichos frutos.

Al hacer un análisis comparativo entre los diferentes racimos de cada planta (Cuadro 22) se encontró que el tercer racimo tuvo un peso promedio de 629.4 g siendo estadísticamente superior al racimo uno y dos; en consecuencia el tercer racimo tuvo un mayor peso y tamaño medio de fruto en comparación a los racimos uno y dos.

Según varios autores (Fisher, 1977; Lipari y Paratore, 1986; Wolf y Rudich, 1988), los primeros racimos tienen ventaja sobre los demás ya que inicialmente crecen sin la competencia de éstos; además, por aparecer primero cuentan con un mayor periodo de crecimiento lo que le da mejores posibilidades de alcanzar un mayor peso y tamaño de fruto y por ende mayor rendimiento por racimo.

Cuadro 21. Comparación del rendimiento por racimo, peso y tamaño de fruto en jitomate para los distintos niveles de poda de frutos.

Niveles de poda	Rendimiento por racimo (g)	Peso medio de fruto (g)	Tamaño medio de fruto (cm)
Sin poda de frutos	740.90 a	122.40 b	6.37 b
4 frutos por racimo	569.90 b	156.21 a	6.98 a
3 frutos por racimo	460.52 c	162.47 a	7.03 a
DMS (Tukey 0.05)	43.18	6.70	0.11

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

Cuadro 22. Comparación del rendimiento por racimo, peso y tamaño de fruto en jitomate para el factor racimo.

Racimo	Rendimiento por racimo (g)	Peso medio de fruto (g)	Tamaño medio de fruto (cm)
1	557.21 b	139.68 b	6.71 b
2	584.71 b	145.22 b	6.77 b
3	629.40 a	156.17 a	6.91 a
DMS (Tukey 0.05)	43.18	6.70	0.11

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

De igual manera en un estudio realizado por Sánchez (1994) sobre varios aspectos generales de las relaciones entre fuente y demanda, efectuado específicamente con el sistema de despuntes para dejar dos o tres racimos por planta a altas densidades de población (16 a 12 plantas por m², respectivamente),

se demostró que los primeros racimos rindieron 25 % más que los segundos o los terceros y también Ponce (1995) encontró que los primeros racimos rindieron estadísticamente más en el caso de plantas conducidas a dos, tres o incluso seis racimos por planta.

Los resultados obtenidos en la presente investigación parecen contradecir lo anterior; sin embargo, el menor peso de los dos primeros racimos probablemente se debió a que durante la etapa de crecimiento de los frutos de estos racimos se dieron bajas temperaturas (menores de 12 °C) ocasionando a que los frutos no se desarrollaran en las condiciones óptimas de temperatura; en cambio, durante la etapa de desarrollo de los frutos del tercer racimo, las temperaturas aumentaron por lo que se vieron favorecidos para una mayor acumulación de materia seca, dándoles la ventaja de alcanzar mayor peso y tamaño en comparación con los frutos del primer y segundo racimo. Como lo indica Pearce (1993) el aumento en la temperatura de los frutos de jitomate promueve un aumento en la actividad metabólica de los mismos y por lo tanto incrementa la entrada de carbón y agua a los frutos resultando en un aumento de tamaño y peso. De igual forma Walker y Ho (1977) sostienen que las altas temperaturas promueven fuertemente la importación de asimilados por el fruto ya que se incrementa notablemente la hidrólisis de sacarosa creando un gradiente de concentración en el floema ocasionando un aumento en peso y tamaño de los mismos.

En la Figura 12 se observa que los niveles de poda de frutos no siguen la misma tendencia en cuanto al rendimiento por racimo al aumentar la densidad. Como se indicó, la interacción poda por densidad fue significativa. Cuando no se hizo poda de frutos el rendimiento por racimo disminuyó conforme se aumentaba la densidad, mientras que con los tratamientos en que se podaron frutos el rendimiento por racimo se mantuvo casi constante en todas las densidades; lo que es explicado por las diferentes relaciones fuente-demanda en cada caso. Cuando no se podaron frutos, la demanda era fuerte y

al aumentar la densidad, la fuente (cantidad de asimilados disponibles) se convirtió en el factor limitante ocasionando una disminución en el rendimiento. Al podar frutos la fuerza de la demanda disminuyó y la fuente fue suficiente para abastecer los frutos dejados aun en la densidad más alta.

