

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



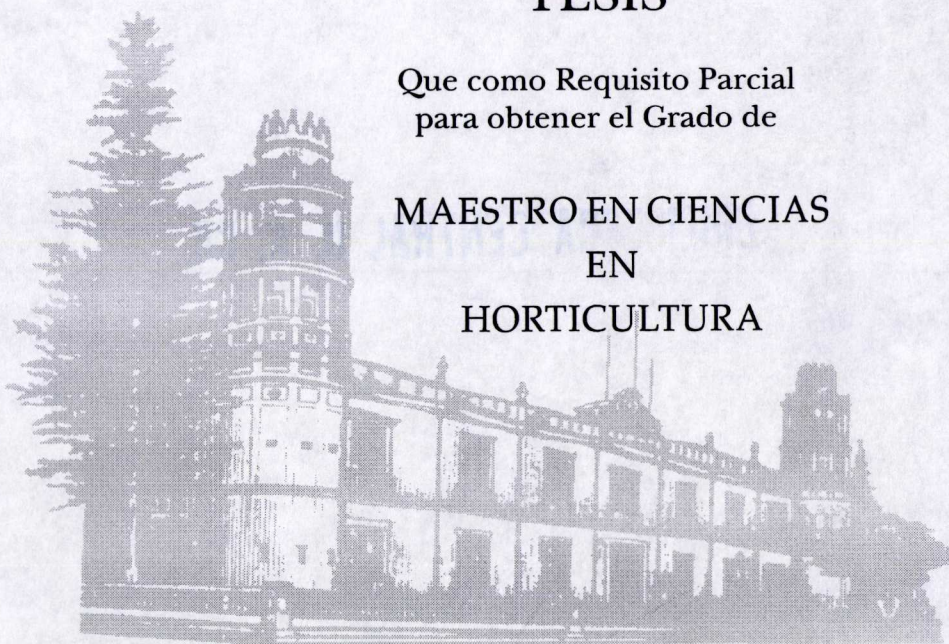
DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
COMISION DE EXAMENES PROFESIONALES

EFFECTO DE MODIFICACIONES AL AMBIENTE
Y A LAS RELACIONES FUENTE-DEMANDA
SOBRE LA FLORACIÓN DE JITOMATE

TESIS

Que como Requisito Parcial
para obtener el Grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
EN
HORTICULTURA



PRESENTA

JAIME PONCE OCAMPO

Bib 87696

Chapingo, Méx., Noviembre de 1998



**EFFECTO DE MODIFICACIONES AL AMBIENTE Y A LAS RELACIONES
FUENTE-DEMANDA SOBRE LA FLORACIÓN DE JITOMATE**

**Tesis realizada por JAIME PONCE OCAMPO, bajo la dirección del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:**

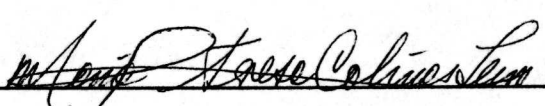
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

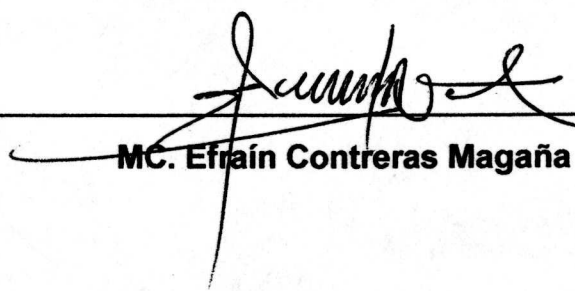
DIRECTOR _____


Dr. Felipe Sánchez Del Castillo

ASESOR _____


Dra. María Teresa Colinas León

ASESOR _____


MC. Efraín Contreras Magaña

A-33356

**Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, Estado de México, Noviembre de 1998**

**EFFECTO DE MODIFICACIONES AL AMBIENTE Y A LAS RELACIONES
FUENTE-DEMANDA SOBRE LA FLORACIÓN DE JITOMATE.**

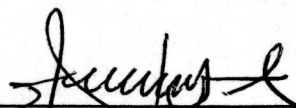
El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de JAIME PONCE OCAMPO autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura estuvo constituido por:

PRESIDENTE  _____

Dr. Felipe Sánchez Del Castillo

ASESOR  _____

Dra. María Teresa Colinas León

ASESOR  _____

MC. Efraín Contreras Magaña

DATOS BIBLIOGRÁFICOS

El autor de la presente tesis Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia JAIME PONCE OCAMPO, es originario de Santa Isabel, municipio de Ahuacatlán, Nayarit. México; donde nació el 21 de Septiembre de 1968. 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: "Evaluación comercial de diferentes densidades de plantación y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en hidroponia". En investigación ha participado como asesor en el jurado evaluador en tesis de nivel licenciatura con temas relacionados a la generación y optimización de paquetes tecnológicos de producción de hortalizas en hidroponia bajo invernadero y paquetes tecnológicos para la producción de forraje en hidroponia. En el aspecto profesional ha ocupado cargos de Administración Técnica en las empresas Granja Teresita por tres años e Industrial Agropecuaria Junco por dos años. Ha diseñado y elaborado proyectos para la producción de hortalizas en hidroponia bajo invernadero.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas:

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

A la Universidad Autónoma Chapingo y especialmente al Departamento de Fitotecnia por las facilidades que me otorgaron.

Al Dr. Felipe Sánchez Del Castillo por su valiosa dirección, enseñanzas, estímulo, apoyo y paciencia, pero sobre todo por la amistad sincera que siempre me ha brindado.

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

Al M.C. Efraín Contreras Magaña por su asesoría y apoyo que me brindó en la investigación, pero sobre todo por la amistad que nos une.

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 y al MVZ. Antonio Junco Rey, por las facilidades que me brindaron para realizar el experimento en sus instalaciones, espero que el conocimiento generado sea también en su beneficio.

Al Ing. Guadalupe Molina Siaruqui e Ing. Isaias Ucan Chan por su apoyo en la investigación, pero sobre todo por su gran amistad.

A la C.P. Beatriz Jaspeado Mendoza y Georgina Escalante Gaona, personal administrativo de la empresa Industrial Agropecuaria Junco, por su constante apoyo en el desarrollo de la investigación, pero sobre todo por la valiosa amistad que nos une.

Al Sr. Anastacio Martínez Martínez por su gran apoyo en la ejecución de la investigación en la fase de campo.

Al Sr. Juan Zaragoza por su apoyo en la obtención de datos de campo.

A todos aquellos maestros, compañeros y amigos que directa o indirectamente participaron en mi formación o contribuyeron en la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres: MARÍA DE JESÚS Y JOSÉ ANGEL, por su firme respaldo incondicional. Por su ejemplo y entrega al trabajo, a la familia, a Dios. Por su honestidad, humildad y sencillez.

Gracias por este gran paso que hemos logrado juntos.

A mis hermanos: Lolita, Evita, Miguel, Santos, Jorge, Francisco, Anita y Julio por su apoyo, esfuerzo y estímulo para triunfar.

A Griselda, por su cariño, sacrificio, apoyo y comprensión.

A mis hijos: JOSÉ ANGEL Y JAIME ENRIQUE, quienes han sido un gran estímulo para mi superación personal y profesional y han hecho más feliz mi vida.

A mis sobrinos (as): Dulce Ivette, Ana Karen, Stephanía, Carolina, Frida Josette, Ana Yathzin, Luis Humberto, María de Jesús, Natalia y Jesús Emanuel, quienes hacen la alegría de la familia.

A Secundo, Guillermo, Elizabeth, Leticia, Raquel y Jesús por su gran amistad y unidad familiar, pero sobre todo por el gran amor a mis hermanos.

A todos mis parientes, y amigos: Samuel, Raúl, Juan Licon, Carlos Ceja, Lulú, Andrea, Abelardo y Teodoro por compartir conmigo momentos de angustia y alegría. Por sus consejos y apoyo desinteresado.

A todas aquellas personas, que por no mencionarlas no escapan de mi pensamiento.

Sinceramente: **Jaime.**

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	8
III. HIPÓTESIS	9
3.1 General	9
3.2 Específicas	9
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	10
4.1 Aspectos generales	10
4.2 Producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero manejando despuntes y altas densidades de población	12
4.3 Características morfológicas y anatómicas del jitomate	15
4.4 Iniciación de la inflorescencia	19
4.5 Relaciones fuente-demanda al momento de la inducción floral	20
4.6 Factores que influyen sobre el número de flores en la primera inflorescencia	22
4.6.1 Factores ambientales	24
4.6.1.1 Energía radiante	24
4.6.1.2 Temperatura	27
4.6.2 Fertilidad del suelo o sustrato	32
4.6.3 Factores intrínsecos de la planta	33
4.6.3.1 Aspectos genéticos	33
4.6.3.2 Competencia entre demandas	33

	Página
V. MATERIALES Y MÉTODOS	37
5.1 Ubicación del experimento	37
5.2 Invernadero, contenedores y sustrato	37
5.3 Material vegetal	37
5.4 Semillero	38
5.5 Descripción de los tratamientos y diseño experimental	38
5.6 Efecto de los tratamientos sobre la floración	41
5.7 Fotosíntesis aparente y respiración	41
5.8 Tasas de crecimiento de raíz, tallo, hoja y total.	42
5.9 Rendimiento y sus componentes	43
5.10 Manejo del cultivo	43
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
6.1 Efecto de tratamientos sobre la floración	46
6.2 Efecto de los tratamientos sobre tasas de fotosíntesis aparente y respiración	50
6.3 Efecto de los tratamientos sobre índices de crecimiento de las plantas	53
6.4 Rendimiento y sus componentes	57
VII. CONCLUSIONES	60
VIII. BIBLIOGRAFÍA	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Efecto de la fecha de inicio del tratamiento de frío sobre el ramificado de las dos primeras inflorescencias de plantas de jitomate (cv Minicraigella).	30
2	Descripción de tratamientos, considerando dos niveles de temperatura nocturna, tres de luz suplementaria y dos de poda de hojas jóvenes en un diseño de bloques al azar en parcelas subdivididas.	39
3	Nutrientes, concentraciones y compuestos fertilizantes con los que se preparó la solución nutritiva.	44
4	Cuadrados medios y niveles de significancia para número de flores por planta y porcentaje de inflorescencias complejas o ramificadas, considerando los factores temperatura nocturna, luz suplementaria, poda de hojas jóvenes y sus interacciones.	48
5	Cuadrados medios y niveles de significancia para fotosíntesis aparente y respiración, considerando los factores temperatura, luz suplementaria y su interacción.	51
6	Medias de fotosíntesis aparente y respiración, medidas en condiciones de noche para el factor luz suplementaria.	52
7	Medias de fotosíntesis aparente y respiración, medidas en condiciones de día para el factor luz suplementaria.	52

- 8 Cuadrados medios y niveles de significancia de TAC y TRC de raíz, tallo, hoja y total considerando los factores temperatura nocturna y luz suplementaria, durante el periodo de crecimiento rápido de los órganos (42 a 84 dds). 55
- 9 Medias de TAC y TRC de la raíz, tallo, hoja y total de plantas de jitomate, considerando los factores temperatura nocturna, luz suplementaria y sus interacciones. 55
- 10 Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes en jitomate, considerando los factores temperatura nocturna, luz suplementaria, poda de hoja jóvenes y sus interacciones. 58
- 11 Medias de rendimiento y sus componentes en jitomate, considerando los factores temperatura nocturna, luz suplementaria y poda de hojas jóvenes. 59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Diferentes detalles de la conducción del experimento	46
2	Medias de porcentaje de plantas con inflorescencias ramificadas en plántulas de jitomate, considerando los factores temperatura, luz suplementaria y poda de hojas.	47
3	Medias de número de flores por inflorescencia en plántulas de jitomate, considerando los factores temperatura, luz suplementaria y poda de hojas.	47
4	Tasas relativas de crecimiento de las hojas de los distintos niveles de luz suplementaria en función de los tratamientos de temperatura en plántulas de jitomate	57

RESUMEN

Se realizó un experimento bajo invernadero de vidrio en donde se manejaron plántulas de jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) cultivar "Solarset", para evaluar el efecto de tratamientos de baja temperatura nocturna (10 °C) durante 10 días, luz suplementaria (75 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ con luz fluorescente o 90 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ con luz fluorescente más incandescente) cinco horas por noche durante 10 días y poda de la quinta hoja, aplicados a plántulas en semillero durante el periodo de iniciación de la primera inflorescencia, sobre el número de flores por inflorescencia (NFI), el porcentaje de plantas con la primer inflorescencia ramificada (PIR), el rendimiento y sus componentes primarios. Se utilizó un diseño de parcelas subdivididas en bloques al azar con cuatro repeticiones. No hubo diferencias significativas entre tratamientos para las variables estudiadas; sin embargo, se registró un alto NFI (6.75) y un alto porcentaje de PIR (30 %) en comparación a otros trabajos similares, indicando que las condiciones del semillero fueron muy favorables para la iniciación de la inflorescencia (incluso para el tratamiento testigo). Las hojas de plantas tratadas con luz suplementaria, realizaron fotosíntesis adicional a la del día compensando las pérdidas de CO_2 por su respiración durante la noche; sin embargo, la tasa de fotosíntesis durante el día presentó una tendencia a ser mayor en las hojas de las plantas sin luz suplementaria durante la noche, de tal manera que la cantidad neta de fotoasimilados producidos por día resultó similar a la de los tratamientos de luz suplementaria.