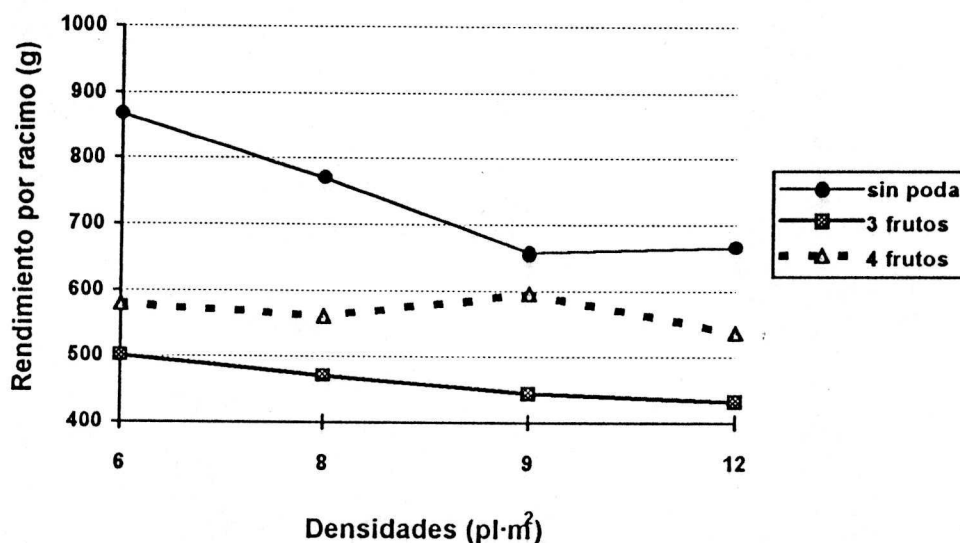


Figura 13. Efecto de las densidades y podas sobre la variable rendimiento por racimo.

6.5. Rendimiento por planta y sus componentes primarios para los factores densidad, poda de frutos, hilera y sus interacciones.

El análisis de varianza (Cuadro 23) muestra que se encontraron diferencias significativas entre densidades para el rendimiento por planta así como para peso y tamaño medio de fruto. Con respecto a los factores poda de frutos y ubicación de hileras hubo diferencias altamente significativas para todas las variables indicadas. No se encontraron diferencias significativas para las interacciones entre los diferentes factores.

En el Cuadro 24 se presentan las comparaciones de medias para el rendimiento por planta, peso y tamaño de fruto para el factor densidad. El rendimiento por planta fue significativamente mayor en la densidad de 6 pl m⁻²

en comparación a la de 12 pl m⁻², pero sin superar estadísticamente a la densidad de 8 pl m⁻². En el mismo Cuadro se puede observar que algo similar ocurrió para las variables peso y tamaño medio de fruto a donde los mayores valores se obtuvieron a la densidad de 6 pl m⁻² pero sin superar estadísticamente a la densidad de 8 pl m⁻², en ambos casos los valores para la densidad de 12 pl m⁻² fueron estadísticamente menores.

Cuadro 23. Análisis de varianza para rendimiento por planta, peso y tamaño de fruto correspondiente a los factores densidad, poda de frutos, ubicación de hileras y sus interacciones.

F. V. Estadísticos	G.L.	Fc		
		Rendimiento por planta	Peso medio de fruto	Tamaño medio de fruto
Densidad	3	7.65 **	5.54 *	5.91 *
Poda de frutos	2	95.46 **	70.22 **	67.75 **
Hilera (ubicación)	2	11.03 **	11.36 **	10.33 **
Poda*Densidad	6	1.91 NS	1.44 NS	1.37 NS
Poda*Hilera	4	2.25 NS	0.30 NS	0.49 NS
Densidad*Hilera	6	1.43 NS	1.13 NS	1.40 NS
Densidad*Poda* Hilera	12	1.10 NS	0.43 NS	0.51 NS
CMEa	9	93164.20	533.501	0.130
CMEb	252	100611.63	289.739	0.081
C. V. (%)		17.32	11.39	4.16
R ²		0.754	0.720	0.707
Media general		1831.37 g	149.44g	6.85 cm

* Significativo $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$. N S = No significativo

Lo anterior se explica porque a menor densidad hay menor competencia entre plantas por espacio, menor sombreadamiento mutuo y mayor porcentaje de hojas bien iluminadas, lo que propicia que produzcan más fotosintatos por día y por ende haya una mayor ganancia en peso y tamaño de los frutos. Sin

embargo, esta disminución del rendimiento por planta de alrededor del 15 % al pasar de 2024.33 g a la densidad de 6 pl m⁻² a 1712.22 g para la densidad de 12 pl m⁻² se ve sobrecompensado por un mayor porcentaje de incremento en cuanto a rendimiento por unidad de superficie al aumentar la densidad (60 % según datos del Cuadro 11), siendo esto muy importante desde el punto de vista agronómico y comercial.

Cuadro 24. Comparación del rendimiento por planta, peso y tamaño de fruto en jitomate para el factor densidad.

Densidad	Rendimiento por planta (g)	Peso medio de fruto (g)	Tamaño medio de fruto (cm)
6 pl m ⁻²	2024.33 a	161.10 a	7.05 a
8 pl m ⁻²	1845.75 ab	150.22 ab	6.81 ab
9 pl m ⁻²	1743.17 b	147.27 b	6.77 b
12 pl m ⁻²	1712.22 b	139.17 b	6.76 b
DMS (Tukey 0.05)	224.59	16.99	0.265

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

En niveles de poda de frutos hubo diferencias significativas en cuanto a la comparación de medias para la variable rendimiento, peso y tamaño de fruto (Cuadro 25). El rendimiento por planta varió desde 1412.24 g para el nivel de poda de tres frutos por racimo hasta 2302.31 g para el nivel sin poda de frutos. Sin embargo, para peso y tamaño medio de fruto los niveles de poda a tres y cuatro frutos por racimo superaron significativamente al nivel sin poda de frutos y esto se puede explicar porque al podar frutos la fuerza de la demanda disminuyó y la fuente ya no fue la limitante para abastecer de fotoasimilados a los frutos dejados, dando como resultado una mayor ganancia en peso y tamaño de los frutos que permanecieron al momento de la cosecha.

Sobresale el hecho de que aunque hay cierta compensación en el rendimiento al podar frutos, ésta es sólo parcial; indicando que los frutos aún

sin limitaciones en la fuente están limitados en su crecimiento; es decir hay una restricción probablemente genética que actúa a nivel hormonal o enzimático limitando la actividad demandante.

Cuadro 25. Comparación del rendimiento por planta, peso y tamaño de fruto en jitomate para los distintos niveles de poda de frutos.

Niveles de poda	Rendimiento por planta (g)	Peso medio de frutos (g)	Tamaño medio de frutos (cm)
Sin poda de frutos	2302.31 a	125.81 b	6.46 b
4 frutos por racimo	1779.58 b	158.96 a	7.10 a
3 frutos por racimo	1412.21 c	153.54 a	7.01 a
DMS (Tukey 0.05)	154.14	8.27	0.138

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

La comparación del rendimiento por planta, peso y tamaño de fruto para la ubicación de las hileras de plantas se muestran en el Cuadro 26. Las plantas ubicadas en las hileras de las orillas a lo largo de las tinas (hilera uno y dos) rindieron en promedio 1911.82 g en comparación con las plantas de las hileras centrales (hilera tres) que rindieron 1670.48 g (14.4 % menos), siendo esta diferencia estadísticamente significativa y muy importante desde el punto de vista económico. De igual manera las plantas de las hileras exteriores tuvieron mayor peso y tamaño de fruto (153.96 g y 6.91 cm respectivamente), en comparación con las interiores que tuvieron un peso medio de fruto de 140.60 g y un tamaño medio de 6.72 cm.

Lo anterior se puede explicar debido a que las plantas de las hileras exteriores por no tener competencia completa tienen mayor captación de luz solar durante el día y mayor espacio para su desarrollo, permitiendo con ello una mayor producción y acumulación de fotoasimilados para importar a los órganos de demanda de interés agronómico (fruto), a diferencia de las plantas interiores las cuales se encuentran sombreadas entre sí, por lo que se ven

desfavorecidos en cuanto al nivel de fotosíntesis y acumulación de fotosintatos para importar a sus órganos de demanda.