Palabras clave: jitomate, floración, despunte, temperatura, luz suplementaria, poda.

ABSTRACT

An experiment was conducted under glasshouse conditions where tomato plants cultivar "Solarset" were grown to evaluate the effects of low night air temperature (10 °C) for 10 days, supplementary light (75 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ with fluorescent lamps or 90 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ with fluorescent + incandescent lamps) five hours every night for 10 days and pruning of the fifth leaf treatments, applied to nursery plantlets during its first inflorescence initiation period, on the number of flowers formed per inflorescence (NFI), percentage of plants with their first inflorescence branched (PBI), yield and primary yield components. A sub-split plot design arranged in randomized blocks with four replications was used. There were not significant differences among treatments for the studied variables; however, compared with similar works, a high HFI (6.75) and PBI (30 %) were observed, indicating that nursery environment was fully adequate for inflorescence initiation of plants (including control plants). Leaves treated with supplementary light, made additional photosynthesis at night, which was enough to compensate for CO_2 lost in respiration of leaves at night; however, the photosynthesis rate during the day tended to be higher in the leaves of plants without supplementary light in a way that the net quantity of photoassimilates produced per day was similar to that of plants treated with supplementary light.

Key words: tomato, flowering, decapitation, temperature, supplementary light, pruning.

I. INTRODUCCIÓN

El sector de las hortalizas tiene singular importancia en la agricultura, tanto nacional como mundial. A escala mundial las hortalizas junto con las frutas ocupan el segundo lugar de importancia entre los productos agropecuarios, siendo apenas superados por los cereales. En México la producción hortícola ha cobrado gran importancia en los últimos años por la superficie, valor de la producción, demanda de mano de obra e ingresos en moneda extranjera que genera al País (Muñoz, *et al.*, 1995).

En efecto, en el ámbito nacional el jitomate es una hortaliza de gran importancia económica-social debido, por un lado, al valor que tiene la producción y por el otro, a la gran demanda de mano de obra que genera.

Con respecto al primer aspecto, es la hortaliza que genera mayor valor de la producción entre los productos hortícolas y el tercero entre los productos agrícolas precedidos únicamente por el maíz y frijol que son productos básicos de la dieta del poblador mexicano; del mismo modo, es el principal producto agrícola de exportación. Se considera que el jitomate genera un poco más de 37% del valor total de las exportaciones de legumbres y hortalizas y el 16% del valor de las exportaciones agropecuarias, siendo sólo superado por el ganado vacuno (SARH, 1993).

Según Muñoz, *et al.*, (1995), de las diferentes especies hortícolas cultivadas en México, el jitomate, ocupa el primer lugar en superficie cosechada (80,570 hectáreas en 1993) y el nivel más alto en jornales demandados por hectárea (120 jornales/hectárea). Esta cantidad de superficie cultivada aunada a la gran demanda de mano de obra que requiere por hectárea el jitomate, explica su importancia como generador de fuentes de trabajo en el medio rural.

Ultimamente el uso de invernaderos para la producción de jitomate ha tomado singular importancia principalmente en los estados de la Región Norte del País, ya que su uso permite ampliar la estacionalidad de cosecha del producto. Por otro lado, según Sánchez y Escalante (1989), la hidroponía como un sistema de producción de flores y hortalizas es ya una realidad a escala mundial. Existen empresas en países como Holanda, Inglaterra, Alemania, Estados Unidos, Canadá, Japón, Israel, Italia, España, Australia, Nueva Zelandia, Sudáfrica, Bahamas, Belice, Puerto Rico, e inclusive México que obtienen elevadas utilidades económicas de sus unidades.

El sistema de producción de jitomate en invernadero que normalmente se practica en Europa y Estados Unidos consiste en el uso de variedades indeterminadas con frutos de tipo esférico (bola). Las plantas son sembradas en suelo mejorado o en sustratos hidropónicos a densidades que van de 2 a 3 por m² (20,000 a 30,000 plantas por hectárea) y se dejan crecer de 2 a 3 m de altura, cosechándose de 15 a 20 racimos por planta en un sólo ciclo de cultivo por año. El rendimiento global es de 200 a 300 toneladas por hectárea por año. Sin embargo, los problemas fitosanitarios, por lo extenso del ciclo, son muy importantes y determinantes en el rendimiento final del cultivo (Wittwer y Honma, 1979; Picken, 1984; van de Vooren *et al.*, 1986; FAO, 1990; Resh, 1992).

En 1986 se inició en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo una línea de investigación titulada "Producción Superintensiva de Jitomate en Hidroponia 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 (Sánchez *et al.*, 1991).

Después de varios trabajos de investigación (Cancino *et al.*, 1990; Sánchez *et al.*, 1991; Sánchez, 1994; Ponce, 1995) y experiencias a escala comercial con productores, se ha validado un nuevo sistema o “paquete tecnológico” de producción de jitomate en hidroponía que reúne características de altos rendimientos y calidad, con menos problemas fitosanitarios que los sistemas convencionales de producción en invernadero, que resulta factible desde el punto de vista técnico y redituable económicamente, a partir de pequeñas superficies. En este caso, el manejo del cultivo de jitomate se realiza de manera muy diferente a la convencional en invernadero. Consiste en despuntar (eliminar la yema terminal) de las plantas para dejar tan sólo una o dos inflorescencias (o racimos florales) con una a dos hojas arriba de éstas, además se eliminan, por medio de podas, todos los brotes laterales que pudiera emitir la planta antes, durante o después del despunte y así conducir muy altas densidades de población (hasta 25 plantas m^{-2} de superficie, en vez de las 4 a 5 plantas m^{-2} que se utilizan en los sistemas convencionales). Se pueden realizar también trasplantes tardíos (45 a 60 días después de la siembra en semillero) con el objeto de acortar el período de trasplante a la cosecha y obtener la posibilidad de más ciclos por año y por tanto, de una muy alta productividad anual (McAvoy *et al.*, 1989; Cancino *et al.*, 1990; Sánchez y Corona, 1994).

Sin embargo, la principal ventaja mencionada por McAvoy *et al.*, (1989); Sánchez y Corona (1994), Ponce (1995) y Sánchez (1997), es concentrar toda la cosecha en intervalos muy cortos de tiempo y así obtener toda la producción de un ciclo en las ventanas de mayor demanda y mejores precios para el productor.

Otras ventajas del sistema a un racimo mencionadas por Sánchez (1997) son:

a) La precocidad del ciclo (70 a 90 días) comparado con los sistemas convencionales (150 a 210 días) da la posibilidad de escapar a enfermedades virosas, fungosas o bacterianas o de disminuir notablemente los daños económicos producidos por ellas.

b) La eliminación de tutoreo (usando acolchado), lo que disminuye considerablemente los costos de instalación y operación.

c) El escape a heladas, bajas temperaturas u otros fenómenos meteorológicos cuando se cultiva bajo invernaderos sin calefacción o a cielo abierto.

Aunque este sistema de producción de jitomate se ha demostrado 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. Dado que está basado en la cosecha de uno o dos racimos por planta, el rendimiento por ciclo depende del número y peso de pocos frutos por planta (aunque no por m^2), resulta importante el estudio de aquellos factores involucrados en el logro de un mayor número de flores por racimo, un mayor porcentaje de frutos amarrados por racimo, y un mayor tamaño y peso de fruto.

Considerando que las plantas despuntadas para dejar un racimo por planta tienen mucha área foliar por racimo (nueve hojas por racimo contra solo tres en los sistemas convencionales), se puede pensar en que la fuente de asimilados no es limitante para el crecimiento del racimo. Por lo tanto, la forma que parece más promisorio de aumentar el rendimiento por ciclo en estas plantas es la de obtener un mayor número de frutos por racimo, siendo el primer requisito para ello el formar más flores no abortivas en la inflorescencia.

Varios autores (Aung y Kelly, 1966; Kinet, 1977; Abdul y Harris, 1978; Russell y Morris, 1983; Charles-Edwards *et al.*, 1986; Atherton y Harris, 1986; Dieleman y Heuvelink, 1992) expresan que es posible incrementar considerablemente el número de flores en el primer racimo mediante la modificación de las condiciones ambientales y/o de las relaciones entre la fuente y la demanda en la etapa previa y durante el período de la inducción floral en plántulas de jitomate. Dentro de las estrategias para lograr esto en la práctica dichos autores mencionan las siguientes:

a) Manejando ciertas condiciones ambientales (duración e intensidad de luz, concentración de CO₂, nutrición) para aumentar la cantidad de carbohidratos disponibles en la planta y la tasa de translocación de éstos a la inflorescencia en formación.

b) Disminuyendo la fuerza de la demanda de las hojas en crecimiento y/o de la raíz para aumentar la cantidad de carbohidratos disponibles para la inflorescencia en formación (poda de hojas muy jóvenes, remoción de brotes laterales al inicio de su crecimiento, tratamientos de bajas temperaturas en la raíz y/o en la parte aérea, uso de retardadores del crecimiento).

c) Incrementando la fuerza demandante de la inflorescencia en formación (reguladores de crecimiento).

Charles-Edwards *et al.*, (1986) plantean la hipótesis de que cada flor o fruto requiere de una tasa mínima de abastecimiento de asimilados durante sus etapas iniciales de desarrollo para no abortar y crecer normalmente. Expresan que, en diversas especies vegetales, se inician más meristemos (de flores o frutos) que los que realmente se desarrollan. Ya que se requiere un flujo mínimo de asimilados para desarrollar un meristemo; un flujo por debajo de ese mínimo provoca que el meristemo aborte. Basados en ejemplos tomados de varios cultivos (trigo, sorgo, arroz, soya, frijol), sostienen que sí el flujo mínimo de

asimilados para desarrollar un primordio se mantiene constante, el aumento en la asimilación neta diaria incrementa el número de primordios por unidad de área o por planta.

El número de flores iniciadas en la primera inflorescencia puede variar ampliamente, según el genotipo, pero también puede ser afectado por el ambiente de la parte aérea (Atherton y Harris, 1986). La fase en que el número de flores puede ser afectado por el ambiente (periodo sensitivo) empieza unos 8 días después de la expansión de los cotiledones y continua por una o dos semanas (Calvert, 1964; Hurd y Cooper, 1967; Aung, 1978).

Rappaport y Sachs (1976) citados por Maroto (1986) reportan un aumento de flores en la primera inflorescencia al bajar la temperatura del aire a un promedio de 10 a 13°C. Calvert (1957, 1959) mostró que las plantas de jitomate iniciaban hasta 8 flores más a 13°C que a 18°C (temperatura promedio del día y la noche), siendo el efecto más marcado con alta irradiancia. Aung (1976), de manera similar encontró que las plantas a 16°C producían hasta 4 flores más que aquellas a 24°C y hasta 8 flores menos que aquellas que se encontraban a 13°C.

Calvert (1973) señala que la mayoría de las variedades comerciales pueden desarrollar inflorescencias ramificadas, fenómeno que está influenciado por las temperaturas y la irradiancia vigente durante la iniciación floral. Menciona que a temperaturas relativamente bajas y alta irradiancia se obtiene una mayor proporción de inflorescencias ramificadas con aproximadamente el doble del número de flores que las inflorescencias simples.

Leopold y Lam (1960) encontraron que el número de flores en la primera inflorescencia del cultivar 'Rutgers' se incrementó significativamente (7 contra 11) cuando se removieron las hojas jóvenes (de la 4 en adelante) al alcanzar 1 cm de longitud. Sugieren que las hojas jóvenes en crecimiento afectan el

desarrollo de la inflorescencia que se está iniciando, no sólo compitiendo con ella por asimilados, sino también porque su producción de reguladores de crecimiento (giberelinas) las hacen todavía más fuertes competidoras.

Dadas las ventajas técnicas y económicas que se han mencionado para el sistema de un racimo y altas densidades de población sobre los sistemas convencionales, se planteó como objetivo de este trabajo estudiar, específicamente para este sistema, el efecto de diferentes modificaciones al ambiente (temperatura y luz suplementaria) y a las relaciones fuente-demanda (poda de hojas jóvenes), durante el período de iniciación de la inflorescencia, sobre el número de flores producidas, el porcentaje de plantas con inflorescencias ramificadas o dobles, el número de frutos amarrados, el rendimiento por unidad de superficie y el peso o tamaño medio de los frutos cosechados en plantas de jitomate despuntadas para dejar un racimo por planta.

II. OBJETIVOS

El objetivo central de este trabajo fue estudiar el efecto de diferentes modificaciones al ambiente (luz suplementaria y temperatura nocturna) y/o a las relaciones fuente-demanda (poda de hojas), durante el periodo de iniciación de la inflorescencia, sobre el número de flores producidas, el número de frutos amarrados, el rendimiento por unidad de superficie y el peso o tamaño medio de los frutos cosechados en plantas de jitomate despuntadas para dejar un racimo por planta.

III. HIPÓTESIS

3.1 General

Es posible aumentar el número de flores y frutos amarrados en plantas de jitomate despuntadas para dejar sólo una inflorescencia por planta en altas densidades de población mediante la modificación de ciertos factores ambientales o de relaciones fuente-demanda durante el periodo de la iniciación de la inflorescencia.

3.2 Específicas

3.2.1 La luz suplementaria a intensidad fotosintética, aplicada durante la fase de iniciación de la inflorescencia, favorece un aumento en el número de flores por inflorescencia y estimula la ramificación de la misma en plantas de jitomate.

3.2.2 Temperaturas nocturnas relativamente bajas (10°C) durante la fase de iniciación de la inflorescencia provocan un aumento en el número de flores que llegan a antesis y estimulan la ramificación de la inflorescencia.

3.2.3 La eliminación de la quinta hoja, durante la fase de iniciación de la inflorescencia provoca un aumento en el número de flores que llegan a antesis y estimulan la ramificación de la inflorescencia.

3.2.4 El efecto combinado de dos o de los tres factores estudiados (luz suplementaria, baja temperatura nocturna y eliminación de la hoja), durante la fase de iniciación de la inflorescencia, sobre el número de flores que alcanzan antesis y la ramificación de la inflorescencia es mayor que el de los efectos individuales de dichos factores.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Aspectos generales

El sector de las hortalizas tiene singular importancia en la agricultura tanto nacional como mundial. A escala mundial las hortalizas junto con las frutas ocupan el segundo lugar de importancia entre los productos agropecuarios los cuales son apenas superados por los cereales. En México la producción hortícola ha cobrado gran importancia en los últimos años por la superficie, valor de la producción, demanda de mano de obra e ingresos en moneda extranjera que genera al país (Muñoz, *et al.*, 1995).

Se reporta una gran diversidad de especies hortícolas de importancia para la alimentación de la población mundial, sin embargo, en las estadísticas y estudios de mercado sólo se consideran 200 de ellas, a pesar de que algunas tienen importancia regional como el caso de algunas hortalizas orientales. Asimismo, se consideran que sólo dos de ellas contribuyen con el 50% de la producción mundial: La papa y el jitomate. Esto revela la enorme importancia del jitomate no sólo en el comercio, sino también en el sistema alimentario mundial (Muñoz, *et al.*, 1995).

El jitomate perteneciente al género *Lycopersicon*, tuvo su centro de origen al Oeste de Sudamérica a la altura de los 30° de latitud Sur entre Chile y Ecuador, la cual fue rápidamente difundida a todo el mundo por los españoles desde el siglo XVI. Se considera que el centro de domesticación del jitomate cultivado (*Lycopersicon esculentum*) es México (Picken, *et al.*, 1986).

En la actualidad los principales países productores de jitomate a nivel mundial son Estados Unidos, China, Turquía, Italia e India, quedando México

ubicado en el lugar once en volumen de producción y en el décimo en superficie cosechada que representa el 2 y el 2.5% respectivamente del total mundial (Muñoz, *et al.*, 1995).

En México el jitomate es una hortaliza de gran importancia económica-social debido, por un lado, al valor que tiene la producción y por el otro, a la gran demanda de mano de obra que genera. Con respecto al primer aspecto, es la hortaliza que genera mayor valor de la producción entre los productos hortícolas y el tercero entre los productos agrícolas precedidos únicamente por el maíz y frijol que son productos básicos de la dieta del poblador mexicano; del mismo modo, es el principal producto agrícola de exportación. Se considera que el jitomate genera un poco más de 37% del valor total de las exportaciones de legumbres y hortalizas y el 16% del valor de las exportaciones agropecuarias, siendo sólo superado por el ganado vacuno (SARH, 1993).

De las diferentes especies hortícolas cultivadas en México, el jitomate, ocupa el primer lugar en superficie cosechada y el nivel más alto en jornales demandados por hectárea. (120 jornales/hectárea). Esta gran demanda de mano de obra explica lo intensivo que es el cultivo de jitomate en el país y su importancia como generador de fuentes de trabajo en el medio rural. Por tal motivo la importancia que representa el jitomate hace que existan diversas organizaciones de productores que representen en los aspectos sociales, políticos y económicos con relación a este producto (SARH, 1993).

El jitomate es la principal hortaliza que se produce en México, extendiéndose la producción de los años 1993 y 1994 a 28 y 27 estados de la República respectivamente, desde el norte hasta el sur. Sin embargo, pese a esa gran amplitud de producción sólo siete estados concentran el 70 % de la superficie cosechada y el 78 % del volumen total de producción nacional. Los estados con mayor superficie sembrada con jitomate son Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Nayarit, Michoacán, Sonora y Morelos, donde éste

último basa su producción en superficies de temporal a diferencia de los demás estados que son de riego principalmente (SARH, 1993).

Algunas zonas productoras de jitomate en el país están dejando de lado el método tradicional de manejo y vienen implementando nuevas técnicas como el manejo de semilleros (charolas para la producción de plántulas), uso de espalderas, empleo de plásticos en acolchado de suelos y microtúneles y uso de híbridos altamente productivos con larga vida de anaquel. Ultimamente el uso de invernaderos para la producción de jitomate ha tomado singular importancia principalmente en los estados de la región norte, técnica que permite ampliar la estacionalidad de cosecha del producto (SARH, 1993).

4.2. Producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero manejando despuntes y altas densidades de población

Las ventajas del paquete tecnológico de producción continua de jitomate en hidroponía bajo invernadero basado en despuntes para dejar uno o dos racimos por planta y altas densidades de población que se busca optimizar con investigaciones como la presente, ya se han mencionado en la introducción. Sin embargo se considera necesaria una justificación muy breve en relación a sus elementos constitutivos: la hidroponía, los invernaderos y la producción continua.

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

revistas especializadas. Tan solo el Horticultural Abstracts reporta más de 100 resúmenes de artículos cada año.

El interés por esta técnica a escala mundial obedece fundamentalmente a los altos rendimientos que por unidad de superficie se pueden obtener (100 a 1000% más que el cultivo convencional en suelo) y a la mejor calidad de los productos obtenidos (lo que significa mejor mercado y precio de venta). Ello es debido fundamentalmente al logro de un balance ideal entre el oxígeno para la respiración de la raíz, el agua y los nutrientes; a la ausencia total de malas hierbas, al mayor control que se tiene sobre plagas y enfermedades, al mantenimiento del pH dentro de límites óptimos y a que se permite una mayor densidad de población (Sánchez y Escalante, 1989).

Otras ventajas que varios autores (Sholto, 1976; Sánchez y Escalante, 1989; FAO, 1990; Resh, 1992) subrayan son: Se puede producir donde el suelo es limitante para la agricultura normal (ya que se prescinde de él); se logra un sustancial ahorro de agua y fertilizantes, hay la oportunidad de usar aguas duras y/o relativamente salinas; no se produce contaminación (ni de agua, ni de aire ni de suelo), pues se trata de sistemas pequeños y cerrados por lo que es posible e inclusive conveniente su uso cerca de núcleos urbanos con un mercado importante.

El jitomate es la hortaliza que con más frecuencia se cita en la bibliografía referente a los cultivos hidropónicos realizados en todo el mundo; en la mayoría de los casos se señalan más altos rendimientos en promedio (100 a 400 toneladas por hectárea por año) y más calidad cuando se les compara con los sistemas convencionales de cultivo en suelo (20 a 30 toneladas por hectárea por cosecha y con mucho más riesgo). Esto constituye un atractivo comercial para agricultores con poca extensión de terreno, con poca agua o con serias limitantes del suelo (Sánchez, 1997).

El jitomate es un cultivo que presenta susceptibilidad a las heladas, lo que limita su producción en zonas templadas (como las de una buena parte del país) a tal grado que para evitar o disminuir a un mínimo los riesgos de pérdida se hace necesaria la presencia de invernaderos, que aunque sean muy sencillos, permitan controlar en buena medida aquellos factores ambientales que más limitan el desarrollo de esta hortaliza. Sánchez *et al.*, (1986) subrayan que no se pretende la instalación de invernaderos sofisticados, al estilo de los países desarrollados pues además de que serían muy caros, se debe tomar en cuenta que las condiciones climáticas del país son menos drásticas, sobre todo en lo que a bajas temperaturas se refiere. Se propone el uso de invernaderos rústicos y relativamente baratos (para permitir la rentabilidad), diseñados de acuerdo a las condiciones climatológicas de cada región y a los factores limitantes del cultivo.

Wittwer y Honma (1979) describen ampliamente las prácticas culturales modernas así como varios métodos de cultivo (incluyendo la hidroponía) para el jitomate bajo condiciones de invernadero. Destacan también las ventajas del clima de México para la producción de jitomate para la exportación a los Estados Unidos subrayando el bajo costo de la mano de obra.

Varios autores (Sánchez Román, 1981; Adamson y Mass, 1981; Romero y Díaz, 1982; Sánchez *et al.*, 1991) presentan esquemas para producción continua de jitomate y otras hortalizas en hidroponía, tanto a cielo abierto (para climas tropicales secos) como bajo invernadero. En ellos se involucran técnicas como el trasplantar las plántulas a mayor edad, las imbricaciones de ciclos, el tutoreo y las podas.

Cancino *et al.* (1990), al evaluar los efectos de tres niveles de despunte para dejar uno, dos o tres racimos por planta y dos densidades de población (9 y 16 plantas m⁻²) en dos variedades de jitomate (Tropic y Ace 55 vf), sobre el rendimiento y la precocidad encontraron que la variedad Tropic a una densidad

de 16 plantas m^{-2} y despunte a dos racimos por planta fue la que presentó el más alto rendimiento por unidad de superficie y la mayor productividad potencial por año (17.14 kg m^{-2} por cosecha en 114 días después del trasplante, contra sólo 7.81 kg m^{-2} en el testigo sin despuntar a una densidad de 3 plantas m^{-2}) y que la práctica de despunte influyó significativamente sobre la precocidad. La importancia práctica de este trabajo radica en mostrar la posibilidad de obtener varias cosechas al año con altos rendimientos, así como de reducir o evitar los daños causados por enfermedades y fenómenos meteorológicos.

Sánchez y Corona (1994) compararon dos niveles de despunte, tres densidades de población y cuatro variedades de jitomate con el objetivo principal de determinar si el despunte para dejar uno o dos racimos por planta en altas densidades (16 a 24 plantas m^{-2}) podían proporcionar rendimiento y calidad similares al método convencional sin despuntes y densidad normal (3 a 6 plantas m^{-2}). Los mejores rendimientos por m^2 (más de 15 kg m^{-2}) se obtuvieron con las variedades Hayslip o Floradade a densidades de 16 a 20 plantas m^{-2} dejando dos racimos por planta y también con plantas dejadas con un racimo a densidades de 24 plantas m^{-2} . Los rendimientos logrados fueron superiores y la calidad fue al menos igual al testigo.

Los mismos autores resaltan la productividad potencial de este sistema de producción pues si se realizara un sistema de cultivo continuo con trasplantes tardíos (60 días) sería posible obtener 4.5 cosechas por año (pues del trasplante a fin de cosecha transcurrieron 81 días), lo que representaría la posibilidad potencial de obtener $76.32 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ($763 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$).

4.3. Características morfológicas y anatómicas del jitomate

La planta de jitomate originada de semilla, presenta una raíz principal que puede crecer hasta 25 mm diámetros, llegando a medir hasta los 60 cm de longitud.

Simultáneamente se producen numerosas ramificaciones que pueden explorar un diámetro de hasta 1.5 m (Iñiguez, 1991).