También se puede apreciar que las plantas ubicadas al este en las hileras exteriores de las tinas (hilera 1) rindieron en promedio 1972.63 g en comparación con las plantas ubicadas al oeste (hilera 2) que rindieron 1851 g, existiendo una diferencia de 121.63 g por planta, siendo esta diferencia importante desde el punto de vista económico aunque no alcanzó a diferir estadísticamente. Algo similar ocurrió con las variables peso y tamaño medio de fruto, a donde las plantas que se desarrollaron al este (hilera 1) también presentaron fuerte tendencia a ser estadísticamente mayores en comparación con las plantas que estuvieron ubicadas al oeste (hilera 2).

Cuadro 26. Comparación del rendimiento por planta, peso y tamaño de fruto en jitomate para el factor ubicación de hileras.

Hileras	Rendimiento por planta (g)	Peso medio de fruto (g)	Tamaño medio de fruto (cm)
1	1972.63 a	157.02 a	6.98 a
2	1851.00 a	150.69 a	6.85 a
3	1670.48 b	140.60 b	6.72 b
DMS (Tukey 0.05)	154.14	8.27	0.138

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

Estas diferencias se pueden explicar debido a condiciones más propicias para la fotosíntesis (mayor irradiancia, menor nublados, mayor conductancia estomática, mejor estatus hídrico, menor temperatura y menor fotorespiración) por las mañanas que por las tardes, por lo que las plantas ubicadas al este pudieron verse favorecidos por una mayor mayor acumulación de fotoasimilados por día y en consecuencia por una mayor ganancia en peso y tamaño de frutos y redundando en un mayor rendimiento por planta, en comparación con las plantas que se desarrollaron al oeste.

Estos resultados dan sustento a la hipótesis postulada en relación a que la densidad de población (o su equivalente a índice de área foliar) o la poda parcial de frutos en cada racimo influyen de manera diferente sobre el tamaño de frutos y el rendimiento por unidad de superficie de cada una de las hileras de plantas que conforman una cama de cultivo con orientación norte-sur.

6.6. Rendimiento por planta y sus componentes primarios para el nivel sin poda de frutos.

Para estudiar más a fondo el efecto de la densidad y de la ubicación de las plantas en el dosel sobre el rendimiento por planta y sus componentes primarios (número de fruto por planta y peso medio de fruto) se efectuó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias utilizando sólo los datos de los tratamientos a las que no se les aplicó poda parcial de frutos, esto con el propósito de facilitar la interpretación de resultados al eliminar la confusión que puede ocasionar el incluir también los distintos tratamientos de poda de frutos.

En el cuadro 27 se puede notar la presencia de diferencias altamente significativas para el rendimiento por planta y peso medio de fruto correspondiente a los factores densidad y ubicación de hileras. De igual manera se encontraron diferencias significativas entre hileras para número de frutos por planta. En relación a la interacción densidad por hilera esta no fue significativa para ninguna de las variables evaluadas.

La comparación de medias a nivel de planta para las diferentes densidades se presentan en el cuadro 28. El rendimiento por planta fue significativamente mayor a la densidad de 6 pl m⁻² en relación a la de 9 y 12 pl m⁻², pero sin superar estadísticamente a la densidad de 8 pl m⁻². Algo similar ocurrió para la variable peso medio de fruto. Por otro lado, para número de frutos por planta no hubo diferencias significativas entre densidades; por lo

que la diferencia en rendimiento por planta se debió principalmente a la diferencia que hubo en el peso medio de fruto entre las cuatro densidades evaluadas. Sin embargo, como ya se señaló anteriormente al analizarlo en términos de rendimiento por unidad de superficie este aumenta significativamente al aumentar la densidad, siendo favorable desde el punto de vista económico.

Cuadro 27. Análisis de varianza para rendimiento por planta, peso y número de fruto correspondiente a los factores densidad, hilera y su interacción.