Jong y Otingkorang (1969), citados por Folquer (1979), mediante la técnica del fósforo radiactivo, determinaron que el 75% de las raíces se encuentran en un espacio de 25 cm de diámetro por 45 cm de profundidad. El mismo autor señala que los tallos emiten raíces adventicias con facilidad.

El tallo es de consistencia herbácea, aunque tiende a lignificarse en las plantas viejas. En la base mide aproximadamente 4 cm de diámetro y de su epidermis brotan gran número de pelos glandulares y no glandulares (Iñiguez, 1991).

Según Maroto (1986), dependiendo del tipo de crecimiento del tallo, los cultivares se han clasificado como:

a) Cultivares con tallos de desarrollo determinado, en los que el tallo principal, una vez que ha producido varias inflorescencias laterales (normalmente entre cada 1 ó 2 hojas), detiene su crecimiento como consecuencia de la formación de una inflorescencia terminal. Estos cultivares, aunque ocasionalmente pueden alcanzar los 2 m de altura, son generalmente erectos y arbustivos, con un período restringido de floración y fructificación.

b) Cultivares con tallos de desarrollo indeterminado, que tienen la particularidad de que el tallo principal no forma una inflorescencia terminal, continuando su crecimiento indefinidamente. La planta puede alcanzar hasta 10 m de altura produciendo inflorescencias de manera continua y regular cada 3 ó 4 hojas.

Sin embargo, como lo subrayan Picken, *et al.*, (1983) ambos tipos son estrictamente determinados ya que, con la aparición de la primera

inflorescencia, la yema axilar de la hoja iniciada inmediatamente antes de la inflorescencia es la que continua el crecimiento del tallo. Esta yema se desarrolla de manera diferente a las demás, ya que conforme crece, la hoja mencionada cambia a una posición por encima de la inflorescencia, pues ésta es desplazada, dando la apariencia de un crecimiento continuo (indeterminado del tallo) principal con inflorescencias laterales internodales.

El ápice se transforma en una inflorescencia terminal después de la iniciación de 7 a 11 hojas (y aún más en condiciones desfavorables de luz). Crecimiento posterior es posible a partir de las yemas axilares, las cuales pueden producir ramas que se desarrollan de forma similar al tallo principal; esto ocurre a menudo después de un periodo de dormancia y da la apariencia arbustiva a varios cultivares. Esta característica hace casi siempre necesaria la práctica de la poda (Picken *et al.*, 1986).

Las hojas son compuestas, suaves y carnosas de tamaño variable según el cultivar, la posición y las condiciones ambientales. Las dos primeras son de menor tamaño con menos folíolos; las siguientes pueden alcanzar unos 50 cm de largo, con un folíolo terminal grande y hasta 8 folíolos laterales también grandes, los que a su vez, pueden llegar a ser compuestos. Puede haber muchos folíolos simples más pequeños intercalados entre los grandes. Los folíolos grandes son generalmente peciolados, lobulados irregularmente y con bordes dentados; de la misma manera que en el tallo, presentan pelos glandulares causantes del olor característico de la planta (Picken *et al.*, 1986; Maroto, 1986; León, 1987 citado por Iñiguez, 1991).

Las hojas se ven primero como una pequeña protuberancia en el domo del ápice, creciendo hasta 200 μm antes de mostrar los primeros signos de formación de folíolos. En contraste a la mayoría de las especies, los folíolos son iniciados en progresión basípeta, del folíolo principal hacia el tallo (Picken *et al.*, 1986).

Las flores del jitomate son hermafroditas, autocompatibles, hipogíneas, regulares, con corola de color amarillo canario, y seis pétalos persistentes de forma estrellada que forman un tubo corto en la base y se abren en un sólo plano. Miden aproximadamente 2 cm de diámetro, tienen pedicelos de 1 a 2 cm de largo, con una articulación engrosada a la mitad que corresponde a la zona de abscisión. El cáliz es verde y persistente, se forma de un tubo corto terminado en cinco a diez sépalos agudos, verdes, muy pubescentes. Los estambres son generalmente seis, están insertos sobre el corto tubo de la corola, con filamentos cortos formando una columna. Las anteras son bilobuladas y contienen varios cientos de granos de polen, los cuales son lanzados a través de hendiduras longitudinales; miden unos 5 mm de largo, son verticales y unidas, de color amarillo brillante y rodean al estilo. El pistilo está constituido por un ovario de varios lóculos, generalmente de cinco a nueve, con una placenta carnosa central y un estilo largo que ejerce presión sobre las anteras circundantes de las que apenas sobresale y termina en un estigma achatado. Cuando el polen es liberado cae directamente sobre el estigma (principalmente de la misma flor) donde eventualmente germina (Picken *et al.*, 1986; Iñiguez, 1991).

La floración del jitomate se produce en forma de racimos simples o ramificados (llamados corimbos o cimas racimosas), siendo lo normal que en cada inflorescencia simple pueda haber entre tres a diez flores, aunque en ocasiones, para ciertos cultivares de tipo cereza o cherry, puede haber 50 o más (Vriesenga y Honma, 1974b; Rodríguez *et al.*, 1984. Maroto, 1986).

Es una baya carnosa de color rojo (rosa u amarillo en algunos cultivares), lisa y brillante cuando madura. Su peso varía de 15 g en los cultivares tipo cereza, hasta 450 g en los de tipo 'Beefsteak'. Presenta formas muy variadas: esférica, oblonga, cuadrada, piriforme, cilíndrica, acorazonada; puede ser lisa o surcada con lóbulos u hombros. En su interior puede presentar de dos a tres

celdas o lóculos, donde se encuentran las semillas. La epidermis es una capa de células con paredes externas engrosadas por la cutícula, debajo hay tres o cuatro estratos de colénquima que, junto con la epidermis forman una cáscara fina y resistente que contiene los pigmentos responsables de la coloración. El resto del fruto se forma de parénquima cargado de pigmentos que aparecen como cristales suspendidos en el líquido que rellena las células. Los tejidos de la placenta, sobre los que desarrollan las semillas, contienen una mayor cantidad de haces vasculares que el tejido de parénquima (Calvert, 1973; Folquer, 1976; Maroto, 1986; León, 1987 citado por Iñíguez, 1991).

4.4. Iniciación de la inflorescencia

Dependiendo del genotipo, pero sobre todo del ambiente, en la mayoría de los cultivares comerciales puede ocurrir el ramificado del eje principal de la inflorescencia, de tal manera que se forma una inflorescencia compuesta (Picken *et al*, 1986). Según Lewis (1953) y Calvert (1973) una inflorescencia compuesta con dos ejes principales puede producir aproximadamente el doble de flores que una simple.

Dentro de una inflorescencia simple se pueden dar distintos estados de desarrollo reproductivo que pueden incluir, al mismo tiempo, pequeños frutos, flores abiertas y yemas florales todavía sin abrir (Picken *et al*, 1986). Aunque según Serrano (1978), lo usual es que el tiempo que transcurre desde que se fecunda la primera hasta que se fecunda la última flor de una misma inflorescencia es de seis días.

La inflorescencia del jitomate es formada terminalmente en el tallo, y la iniciación floral es precedida por el elongamiento y achatamiento del ápice. La primera flor formada se origina del ápice y un punto de crecimiento lateral que surge debajo de la primera flor iniciada se diferencia como la segunda flor. Una sucesión de flores es derivada de puntos laterales de crecimiento de la misma

manera, hasta que la inflorescencia se completa. Durante el desarrollo de las flores laterales, sus regiones basales se van alineando para formar el eje principal de la inflorescencia de donde derivan los pedicelos de las flores individuales (Hussey, 1963). El crecimiento vegetativo es continuado por un segundo domo que es axilar a la última hoja iniciada, la primera inflorescencia es empujada hacia arriba y parece brotar de un entrenudo; de este domo surgen nuevos primordios de hojas (generalmente dos o tres) antes que una diferenciación similar conduzca a la formación de la segunda inflorescencia. El crecimiento de la planta continúa como una sucesión de brotes laterales o crecimiento simpódico en el que además, la hoja que se encuentra inmediatamente arriba de la primera inflorescencia es iniciada antes que ésta (Calvert, 1973; Shíshido, 1991; Dieleman y Heuvelink, 1992).

Durante el desarrollo de las flores ocurre la elongación del eje principal y de los pedicelos. Entre cada flor y el eje principal se forma en el pedicelo una zona de abscisión, reconocible por una angulación ligera del pedicelo y una articulación de los tejidos. En esta zona una ranura rodea al pedicelo, representando una reducción del grosor radial del cortex en ese punto. Internamente esta zona de abscisión está caracterizada por la presencia de células pequeñas relativamente indiferenciadas, a través de las cuales atraviesa el tejido vascular manteniendo un continuo (Picken *et al.*, 1986).

4.5. Relaciones fuente-demanda al momento de la inducción floral

Debido a las conexiones vasculares existentes al momento de la iniciación floral la primera inflorescencia compite con el ápice y las raíces por asimilados. La existencia de competencia entre hojas jóvenes y la primera inflorescencia se hace evidente por el efecto de promoción que tiene, sobre ésta última, la eliminación de las hojas que se inician justo antes que ella (Kinet, 1977). En su iniciación la inflorescencia es una demanda generalmente débil. Se ha visto (Ho, 1984) que cuando el abastecimiento de asimilados es

deficiente, dicha inflorescencia tiene un reducido nivel de citocininas endógenas. La aplicación de citocininas + ácido giberélico a la inflorescencia aumenta su capacidad de atraer asimilados.

Russell y Morris (1983) estudiaron, a partir de sacarosa marcada con ^{14}C , la distribución de asimilados en plantas de jitomate (cv Kingley Cross) para determinar qué hojas son las principales fuentes de asimilados para la iniciación y desarrollo de la primera inflorescencia y para los órganos que compiten con ella. Encontraron que en ese período el ápice del tallo recibía la mayor parte de sus asimilados de las hojas basales 1 a 4 y la raíz de las hojas 5 a 9; había un traslape de las hojas intermedias (4, 5 y 6) que exportaban asimilados en ambos sentidos. Indican estos autores que en el jitomate las hojas están arregladas en 5 hileras verticales (ortostiquios) con una filotaxia de 2/5 en espiral y que la primera inflorescencia recibía asimilados de las hojas en ortostiquios adyacentes a ella (hojas 1 y 3 que también alimentaban al ápice y hojas 6 y 8 que hacían lo mismo con la raíz). Concluyen que la inflorescencia puede tener una competencia tan importante con el ápice y la raíz, cuando los asimilados son pocos, que puede afectar su desarrollo, y que, por lo tanto, los tratamientos encaminados a aumentar la cantidad de asimilados o a reducir la demanda de raíces y ápice del tallo, al momento de la iniciación, mejorarán la expresión de esta inflorescencia.

Si ocurren incrementos del rendimiento a corto plazo en plantas de jitomate manejadas a varios racimos por planta, pueden ocurrir inhibiciones en el crecimiento de frutos que crecen posteriormente 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 (1967) demuestran, sin embargo, 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 manejo de las plantas a un solo racimo en altas densidades.

Hurd y Cooper (1970) y Ho (1984) mencionan que la iniciación floral de muchos cultivares de jitomate empieza dentro de las 3 semanas posteriores a la fecha de expansión de los cotiledones, coincidiendo con el momento en que la tercera hoja formada sobrepasa los 10 mm de longitud. En general al momento del trasplante (35 a 40 días después de la siembra) las plantas de jitomate ya han iniciado de 3 a 5 inflorescencias (Atherton y Harris, 1986).

4.6. Factores que influyen sobre el número de flores en la primera inflorescencia.

Charles-Edwards *et al.*, (1986) plantean que las correlaciones inversas observadas por varios autores, entre el número de flores, frutos o semillas y la densidad de población, es consistente con la hipótesis de que cada flor o fruto requiere de una tasa mínima de abastecimiento de asimilados durante sus etapas iniciales de desarrollo para no abortar y crecer normalmente. Expresan que, en diversas especies vegetales, se inician más meristemas (de flores o frutos) que los que realmente se desarrollan. Ya que se requiere un flujo mínimo de asimilados para desarrollar un meristemo; un flujo por debajo de ese mínimo provoca que el meristemo aborte. Basados en ejemplos tomados de varios cultivos (trigo, sorgo, arroz, soya, frijol), sostienen que sí el flujo mínimo de asimilados para desarrollar un primordio se mantiene constante, el aumento en la TAN diaria incrementa el número de primordios por unidad de área o por planta. Llegan incluso a proponer una ecuación para determinar el número de primordios (flores o frutos) que se pueden producir por unidad de área en un cultivo:

$$N_p = (P_a)(TAN)/F_m \quad \text{donde:}$$

$$TAN = EJ/q$$

N_p = Número de primordios (flores) por unidad de área.

P_a = Proporción de asimilados traslocados a la parte reproductiva del cultivo durante la iniciación floral.

TAN = Tasa de asimilación neta diaria.

F_m = Flujo mínimo necesario para desarrollar un primordio.

E = Eficiencia con la que la luz es usada en la producción de materia seca por el cultivo.

J = Cantidad diaria de energía radiante interceptada por el cultivo.

q = Proporción de carbono elemental en la materia seca producida.

El número de primordios que se pueden iniciar por planta será igual a N_p dividido entre el número de plantas por unidad de área.

De acuerdo con este planteamiento, el número de flores o frutos que se pueden desarrollar sin abortar en una planta depende, además del genotipo, de las condiciones ambientales (irradiancia, CO_2 , temperatura, nutrición), de la competencia relativa entre demandas y del balance hormonal que influyen, al momento de su iniciación, en la TAN y, por tanto, en la intensidad de flujo de asimilados hacia ellos.

De manera similar Morgan (1986) subraya que el peso seco de la plántula es uno de los principales factores que determina el rendimiento en las plantas de jitomate. Trabajando en condiciones controladas (CO_2 , alta irradiancia y temperatura óptima) produjo plántulas de 28 días de edad con un peso seco 5 veces mayor, una área foliar 3 veces mayor y un 50 % más flores (15 contra 10) que plantas de 39 días de edad crecidas en invernadero con luz suplementaria.

El mayor número de flores lo atribuye a la mayor reserva de carbohidratos disponibles en dichas plántulas.

También Picken (1984) indica que cuando los carbohidratos están limitados en el periodo de la iniciación floral, el crecimiento reproductivo se ve más afectado que el crecimiento vegetativo. Considera que hay un mecanismo de carácter hormonal (citocininas + auxinas) que puede desviar los asimilados hacia la parte vegetativa, lejos del alcance de la inflorescencia.

El número de flores iniciadas en la primera inflorescencia puede variar ampliamente, según el genotipo, pero también puede ser afectado por el ambiente de la parte aérea (Atherton y Harris, 1986). La fase en que el número de flores puede ser afectado por el ambiente (periodo sensitivo) empieza unos 8 días después de la expansión de los cotiledones y continua por una o dos semanas (Calvert, 1964; Hurd y Cooper, 1967). El número de flores iniciadas en la segunda inflorescencia y posteriores puede ser afectado en estados de desarrollo más avanzados.

4.6.1. Factores ambientales

4.6.1.1. Energía radiante

La calidad de la radiación y el fotoperiodismo no son tan importantes para el crecimiento del jitomate como lo es la irradiancia diaria. Es una práctica comercial común, en las regiones nórdicas, incrementar la tasa de crecimiento del cultivo con luz artificial suplementaria en el invierno, sobre todo antes del trasplante, donde resulta económico y tiene una fuerte influencia sobre los rendimientos tempranos (Picken *et al.*, 1986).

Excepto a altas densidades, cuando el aparato fotosintético está saturado, la tasa relativa de crecimiento (TRC) y la tasa de asimilación neta

(TAN) son directamente proporcionales a la radiación solar incidente (irradiancia) media diaria (Cooper, 1966; Bruggink, 1987). La TAN en el cultivar Money maker estuvo a su máximo nivel cuando la integral luminosa diaria era de $400 \text{ J cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ o más (Brugginck y Heuvelink, 1987).

Hurd (1973) trabajando con el cultivar Minibelle, manejó dos tratamientos de duración del día (16 y 8 horas) alterando la intensidad luminosa, de tal manera que la irradiancia media diaria fuera la misma. Encontró que en las plantas jóvenes, con los días largos, se incremento la fotosíntesis aparente, en consecuencia la TAN aumentó en un 10 %. Después de 6 semanas el área foliar por planta se incremento en un 50 % y el peso seco total en 75 % con respecto a las plantas que estaban creciendo con la misma irradiancia diaria, pero en días cortos. Hurd explica que lo anterior puede deberse principalmente a que las plantas en un fotoperiodo largo de menor irradiancia puede ser más eficientes, en su fotosíntesis aparente, que uno corto de alta irradiancia, y a que las pérdidas por respiración pueden ser menores en noches cortas; además, el contenido de clorofila por unidad de área es más alto en días largos.

Grimstad (1987) en dos cultivares indeterminados de jitomate (Abunda y Virosa), sembrados a una densidad de $2.5 \text{ plantas m}^{-2}$, probó tratamientos de luz suplementaria con luz fluorescente ($25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) por 18 horas diarias durante todo el ciclo de cultivo, tanto por fuera como por dentro del dosel. La luz natural recibida durante el periodo de cultivo estudiado (13 de febrero a 20 de mayo) fue de 8.21 MJ m^{-2} . La cosecha se prolongó por 11 semanas. El tratamiento con lámparas a 1.3 m de altura por dentro del dosel rindió 29.4 kg m^{-2} (24 % más que el testigo sin luz suplementaria, mientras que el tratamiento con las lámparas colocadas por encima del dosel sólo rindió un 10 % más que el testigo. En el primer caso, el aumento del número de frutos (204 contra 169) provocado por la mejor iluminación fue responsable del 83 % del aumento en el rendimiento y sólo el 17 % por el mayor tamaño de fruto. En el segundo caso el peso medio del fruto fue el mismo que el testigo, por lo que el aumento en el

rendimiento se debió exclusivamente al aumento en el número de frutos. Concluyen que un pequeño aumento en la actividad fotosintética, provocado por un pequeño aumento en la intensidad y duración de la luz en el interior del dosel (que mantiene las hojas bases fotosintéticamente activas) estimuló el aumento en el número de frutos y la mayor ganancia de peso de éstos.

McAvoy *et al.*, (1989) trabajando con un sistema de producción de jitomate a un racimo por planta y 12 plantas m^{-2} , también aplicaron luz suplementaria, a partir del trasplante, con lámparas de sodio de alta presión a una intensidad de $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de flujo de fotones fotosintéticamente activos durante 18 horas por día ($6.48 \text{ mol m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), lo que representó de un 50 a 100 % de incremento de la radiación fotosintéticamente activa para el cultivo según la época del año. Con este método pudieron obtener 5 ciclos de cultivo en 10 meses. En respuesta a la luz las plantas se desarrollaron más rápido. La remoción del meristemo apical, antes de la antesis, redujo la competencia entre demandas favoreciendo el amarrado y desarrollo de los frutos. El rendimiento mostró una relación lineal positiva con la RFA interceptada siendo desde un 20 % mayor en los meses mejor iluminados (verano) hasta un 400 % mayor en los meses de menor iluminación (invierno).

McAvoy, *et al.*, (1989) trabajando con el mismo sistema pero proporcionando luz suplementaria sólo durante el periodo de antesis inicial hasta el amarrado de fruto (15 días), aumentaron significativamente el número de frutos amarrados, pero no hubo influencia sobre el peso de fruto; en cambio cuando la radiación extra la aplicaron en la etapa de crecimiento rápido del fruto (30 días) el efecto fue un aumento en el peso de fruto, que ellos atribuyen a un aumento en la capacidad de la fuente y no a diferencias en la fuerza de la demanda.

Calvert (1973) menciona que hay bastantes evidencias en el sentido de que las altas irradiancias (que promueven una mayor reserva de asimilados

disponibles), conjuntamente con temperaturas relativamente bajas durante la etapa de la iniciación floral, aumentan el número de flores iniciadas en la primera inflorescencia como consecuencia de un aumento del número de inflorescencias ramificadas.

Según Atherton y Harris (1986) está bien establecido que la baja irradiancia durante el crecimiento temprano de la plántula retrasa la iniciación floral. Calvert (1959) mostró que reduciendo la intensidad luminosa de 10,000 a 2500 luxes, se retrasó la iniciación floral por 29 días y se produjeron 7 hojas más antes de que se iniciara la primera inflorescencia. El efecto de retraso fue mayor a altas temperaturas (25 °C) que a bajas (15 °C).

4.6.1.2. Temperatura

Se ha visto, en muchas especies, que dentro de un rango cercano al óptimo, la TAN cambia poco con la temperatura, sin embargo a menores temperaturas el cambio es importante (Warren, 1966).

Dinar y Rudich (1985b) mencionan que durante el periodo de la iniciación floral, el incremento de la temperatura, tanto de la raíz como de la parte aérea, puede incidir negativamente sobre el número de flores, ya que, además de otros efectos sobre el metabolismo, disminuyen tanto la TAN como la tasa de exportación de carbono de las hojas de jitomate y tienden, por lo tanto, a cambiar las relaciones de competencia entre demandas desfavoreciendo el flujo de asimilados a la inflorescencia y afectando, por lo mismo, la iniciación floral.

Ejemplos de cambios en las relaciones entre demandas son el de Gosselin y Trudel (1984) citados por Picken *et al.*, (1986) quienes destacan que el área foliar de plantas de jitomate puede ser incrementada con el aumento en la temperatura media de la raíz, y el de Calvert (1964) quién encontró que la tasa de elongación del tallo aumenta con la temperatura; el tallo se torna más

delgado con una mayor proporción de parénquima y aumento del contenido de agua.

Charles-Edwards *et al.*, (1986) también plantean que el número de primordios (entre ellos de flores) que puede ser sostenido por un cultivo declina de manera casi lineal con el aumento de la temperatura media del aire. Durante el periodo inmediatamente anterior y posterior al inicio de la floración, el aumento de temperatura acelera la respiración de toda la planta (lo que significa un mayor gasto de CO_2), el metabolismo y por tanto la tasa de aparición de primordios. El efecto global, según ellos, es un aumento en el flujo de asimilados necesarios para desarrollar un primordio (o también que hay menos asimilados disponibles) y en consecuencia una disminución en el número de primordios formados por unidad de área.

Dinar y Rudich (1985a) encontraron que la importación de asimilados por las yemas florales de dos cultivares de jitomate (Roma y Saladette) fue inhibida por altas temperaturas (36 a 38 °C de día y 25 °C de noche). Al aumentar la temperatura el nivel de sacarosa de la fuente aumentó mientras que el de almidón disminuyó. La hidrólisis de sacarosa también fue afectada negativamente con las altas temperaturas. Los niveles de sacarosa y de almidón en las yemas florales fueron significativamente más bajos a 25 °C que a 15 °C de temperatura nocturna.

Picken *et al.*, (1986) destacan la competencia por asimilados entre hojas jóvenes, primordios de hojas y meristemos apicales. Citan, a Hussey (1963) quien encontró que un mayor abastecimiento de asimilados, proveniente de mayores tasas de fotosíntesis por alta irradiancia, promovió el crecimiento del ápice y de primordios de hojas, pero altas temperaturas favorecieron más a los últimos. Indican estos autores que el efecto de las altas temperaturas de reducir la tasa de crecimiento del ápice puede compensarse con la remoción de hojas jóvenes.

Varios autores concuerdan en que temperaturas relativamente bajas durante el período de la iniciación floral, favorecen el crecimiento de la inflorescencia y con frecuencia promueven inflorescencias ramificadas y un mayor número de flores por inflorescencia. Rappaport y Sachs (1976) citados por Maroto (1986) reportan un aumento de flores en la primera inflorescencia al bajar la temperatura del aire a un promedio de 10 a 13 °C. Calvert (1957, 1959) mostró que las plantas de jitomate iniciaban hasta 8 flores más a 13 °C que a 18 °C (temperatura promedio del día y la noche), siendo el efecto más marcado con alta irradiancia. Aung (1976), de manera similar encontró que las plantas a 16 °C producían hasta cuatro flores más que aquellas a 24 °C y hasta ocho flores menos que aquellas que se encontraban a 13 °C.

La importancia de que los tratamientos de bajas temperaturas se apliquen efectivamente durante el periodo de la iniciación floral para influir sobre el número de flores se puede apreciar con el trabajo de Hurd y Cooper (1970). Ellos aplicaron durante 14 días, a plantas del cultivar Minicraigella, temperaturas de 15.6 °C durante el día y 4.9 °C durante la noche, empezando a los 23, 25, 29 y 32 días después de la siembra, sus resultados se muestran en el Cuadro 1.

Como se puede apreciar, cuando el tratamiento de frío se inició a los 23 días después de la siembra, abarcó todo el periodo de iniciación floral de la primera inflorescencia, y se obtuvo un 100 % de inflorescencias ramificadas. En cambio, cuando el tratamiento fue iniciado a los 32 días, ya no se obtuvo ningún efecto sobre esta inflorescencia. Durante la última fase de iniciación de la primera inflorescencia empieza la iniciación de la segunda.