F. V. Estadísticos	G.L.	Fc		
		Rendimiento por planta	Peso medio de fruto	Número de fruto por planta
Densidad	3	6.42 **	5.44 **	1.37 NS
Hilera	2	9.20 **	7.01 **	3.29 *
Densidad*Hilera	6	1.22 NS	1.32 NS	1.58 NS
CME	33	137323.84	219.86	4.154
C. V. (%)		16.095	11.785	11.091
R ²		0.603	0.601	0.65
Media general		2302.31 g	125.81 g	18.37

* Significativo $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$. N S = No significativo

Se puede por lo tanto aumentar el tamaño y peso de los frutos manipulando la fuente a través de la disminución de la densidad de población; sin embargo, esto ocasiona una disminución en el rendimiento por unidad de superficie que no alcanza a ser compensada económicamente con el mayor precio que se puede obtener por kilogramo con los frutos más grandes obtenida con la menor densidad, pues como ya se señaló anteriormente en términos absolutos el número de frutos grandes y extragrandes por unidad de superficie no disminuye sino que incluso aumenta en la mayor densidad evaluada.

Cuadro 28. Comparación del rendimiento por planta, peso y número de fruto en jitomate para el factor densidad.

Densidad	Rendimiento por planta (g)	Peso medio de fruto (g)	Número de fruto por planta
6 pl m ⁻²	2660.8 a	139.58 a	18.92 a
8 pl m ⁻²	2359.8 ab	126.42 ab	18.83 a
9 pl m ⁻²	2128.0 b	120.33 b	18.33 a
12 pl m ⁻²	2060.8 b	116.92 b	17.42 a
DMS (Tukey 0.05)	409.22	16.374	2.25

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

Al hacer el análisis de la comparación de medias para el factor hileras (Cuadro 29), se puede apreciar que las plantas ubicadas en las hileras de las orillas a lo largo de las tinas (hileras uno y dos) rindieron 23.7 % más en comparación con las plantas de las hileras centrales (hilera tres), siendo esta diferencia estadísticamente significativa. Algo similar ocurrió para el peso y número de fruto por planta. La explicación de estas diferencias son similares a lo ya señalado en el Cuadro 26.

Lo anterior lleva a plantear como una línea de interés el hacer investigación sobre diferentes arreglos de plantas basada en la misma densidad de población pero con menos hileras centrales buscando una mejor iluminación. Se sugiere por ejemplo comparar el tratamiento que actualmente se maneja comercialmente de 10 pl m⁻² dispuesta en cuatro hileras a lo largo de tinas de 1.2 m de ancho, contra tratamientos con la misma densidad pero disponiendo las plantas en tres hileras con mayor separación entre hileras y menor separación entre plantas (Figura 14).

Con respecto a las plantas ubicadas al este en las hileras exteriores de las tinas (hilera uno), rindieron 140.6 g más en comparación con las plantas ubicadas al oeste (hilera dos); siendo esta diferencia importante desde el punto de vista económico. Algo parecido ocurrió para el peso medio de fruto; sin

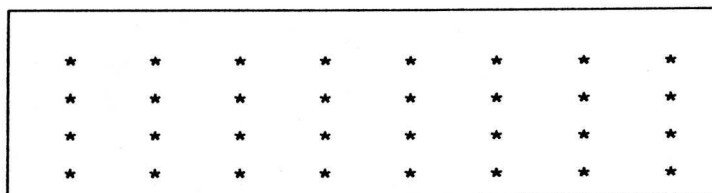
embargo, el número de frutos por planta, en ambas hileras fue similar, por lo que la diferencia en rendimiento por planta se debió principalmente a la variación del peso medio de fruto. Esta diferencia se puede explicar debido a las diferentes condiciones microclimáticas que se dan en cada hilera, lo que ya se mencionó anteriormente (Cuadro 26).

Cuadro 29. Comparación del rendimiento por planta, peso y número de frutos en jitomate para la ubicación de hileras.

Hileras	Rendimiento por planta (g)	Peso medio de fruto (g)	Número de fruto por planta
1	2529.7 a	134.75 a	19.00 a
2	2389.1 a	127.37 ab	18.81 a
3	1988.2 b	115.31 b	17.31 a
DMS (Tukey 0.05)	321.49	12.86	1.76

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

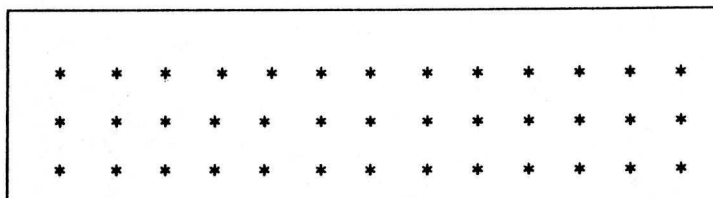
E



Cuatro hileras dispuestas a lo largo de tinas de 1.2 m de ancho
Distancia entre plantas 33 cm y distancia entre hileras 30 cm

N

S



Tres hileras dispuestas a lo largo de tinas de 1.2 m de ancho
Distancia entre plantas 22 cm y distancia entre hileras 45 cm

O

Figura 14. Esquema de dos distribuciones de plantas con la misma densidad de población (10 pl m^{-2}).

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio para plantas de jitomate cultivar 'Daniela' conducidas a tres racimos con cuatro densidades de población (6, 8, 9 y 12 pl m²) y tres niveles de poda de frutos (sin poda de frutos, 3 y 4 frutos por racimo) se concluye lo siguiente:

1. La disminución de la densidad de población (incremento en la capacidad de la fuente provocó un aumento en el tamaño y peso de los frutos; sin embargo, esto ocasionó una disminución en el rendimiento por unidad de superficie que no alcanza a ser compensado económicamente con el mayor valor que se puede obtener por kilogramo con los frutos grandes obtenidos con la menor densidad.
2. Aunque hubo un mayor porcentaje de frutos grandes y extragrandes con las menores densidades, en términos absolutos el número de estos frutos, así como el rendimiento por unidad de superficie no disminuyó sino que incluso aumentó en la mayor densidad evaluada.
3. Para cualquiera de las densidades evaluadas, la eliminación de un porcentaje de frutos en cada racimo provocó un mayor diámetro y peso de los frutos que permanecieron en dicho racimo al momento de la cosecha, pero la disminución del rendimiento por unidad de superficie fue de tal magnitud que el sobreprecio de los frutos grandes no alcanza a compensar económicamente esa merma.
4. Cuando no se hizo poda de frutos el rendimiento por racimo disminuyó conforme se aumentó la densidad, mientras que los tratamientos en que se podaron frutos el rendimiento por racimo se mantuvo casi constante en todas las densidades evaluadas.

5. Independientemente del aumento de la densidad de población ó la poda parcial de frutos el rendimiento por racimo, peso y tamaño medio de fruto fue superior en el racimo tres en comparación con los racimos uno y dos.
6. Las plantas ubicadas en las hileras de las orillas a lo largo de las tinas rindieron más y tuvieron mayor peso y tamaño de fruto en comparación con las plantas centrales.
7. Las plantas que se desarrollaron al este en las hileras exteriores de las tinas presentaron fuerte tendencia hacer estadísticamente mayores en cuanto a rendimiento por planta, peso y tamaño medio de fruto en comparación con las plantas que estuvieron ubicadas al oeste.
8. En los racimos en que no se podaron frutos, los frutos proximales fueron más grandes que los frutos medios y distales, y los frutos medios fueron más grandes que los distales.
9. La mejor combinación desde el punto de vista comercial en cuanto a rendimiento y mayor número de frutos grandes y extragrandes por unidad de superficie fue la densidad de 12 pl m⁻² con un índice de área foliar de 6.64 y con el nivel sin poda de frutos.

BIBLIOGRAFÍA

- Adamson, R. M. and E. F. Mass., 1981. Soilless culture of seedless greenhouse cucumber and sequence cropping. Publication 1725. Minister of Supply and Services of Canada. Ottawa Canada. pp. 25.
- Atherton, J. G. and G. P. Harris., 1986. Flowering In: The tomato crop. Atherton, J. G. and J. Rudich (editores). Chapman and Hall. Londres, Inglaterra. pp. 167-200.
- Aung, L. H.; and W. C. Kelly., 1966. Influence of defoliation on vegetative, floral and fruit development in tomatoes (Lycopersicon esculentum Mill.). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89:563-570.
- Cancino B., J. F., 1990. Efecto del despunte y densidad de población en dos variables de jitomate (Lycopersicon esculentum Mill.) en hidroponía bajo invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México. (Tesis profesional).
- Cancino B, J., F. Sánchez Del C, y P. Espinoza R., 1990. Efecto del despunte y densidad de población en dos variedades de jitomate (Lycopersicon esculentum Mill.) en hidroponía bajo invernadero. Revista Chapingo 73-74: 26-30. Departamento de Fitotecnia, UACH. Chapingo, México.
- Charles-Edwards. D. A., D. Doley and G. M. Rimmington. 1986. Modelling plant growth and development. Academic Press. Sydney, Australia. pp. 72-75.