Como lo señala Aung (1978), hay un período sensible para cada inflorescencia en el cual la baja temperatura promueve una mayor producción de flores. Para la primera inflorescencia lo sitúa de los 8 a los 21 días después de la expansión de los cotiledones. Este autor encontró que en plantas del cultivar

'Potentate' expuestas a 15 °C durante el día y 10 °C durante la noche a partir de los 10 días de edad, se aumentó el número de flores en la primera, segunda y tercera inflorescencias después de mantener esa temperatura por tres, cuatro y cinco semanas respectivamente, de lo que deduce que los intervalos termosensitivos para cada inflorescencia son de una semana.

Cuadro 1. Efecto de la fecha de inicio del tratamiento de frío sobre el ramificado de las dos primeras inflorescencias de plantas de jitomate (cv Minicraigella) - Fuente: Hurd y Cooper (1970).

Variable	Edad al inicio del tratamiento de frío. (Días después de la siembra)			
	23	25	29	32
Longitud de la 3 ^a hoja al inicio del tratamiento (cm)	2.0	2.9	5.4	9.2
% de primeras inflorescencias ramificadas	100	33	50	0
% de segundas inflorescencias ramificadas	0	33	50	100

Hurd y Cooper (1967) conduciendo plantas para dejar una sola inflorescencia observaron una marcada interacción entre irradiancia y temperatura. En el verano, con alta irradiancia, una reducción de la temperatura media de 15 a 10 °C, duplicó el número de flores formadas y causó el ramificado de la inflorescencia. En invierno con baja irradiancia el efecto de la temperatura se redujo notablemente. Ellos consideran que la temperatura media es más importante que la nocturna o la diurna en el control del ramificado y del número de flores.

De manera similar, Calvert (1973) señala que la mayoría de las variedades comerciales pueden desarrollar inflorescencias ramificadas,

fenómeno que está influenciado por las temperaturas y la irradiancia vigente durante la iniciación floral. Menciona que a temperaturas relativamente bajas y alta irradiancia se obtiene una mayor proporción de inflorescencias ramificadas con aproximadamente el doble del número de flores que las inflorescencias simples. Expresa que, en sistemas de producción a un racimo, el aumento en la proporción de inflorescencias ramificadas merece consideración, y que si no la ha recibido es por que en las condiciones del norte de Europa, la producción temprana de frutos esta limitada, más que por la iniciación de un mayor número de flores, por el desarrollo posterior de las yemas florales (falta de asimilados disponibles en las plantas por condiciones de luz limitante).

Phatak *et al.*, (1966) sostienen que enfriar a la raíz, puede ser más efectivo para aumentar directamente el número de flores por inflorescencia en el jitomate, que bajar la temperatura de la parte aérea. El enfriado de la raíz de 19 a 11 °C, aumentó de 6 a 12 el número de flores iniciadas en la primera inflorescencia. En cambio, el aumento del número de flores, como consecuencia del enfriado sólo de la parte aérea (de 19 a 11 °C), no alcanzó a ser significativo.

Una vez terminada la etapa de iniciación de la inflorescencia, las flores se desarrollan mejor a temperaturas medias de 20 °C que a 16 °C (Calvert, 1964). Hurd y Cooper (1970) encontraron que bajas temperaturas (10 °C), dadas por 14 días después de la iniciación floral de la primera inflorescencia, retrasaron el desarrollo de las flores, al grado que empezaron su antesis hasta 18 días después que las plantas a 15 °C.

Atherton y Harris (1986), basándose en varias citas, indican que las altas temperaturas durante la antesis pueden promover el crecimiento excesivo del estilo y reducir la incidencia de autopolinización y por tanto del amarrado de fruto.

4.6.2. Fertilidad del suelo o sustrato

Saito e Ito (1967) citados por Atherton y Harris (1986) reportan una reducción en el número de flores debido a restricciones en el abastecimiento de agua antes y durante la iniciación de la inflorescencia.

El aumento en el abastecimiento de nitrógeno puede producir un aumento en el número de flores en la primera inflorescencia, sobre todo en condiciones de alta irradiancia (Atherton y Harris, 1986). Wittewer y Teubner (1957) encontraron que este efecto es mayor a bajas temperaturas del aire (10 a 13 °C), situación en la que el ramificado de la inflorescencia es más frecuente.

El número de flores, el porcentaje de inflorescencias ramificadas y el tamaño de la inflorescencia pueden reducirse si las plantas durante su etapa de iniciación floral crecen en macetas muy pequeñas, lo que puede explicarse por las restricciones de agua y nutrientes en esas condiciones (Cooper y Hurd, 1968; Morgan y Ciarke, 1975).

Menary y van Staden (1976) reportan una disminución del número de flores formadas en la inflorescencia (de 7 a 3) y un retraso en la fecha de anthesis como consecuencia de una deficiencia de fósforo al momento de la inducción floral. Encontraron que la savia de estas plantas deficientes contenía menos citocininas que el testigo, lo que sugiere que el estrés de fósforo puede afectar el número de flores debido a la influencia de este elemento en el abastecimiento de citocininas endógenas de la raíz a la parte aérea.

Atherton y Harris (1986) citan a Ryan, Smillie y McAleese (1972) y a Besford y Maw (1975) quienes reportan aumentos en el número de flores como consecuencia de un aumento en el abastecimiento de potasio.

4.6.3. Factores intrínsecos de la planta

4.6.3.1. Aspectos genéticos

La floración del jitomate se produce en forma de racimos simples o ramificados (llamadas corimbos o cimas racimosas), siendo lo normal que en cada inflorescencia simple pueda haber entre 3 a 10 flores, aunque en ocasiones, para ciertos cultivares, puede haber 50 o más (Vriesenga y Honma, 1974b; Rodríguez *et al.*, 1984. Maroto, 1986).

Vriesenga y Honma (1974a) mencionan que la inflorescencia simple se encuentra en un amplio rango de fenotipos pero que muestra fuertes variaciones en el número de flores y en el grado de ramificación. Expresan que, excepto para los genes que condicionan el ramificado en inflorescencias compuestas, se ha considerado el ramificado de la inflorescencia simple como una condición del número de flores. Reportan que el tamaño de la inflorescencia esta determinado por un gene principal y un sistema de poligenes. Finalmente indican que las inflorescencias son del tipo denominado dicasio compuesto y que se han encontrado hasta 300 flores en una inflorescencia.

4.6.3.2. Competencia entre demandas

En cultivos de jitomate bajo condiciones normales de medio ambiente en invernadero, una nueva hoja es iniciada aproximadamente cada 2 días. Cada hoja, según su posición en la planta, abastece preferiblemente ciertos órganos. Pero las hojas pueden exportar simultáneamente en ambas direcciones y se ha encontrado una tendencia del floema interno de translocar sacarosa en dirección ascendente en el tallo y del floema interno en sentido contrario (Khan y Sagar, 1967). En un experimento hecho por Tanaka, *et al.*, (1974), citados por Picken *et al.*, (1986) se encontró que la hoja 5 abastecía preferiblemente a las raíces, mientras que la 9 alimentaba principalmente la primera inflorescencia, lo que

atribuyeron al arreglo vascular; sin embargo, Khan y Sagar piensan que la dualidad de direcciones de translocación de asimilados por el floema es más importante para el abastecimiento de asimilados que el arreglo de las conexiones vasculares.

Cada foliolo se comporta como una hoja, el foliolo terminal madura primero y puede estar aportando sacarosa cuando los demás la están importando. La transición de una hoja de jitomate, de importadora a exportadora, se da cuando ésta alcanza un 15 a 25 % de su expansión total (Ho y Shaw, 1977).

Atherton y Harris (1986) indican que el desarrollo de flores en la primera inflorescencia puede promoverse eliminando el ápice del tallo principal, el cual contiene, hojas en desarrollo, tallos e inflorescencias superiores, las cuales estaban en competencia con la mencionada inflorescencia. Destacan también que la iniciación de la inflorescencia depende del abastecimiento de asimilados hacia el ápice y que temperaturas relativamente elevadas actúan desviando una mayor proporción de asimilados fuera del ápice, hacia las hojas en crecimiento que todavía actúan como importadoras netas.

La iniciación y el desarrollo floral también pueden promoverse eliminando hojas al inicio de su crecimiento. (Kinet, 1977) encontró que la defoliación del cultivar 'King Plus' en condiciones limitantes de luz favoreció en gran medida el desarrollo de la inflorescencia y aumentó el número de flores de 5.5 a 11.3. El mayor efecto se logró cuando se eliminaron las hojas 8, 9 y 10 que eran las más cercanas a la inflorescencia y las que competían más por asimilados con ella.

Nourai y Harris (1983) muestran que el desarrollo de la inflorescencia también puede mejorarse con la eliminación de los brotes laterales que empiezan a desarrollar desde la iniciación floral hasta la antesis.

Leopold y Lam (1960) encontraron que el número de flores en la primera inflorescencia del cultivar 'Rutgers' se incrementó significativamente (7 contra 11) cuando se removieron las hojas jóvenes (de la 4 en adelante) al alcanzar 1 cm de longitud. La remoción de las hojas ya maduras (de la 6 hacia abajo) tuvo un efecto de retraso sobre la fecha de floración, e incluso disminuyó ligeramente el número de flores, lo que atribuyen a que estas hojas son las principales exportadoras de asimilados al momento de la iniciación floral. Sugieren que las hojas jóvenes en crecimiento afectan el desarrollo de la inflorescencia, no sólo compitiendo con ella por asimilados, sino también porque su producción de reguladores de crecimiento (giberelinas) las hacen todavía más fuertes competidoras.

Abdul y Harris (1978) mencionan varios trabajos en donde se muestra que el número de flores puede aumentar en la primera inflorescencia de jitomate como respuesta a la eliminación de hojas jóvenes en desarrollo o a bajas temperaturas en el período de la iniciación floral. Mencionan también otros trabajos donde se ha observado disminución en el número de flores en respuesta a la aplicación de ácido giberélico. Plantean que las hojas jóvenes son fuentes de giberelinas difusibles, las cuales actúan reduciendo el número de flores formadas en la primera inflorescencia, ya que estas sustancias actúan desviando los asimilados hacia el ápice y las hojas en crecimiento y no hacia la inflorescencia. En uno de sus experimentos observaron que al aplicar ácido giberélico a concentraciones mayores a 5 ppm, en plantas del cultivar Eurocross BB, cuando la tercera hoja tenía una longitud de 1 cm, el número de flores en la primera inflorescencia se redujo de 7 a 5. Cuando se eliminaron las hojas 5 y 6 sin aplicación de ácido giberélico, el número de flores en la inflorescencia aumentó de 7 a 10.4, pero cuando si se aplicó disminuyó a 5.5. En otro experimento bajando la temperatura mínima de 16 a 12°C, sin remoción de hojas y sin aplicación de ácido giberélico, el número de flores en la inflorescencia pasó de 6.3 a 12.3 (la cantidad de giberelinas difusibles disminuyó con la temperatura) , pero el efecto se perdió cuando simultáneamente se

aplicaron 10 ppm de ácido giberélico. Por todo lo anterior sugieren que las hojas jóvenes actúan como fuente de giberelinas difusibles y su remoción afecta favorablemente el número de flores, tanto porque se elimina una fuerte competencia, como porque disminuyen los niveles de giberelinas difusibles dentro de la planta.

Russell y Morris (1982) indican que una invertasa ácida actúa como un mecanismo de descarga para la sacarosa en las yemas florales y que se ha observado que cuando hay una alta incidencia de aborción floral, la actividad de esta enzima está muy disminuida y es acompañada por una disminución en la acumulación de azúcares reducidos. Encuentran que la remoción de hojas jóvenes produce un aumento en la actividad de esa invertasa y consecuentemente en la concentración de azúcares reducidos.

Cooper y Hurd (1968) sugieren que las raíces también compiten con la inflorescencia por asimilados y que los tratamientos que restringen temporalmente su crecimiento durante el período de la iniciación floral, favorecen a dicha inflorescencia.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del experimento.

Para el logro de los objetivos planteados, del 1 de julio al 12 de noviembre de 1997, se condujo un experimento en un invernadero de vidrio en la empresa Industrial Agropecuaria Junco ubicada en la localidad de Cuautlalpan, Estado de México, a 10 Km. al sur de la Universidad Autónoma Chapingo, a los 19° 29' latitud norte y 98° 53' longitud oeste, a una altitud media de 2,251 msnm.