- De Santiago, J., 1997. Hortalizas en invernadero: Canadá, Estados Unidos y México. Productores de Hortalizas N° 3:8-9. Marzo de 1997.
- Damon, S., J. D. Hewitt, M. Nieder, and A. B. Bennett., 1988. Sink metabolism in tomato fruit. II. Phloem unloading and sugar uptake. *Pl. Physiol.* 87(3):731-736.
- Durán, C. I., 1989. Estudio de los efectos de los retardadores del crecimiento Cycocel B-nueve en jitomate (Lycopersicon esculentum Mill.) en hidroponia bajo invernadero rustico. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México. (Tesis profesional).
- Fisher, K. J., 1975. Effect of the amount and position of leaf tissue on the yield of single-truss tomatoes. *Scientia Horticulturae* 3:303-308.
- Fisher, K. J., 1977. Competition effects between fruit trusses of the tomato plant. *Scientia Horticulturae* 7: 37-42.
- Folquer, R. F., 1979. Estudio de la planta y su producción comercial. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 105 pp.
- Garza López, J., 1985. Las hortalizas cultivadas en México, características botánicas. Depto. de Fitotecnia, Uach. Chapingo, México. pp 4-6.
- Hewitt, J. D. and M. Marrush., 1986. Remobilization of nonstructural carbohydrates from vegetative tissues to fruits in tomato. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 111(1): 142-145.

- 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., 1984. Partitioning of assimilates in fruit tomato plants. *Plant Growth Regulation* 2:277-285.
- Ho, L. C., A. F. Shaw, J. B. Hammaond and K. S. Burton., 1983. Source- sink relation ships and carbon metabolism in tomato leaves 1. ¹⁴C assimilate compartmentation. *Ann. Bot.* 52: 365-372.
- Hurd, R. G. and A. J. Cooper., 1970. The effect of early low temperature treatment on the yield of single inflorescence tomatoes. *J. Hort. Sci.* 45:19-27.
- Hurd, R. G., Gay and A. C. Mountfiel., 1979. The effect of partial flower removal on the relation between root, shoot and fruit growth in the indeterminate tomato. *Ann. App. Biol.* 93: 77-89.
- Iñiguez, G. A., 1991. El jitomate (Lycopersicon esculentum Mil.), aspectos relevantes para su cultivo en México. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México. (Tesis profesional).
- Khan, A. A. and G. R. Sagar., 1967. The distribution of the products of photosynthesis of the leaves of a tomato plant during the phase of fruit production. *Horticultural Research* 7:61-69.
- Kinet, J. M., 1977. Effect of defoliation and growth substances on the development of the inflorescense in tomato. *Scientia Horticulturae*, 6:27-35.

- Lee, D. R., 1988. Vasculature of the abscission zone of tomato fruit: implications for transport. *Can. J. Bot.* 67:1898-1902.
- Lipari, V. and A. Paratore., 1986. Effects of auxin on competition between trusses of the tomato plant. *Acta Horticulturae* 191:171-177.
- López, L. F. y Chan C., J. L., 1977. The effect of spacing and prunning methods on the yield and quality of staket tomatoes. *Hort. Abst.* 46(7):392.
- Maroto, B. J. V., 1986. *Horticultura herbácea especial*. De. Mundi-prensa. Madrid, España. 589 pp.
- 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. *J. Hort. Sci.* 64(3):331-338.
- Monselise, S. P., A. Varga and Bruinsma., 1978. Growth analysis of tomato fruits. *Lycopersicon esculentum* Mill. *Ann. Bot.* 42:1245-1247.
- Morgan, J. V., 1986. Chemical and environmental control of growth during propagation of tomato plants for trasplanting. *Acta Horticulturae*, 190: 523-530.
- Muñoz, R. M., R. Altamirano C., J. Carmona M., J. Trujillo F., G. López C. y A. Cruz A., 1995. Desarrollo de ventajas competitivas en la agricultura: El caso del tomate rojo. SAGDER. CUESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 120 pp.