5.2. Invernadero, contenedores y sustrato.

El experimento se condujo mediante un sistema hidropónico bajo invernadero de estructura metálica y cubierta de vidrio, de 45 m de largo por 11.3 m de ancho y 3.8 m de altura máxima, contaba con 6 tinas de 43 m de largo, 1.3 m de ancho y 40 cm de altura cada una, construidas con costados y pasillos comentados; las cuales fueron rellenas colocando primero una capa de 10 cm de grava compuesta por partículas de tezontle rojo de aproximadamente 1 cm de diámetro, seguida de otra capa de 25 cm de arena de tezontle roja con la mayoría de sus partículas comprendidas entre 1 y 4 mm de diámetro. La capa de grava se colocó con el objetivo de dar un drenaje libre y aislar del suelo la capa de arena de tezontle que fue el sustrato donde crecieron las raíces de las plantas.

5.3 Material vegetal.

Se manejo el cultivar de jitomate "Solarset", el cual se caracteriza por ser de hábito de crecimiento determinado, planta compacta, frutos esféricos o bola

grandes (150 a 200 g), resistencias incorporadas a *Verticillium*, *Fusarium* raza 1 y 2, *Alternaria* y *Stemphylium* (Catálogo de la empresa Asgrow, 1994).

5.4. Semillero.

La siembra en semillero se efectuó en macetas de polietileno de 0.25 litros de capacidad, se usó como sustrato Peat Moss especial para semillero (Sunshine-mix número 6); en cada maceta se sembraron dos semillas a 0.5 cm de profundidad, se taparon con vermiculita. Una vez emergidas, se hizo un aclareo para dejar una sola planta por maceta.

5.5. Descripción de los tratamientos y diseño experimental.

Cuando la tercera hoja de las plántulas en semillero alcanzó una longitud mayor de 2 cm (indicativo de que se estaba iniciando la primera inflorescencia), se aplicaron durante diez días consecutivos tres factores (Temperatura nocturna, luz suplementaria y poda de hojas jóvenes), con dos, tres y dos niveles de estudio, generándose 12 tratamientos (Cuadro 2) que se arreglaron en un diseño de bloques al azar en parcelas subdivididas con cuatro repeticiones, correspondiendo las parcelas a la temperatura nocturna (parcelas grandes), las sub-parcelas a la luz suplementaria (parcelas medianas) y las sub-sub-parcelas a las podas de hojas jóvenes (parcelas chicas). Se consideraron como unidad experimental 40 plantas para parcela grande dispuestas en 8 hileras de 5 plantas cada una, 20 plantas para parcela mediana dispuestas en 4 hileras de 5 plantas cada una y 10 plantas para parcela chica dispuestas en 2 hileras de 5 plantas cada una. Para los tres niveles de parcelas experimentales, el arreglo en el distanciamiento de plántulas fue a una separación de 10x10 cm entre plantas y entre hileras (Figura 1 A)

Para el caso de la aplicación de los tratamientos de baja temperatura se colocaron, a las plántulas correspondientes, en una cámara con temperatura

controlada a 10 °C (Figura 1 B), diariamente de las 19:00 a las 7:00 horas del día siguiente durante 10 días que duro el tratamiento. El resto del tiempo se mantuvieron bajo condiciones de invernadero.

Cuadro 2. Descripción de tratamientos, considerando dos niveles de temperatura nocturna, tres de luz suplementaria y dos de poda de hojas jóvenes en un diseño de bloques al azar en parcelas subdivididas.

NÚMERO	TRATAMIENTO	SIMBOLOGÍA
1	Todo el ciclo de cultivo bajo condiciones de invernadero, sin luz suplementaria y sin poda de hoja.	TIL0P0 (Testigo)
2	Todo el ciclo de cultivo bajo condiciones de invernadero, sin luz suplementaria y poda de 5ª hoja.	TIL0P1
3	Todo el ciclo de cultivo bajo condiciones de invernadero, 5 horas de luz suplementaria por 10 días (1 lámpara fluorescente de 75 w más 3 focos incandescentes de 100 w) y sin poda de hoja.	TIL1P0
4	Todo el ciclo de cultivo bajo condiciones de invernadero, 5 horas de luz suplementaria por 10 días (1 lámpara fluorescente de 75 w más 3 focos incandescentes de 100 w) y poda de la 5ª hoja.	TIL1P1
5	Todo el ciclo de cultivo bajo condiciones de invernadero, 5 horas de luz suplementaria (2 lámparas fluorescentes de 75 w) y sin poda de hoja.	TIL2P0
6	Todo el ciclo de cultivo bajo condiciones de invernadero, 5 horas de luz suplementaria por 10 días (2 lámparas fluorescentes de 75 w) y poda de la 5ª hoja.	TIL2P2
7	12 horas diarias (19 a 7 horas) por 10 días en cámara a 10 °C, sin luz suplementaria y sin poda de hoja.	TCL0 P0
8	12 horas diarias (19 a 7 horas) en cámara a 10°C por 10 días, sin luz suplementaria y poda de la 5ª hoja.	TCL0P1
9	12 horas diarias (19 a 7 horas) en cámara a 10°C por 10 días, 5 horas de luz suplementaria (1 lámpara fluorescente de 75 w más 3 focos incandescentes de 100 w) por 10 días y sin poda de hoja.	TCL1P0
10	12 horas diarias (19 a 7 horas) en cámara a 10°C por 10 días, 5 horas de luz suplementaria (1 lámpara fluorescente de 75 w más 3 focos incandescentes de 100 w) por 10 días y poda de la 5ª hoja.	TCL1P1
11	12 horas diarias (19 a 7 horas) en cámara a 10°C por 10 días, 5 horas de luz suplementaria (2 lámparas fluorescentes de 75 w) por 10 días y sin poda de hoja.	TCL2P0
12	12 horas diarias (19 a 7 horas) en cámara a 10°C por 10 días, 5 horas de luz suplementaria (2 lámparas fluorescentes de 75 w) por 10 días y poda de la 5ª hoja.	TCL2P2

Para la aplicación de los tratamientos de luz suplementaria sola se colocaron 2 lámparas fluorescentes de 75 w al centro y por encima (a 20 cm) de las cuatro hileras de plántulas que conformaban la parcela mediana (Figura 1 B), a fin de lograr intensidades del orden de $75 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Para el caso de la combinación de luz fluorescente más incandescente se colocó una lámpara fluorescente de 75 w más tres focos incandescentes de 100 w alineados en forma de lámpara o tubo fluorescente separados a cada 40 cm, de tal manera que se proporcionó una intensidad de $90 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. La luz suplementaria se aplicó durante 5 horas (de las 19 a las 24 horas) durante los diez días que duró el tratamiento, con ayuda de un reloj controlador.

Para los tratamientos de remoción de hojas jóvenes, se podó la quinta hoja a las plantas correspondientes, contra no podar, esto se efectuó cuando la hoja por podar alcanzó una longitud de 2 cm y la hoja siguiente ya estaba bien diferenciada (1 cm de longitud), para no eliminar el punto de crecimiento.

Las variables respuesta que se registraron y analizaron fueron las siguientes:

1. Peso fresco y seco de raíz, tallo y hojas al iniciar y al terminar tratamientos (Muestreo 1 y 2).
2. Tasa de fotosíntesis aparente y respiración durante el día y con luz suplementaria (artificial).
3. Número de flores que llegan a antesis.
4. Porcentaje de plantas con inflorescencias ramificadas o dobles.
5. Número de frutos amarrados por racimo.
6. Número de frutos de tamaño comercial cosechados.
7. Peso medio y total de frutos.
8. Tasas relativas y absolutas de crecimiento de raíz, tallo, hojas y total.

5.6. Efecto de los tratamientos sobre la floración.

A los 68 días después de la siembra (dds) se midió el número de flores presentes en la inflorescencia de cada planta (Figura 1 F). Se determinó también el número de inflorescencias o racimos ramificados o dobles (definida cuando el pedúnculo de la inflorescencia se ramifica formando dos ejes principales donde quedan insertados los pedicelos de los frutos) así como el número de flores y frutos producidos por este tipo de inflorescencias (Figura 1 G).

Estas variables se procesaron estadísticamente mediante análisis de varianza (anava) y prueba de comparación de medias Duncan, para los factores de temperatura nocturna, luz suplementaria, poda de hojas jóvenes y su interacción.

5.7. Fotosíntesis aparente y respiración.

La tasa de fotosíntesis aparente y respiración de la hoja superior se midieron a los 30 dds (Figura 1 C), en dos plantas por unidad experimental, con un sistema analizador de gases al infrarrojo portátil (LI-6200; LI-COR. Lincoln, Nebraska, E.U.A.). En particular para medir la respiración, inmediatamente después de medir la fotosíntesis de hoja, se cubrió la cámara con una tela oscura y se dejó estabilizar por un minuto antes de hacer la determinación. Las mediciones se efectuaron en condiciones de día a las 11 y en condiciones de noche (luz artificial) a las 20 horas, tomándolas en un foliolo intermedio sometido a una densidad de flujo fotónico fotosintético dado por lámparas fluorescentes o fluorescentes más incandescentes según el tratamiento.

Las variables mencionadas en este apartado se procesaron estadísticamente aplicando análisis de varianza y pruebas de Duncan, para los factores temperatura nocturna, luz suplementaria y su interacción.

5.8. Tasas de crecimiento de raíz, tallo, hoja y total.

Se tomaron dos muestras, el primer muestreo fue a los 42 dds (Figura 1 D), y el segundo a los 84 dds (Figura 1 E), abarcando un intervalo de tiempo de 42 días, donde los órganos muestreados se encontraban en su fase de crecimiento rápido. En cada muestreo se cortaron, incluyendo raíz, dos plantas por unidad experimental y por repetición, las cuales se separaron en raíz, tallo y hojas. Se determinó el peso seco de raíz, tallo, hoja y total, previo secado en estufa a 60 °C hasta peso constante.

Con los datos generados se calcularon, como promedio del intervalo de 42 días comprendidos entre los 42 y 84 dds, las tasas medias absolutas (TAC) y relativa (TRC) de crecimiento de la raíz, tallo, hoja y total.

La TAC, definida como el incremento promedio de peso seco de un órgano (o conjunto de órganos) por unidad de tiempo (g dia^{-1}), se calculó mediante la ecuación:

$$\text{TAC} = (P_2 - P_1) / (t_2 - t_1).$$

Donde:

P_1 y P_2 son pesos secos en el primero y segundo muestreos.

$t_2 - t_1$ es el intervalo de tiempo entre los dos muestreos.

La TRC, que representa la ganancia de peso seco por gramo de materia seca presente por unidad de tiempo ($\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$), se calculó mediante la ecuación:

$$\text{TRC} = [\ln(P_2) - \ln(P_1)] / (t_2 - t_1).$$

5.9. Rendimiento y sus componentes.

La cosecha se efectuó en tres cortes a los 117, 126 y 135 dds, colectándose en cada corte los frutos que alcanzaron la madurez comercial; se tomaron los siguientes datos por unidad experimental: rendimiento de fruto en peso fresco y número total de frutos.

Con estos datos se calcularon el rendimiento y número de frutos por unidad de superficie y el peso medio de fruto. El porcentaje de amarre de frutos se determinó con base en la diferencia entre el número de flores (variable obtenida a los 68 dds) y número de frutos cosechados (Figura 1 H). A este conjunto de variables se les aplicó análisis de varianza (anava) y pruebas de comparación de medias Duncan, comprendiendo los factores temperatura nocturna, luz suplementaria, poda de hojas jóvenes y su interacción.

5.10. Manejo del cultivo.

Hasta el momento de la emergencia los riegos se efectuaron por vertido de la solución nutritiva, cuya composición se describe más adelante, posteriormente se usó un sistema de riego por microaspersión. El sistema de microaspersión se construyó colocando arcos de alambón a cada 2 m de separación y 1.5 m de altura, de estos se colgó un tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada en donde se insertaron los microaspersores a cada 1.5 m, así se logró una cobertura total del flujo de mojado (Figura 1 A).

El trasplante se efectuó con todo y cepellón a los 35 dds a tinas de 1.3 m de ancho por 0.40 m de profundidad rellenas con arena de tezontle rojo. La densidad de población fue de 25 pl. m⁻² conducidas a una inflorescencia o racimo (Figura 1 D).

El riego, a partir de esta etapa, fue por goteo a base de cinta de goteo de polietileno flexible del tipo "Ro-Drip", sin recirculación de la solución nutritiva y se aplicó diariamente con la cantidad necesaria para mantener el sustrato a su capacidad de retención (4 a 8 l m⁻² día⁻¹).

La composición de la solución nutritiva fue la que se muestra en el Cuadro 3. No se suministró molibdeno y cloro porque como se requieren en muy baja concentración, se considera que estos nutrientes aparecen en cantidad suficiente como impurezas de los fertilizantes usados así como en la composición del agua de riego.