- Pearce B. D., R. I. Grange and K. Hardwick., 1993. The growth of young tomato fruit. I. Effects of temperature and irradiance of fruit grown in controlled environments J. Hort. Sci. 68(1):1-11
- Pérez, G. M., Márquez; S. F. y Peña, L. A., 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Primera edición. Chapingo, Edo. de Méx. 380 pp.
- Ponce, O. J., 1995. Evaluación de diferentes densidades de plantación y niveles de despunte de jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) en hidroponia bajo invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, Méx. (Tesis profesional) 96 pp.
- Ponce, O. J., 1998. Efecto de modificaciones al ambiente y a las relaciones fuente-demanda sobre la floración de jitomate. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México. (Tesis de Maestría en Ciencias) 70 pp.
- Romero, F. E. y G. Díaz A., 1982. Cultivo del tomate en condiciones hidropónicas bajo invernadero: el cuánto, cuando y cómo regar. Memorias del Primer Encuentro Nacional de Docentes e Investigadores en el Manejo de los Recursos Hidráulicos. C. P. CRECIDATH. Veracruz, México.
- Russell, C. R. and D. A. Morris., 1982 Patterns of assimilate distribution and source-sink relationships in the young reproductive tomato plant (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Ann. Bot. 52: 357-363.

- Russell, 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.
- SAGAR, 1996. Boletín mensual de información básica del sector agropecuario y forestal. Abril 1996. p. 165. México.
- Sánchez-Román B. F., 1981. Hidroponia en Quintana Roo. México, D. F. (inédito). 78 pp.
- Sánchez Del C. F., y E. Escalante R., 1989. Hidroponia: Un Sistema de Producción. UACH. Chapingo, Méx. (tercera edición) 194 pp.
- Sánchez Del C., F., P. Espinosa R. y E. Escalante R., 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. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Edo. de México. (Tesis de Maestría en Ciencias).
- Sánchez Del C. F. y T. Corona, S., 1994. Evaluación de cuatro variedades de jitomate bajo un sistema hidropónico a base de despuntes y altas densidades. Revista Chapingo. Serie Horticultura 1(2): 109-114.
- Sánchez Del C. F., 1997. Valoración de características para la formación de un arquetipo de jitomate apto para un ambiente no restrictivo. Colegio

de Posgraduados. Montecillos, Edo. de México. (Tesis de Doctorado en Ciencias) 189 pp.

Sánchez Del C. F. y Ponce, O. J. 1998. Proyecto de producción de hortalizas en hidroponia bajo invernadero en el Valle de San Fernando. Chapingo, México.

SARH., 1993. Anuario Estadístico de Producción. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Mexico, D. F.

Serrano, C. Z., 1979. Invernaderos: instalación y manejo. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. 445 pp.

Serrano, C. Z., 1996. Veinte cultivos de hortalizas en invernadero. Editorial RALLI, S. A. Sevilla, España. 638 pp.

Shishido, Y., N. Seyama, S. Imada and Y. Hori., 1989. Carbon budget in tomato plants as affected by night temperature evaluated by steady state feeding with $^{14}\text{CO}_2$. Ann. Bot. 63: 357-367.

Slack, G. and A. Calvert., 1977. The effect of truss removal on the yield of early sown tomatoes. J. Hort. Sci. 52:309-315.

Sonnewald, U. and L. Willmitzer., 1992. Molecular approaches to sink source. Pl. Physiol. 99: 1267-1270.

Tamaro, D., 1988. Manual de horticultura. Ed. G. Gili, S. A. de C. V. Méx., D. F. 510 pp

Valadez, L. A. 1990. Producción de hortalizas. Ed. LIMUSA. Méx. D. F. 298 pp.

- 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 (editores). Chapman and Hall. U. K.
- Veliath, J. A. and A. C. Ferguson., 1972. The effect of deblossoming on fruit size, yield and earliness in tomato. HortScience 7:278-279.
- Walker, A. J. and L. C. Ho., 1977. Carbon translocation in the tomato: carbon import and fruit growth. Ann. Bot. 41: 813-823.
- Wolf, S. and J. Rudich., 1988. The growth rates of fruits on different parts of the tomato plants and the effect of water stress on dry weight accumulation. Sci. Hort. 34: 1-11.
- Yoshioka, H. and K. Takahashi., 1984. Studies on the translocation and accumulation of photosynthates in vegetables VII. Source-sink relationships in tomato. Bulletin of the vegetable and ornamental Crops Research Station, A. Ano, Mie 14:1-9. En Horticultural Abstracts 57: 1199.