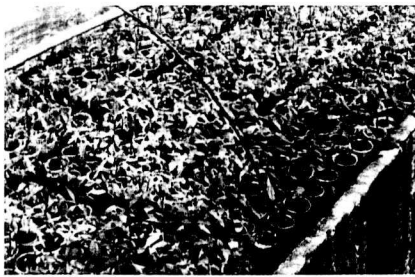
Cuadro 3. Nutrientes, concentraciones y compuestos fertilizantes con los que se preparó la solución nutritiva.

Nutriente	Concentración (mg L⁻¹)	Compuesto fertilizante
Nitrógeno	250	Nitrato de calcio; nitrato de amonio
Fósforo	60	Ácido fosfórico al 85 %
Potasio	300	Sulfato de potasio
Calcio	350	Nitrato de calcio
Azufre	200	Sulfato de potasio; sulfato de magnesio
Magnesio	75	Sulfato de magnesio
Hierro	3	Sulfato ferroso
Manganeso	0.5	Sulfato de manganeso
Boro	0.5	Bórax
Cobre	0.1	Sulfato de cobre
Zinc	0.1	Sulfato de zinc

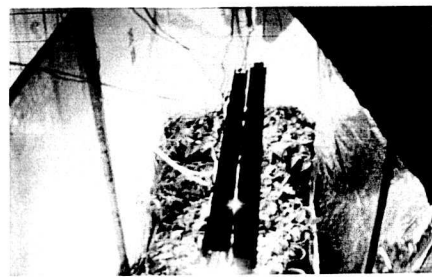
Para controlar la pérdida de agua por evaporación, sobre todo en etapas iniciales de desarrollo del cultivo, se colocó una cubierta plástica calibre 200 color blanco lechoso sobre el sustrato (acolchado), con perforaciones circulares de 5 cm de diámetro basadas en el diseño de plantación 20x20 cm (25 pl m⁻²).

Los despuntes (eliminación de la yema terminal) se efectuaron una hoja arriba de la primera inflorescencia, cuando esta hoja alcanzó una longitud aproximada de 4 cm. Los brotes laterales fueron eliminados tan pronto como pudieron ser manipulados. Se consideró necesario por cuestiones sanitarias la poda de las hojas inferiores o basales.

Como consecuencia de una alta humedad relativa en el invernadero, producto de varios días nublados y lluviosos, a los 80 dds se presentó un ataque fungoso aislado, probablemente tizón (*Phytophthora infestans*), el cual fue controlado con dos aplicaciones de Sulfocop-F^{MR} (ingrediente activo: Azufre elemental 50 % mas oxiclورو de cobre 7.46 % mas diluyente y adherente, ISHIHARA de MEXICO S.A. de C.V.), a razón de 2 ml L⁻¹, espaciados de 1 semana. No hubo incidencia de plagas por lo que no se aplicaron insecticidas.



A



B



C



D



E



F



G



H

Figura 1: Diferentes detalles de la conducción del experimento.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Efecto de los tratamientos sobre la floración

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza (Cuadro 4), muestran que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con $\alpha = 0.05$, para el número de flores por inflorescencia y porcentaje de plantas con inflorescencias complejas o ramificadas, es decir, que las plantas sometidas a los diferentes niveles de temperatura nocturna, luz suplementaria, poda de hojas jóvenes, registraron resultados similares en el número de flores por inflorescencia y en el porcentaje de plantas con inflorescencias complejas o ramificadas. Tampoco se encontraron diferencias significativas para las interacciones entre los diferentes factores.

El número de flores por inflorescencia varió de 5.94 a 7.36, con un promedio global de 6.75 flores por inflorescencia y un porcentaje de plantas con inflorescencias complejas o ramificadas que osciló entre 17.77 y 41.87 %, con un promedio global de 30.00 %. Los tratamientos TCL2P0 y TIL2P1 fueron los que presentaron los valores más altos con 7.27 y 7.36 flores por inflorescencia respectivamente, y con 40.55 y 41.87 % de plantas con inflorescencias complejas o ramificadas respectivamente.

En el momento de la inducción de la primera inflorescencia en plántulas de jitomate hay competencia entre la raíz, el tallo y las hojas en crecimiento y la inflorescencia, que en ese momento es considerada como una demanda débil (Atherton y Harris, 1986), por los fotoasimilados producidos en el día.

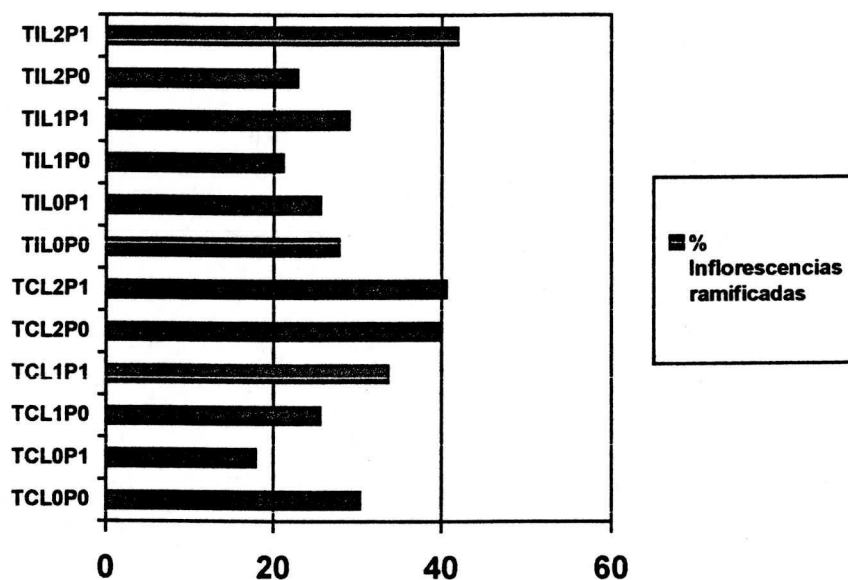


Figura 2. Medias de porcentaje de plantas con inflorescencias ramificadas en plántulas de jitomate, considerando los factores temperatura, luz suplementaria y poda de hojas.

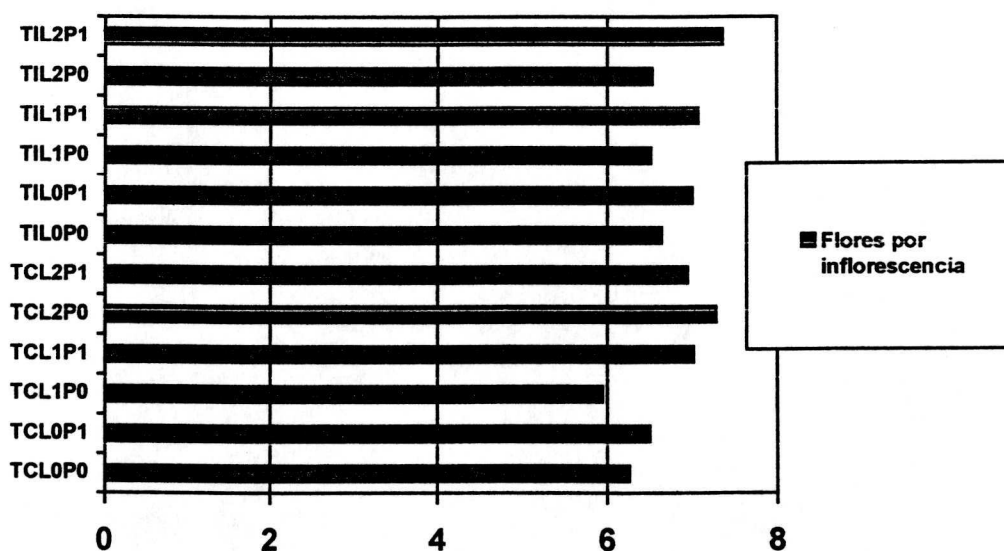


Figura 3. Medias de número de flores por inflorescencia en plántulas de jitomate, considerando los factores temperatura, luz suplementaria y poda de hojas.

Cuadro 4. Cuadrados medios y niveles de significancia para número de flores por planta y porcentaje de inflorescencias complejas o ramificadas, considerando los factores temperatura nocturna, luz suplementaria, poda de hojas jóvenes y sus interacciones.

FUENTE DE VARIACIÓN	CUADRADOS MEDIOS		
	G.L.	Número de flores por planta	Porcentaje de plantas con inflorescencia compleja o ramificada
Temperatura (T)	1	0.47	130.55
Bloque	3	0.42	102.48
Error a	3	1.05	215.90
Luz (L)	2	0.90	546.58
T x L	2	0.40	117.08
Error b	12	0.53	337.91
Poda de hojas jóvenes (P)	1	2.46	143.73
T x P	1	0.20	271.51
L x P	2	0.39	355.00
T x L x P	2	0.73	88.96
C.V.(%)		16.71	63.23
R ²		0.45	0.55
Media general		6.75 flores	29.65 %

* Significativo con $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo con $\alpha = 0.01$. C.V. = Coeficiente de variación.

Hay condiciones (poca irradiancia, sombra, sombreamiento mutuo entre plantas, altas temperaturas durante el día y/o durante la noche, estres por falta de agua, etc.) que propician que se produzcan menos fotosintatos por día y/o que se gasten más en el proceso respiratorio de los distintos órganos. Según varios autores (Calvert, 1973; Aung, 1976; Picken, 1984; Dinar y Rudich, 1985; Morgan, 1986; Charles-Edwards, *et al*, 1986), entre menos fotosintatos por día queden disponibles para el crecimiento y desarrollo de la inflorescencia al momento de su inducción, más meristemas florales abortan su crecimiento y un menor número de flores se desarrollan y llegan a antesis.

Aunque el carácter de ramificado de la inflorescencia (que normalmente produce el doble del número de flores que la inflorescencia simple) está determinado genéticamente (Vriesenga y Honma, 1974 a y b), también es influenciado de manera importante por la cantidad de fotoasimilados por día que quedan disponibles durante el periodo de iniciación de esta. Así, dentro de ciertos límites, entre mas fotoasimilados por planta por día queden disponibles

para el crecimiento de la inflorescencia, tenderá a ser mayor el porcentaje de plantas que desarrollen una inflorescencia ramificada con casi el doble de flores que las inflorescencias simples (Aung y Kelly, 1966; Kinet, 1977; Abdul y Harris, 1978; Russell y Morris, 1983; Charles-Edwards et al, 1986; Atherton y Harris, 1986; Dieleman y Heuvelink, 1992).

Basándose en la anterior argumentación, la ausencia de efectos de los tratamientos puede explicarse señalando que probablemente las condiciones en que se desarrolló el testigo durante el periodo de iniciación de la inflorescencia no fueron restrictivas para la síntesis de fotoasimilados y que por lo tanto se formaron suficientes por día como para desarrollar un número de flores por inflorescencia y un porcentaje de plantas con inflorescencia ramificada similar a la de los tratamientos que tampoco tuvieron restricción de fotoasimilados disponibles.

En efecto, las plántulas crecieron en el semillero en una relativa baja densidad de población (100 pl m^{-2}), pues no se manejaron en charolas de 200 cavidades sino en macetas de 0.25 litros de capacidad de sustrato por planta, por lo tanto no se dio un efecto importante de sombramiento mutuo como suele ocurrir en las charolas. Los días fueron soleados durante ese periodo, pero las temperaturas no fueron altas. Tampoco hubo restricciones de agua que pudiera propiciar una menor producción de fotoasimilados por cierre de estomas.

En síntesis los testigos, al igual que las plantas tratadas tuvieron un alto número de flores por inflorescencia y un alto porcentaje de plantas con inflorescencia ramificada. Esto se puede comparar con los datos obtenidos por Sánchez (1997) utilizando el mismo cultivar. El manejó plántulas en alta densidad de población teniendo por lo tanto un efecto de sombreamiento mutuo, y obtuvo inflorescencias con un promedio de 5.33 flores y solo un 9 % de plantas con inflorescencia ramificada. Mientras que en el presente experimento como ya se señaló se obtuvieron plantas con un promedio de 6.75 flores por

inflorescencia y un 30 % de plantas con inflorescencia ramificada, lo que representa el triple de lo obtenido por el mencionado autor.

En síntesis, se postula que no hubo efecto de tratamientos porque también los testigos crecieron en condiciones ambientales muy favorables que dieron como resultado una abundante y suficiente producción de fotoasimilados para el crecimiento y desarrollo de la inflorescencia.

El porcentaje de plantas con inflorescencia ramificada probablemente no fue mayor por el grado de determinación genética de este cultivar a producir inflorescencias simples. Sería interesante probar con otros cultivares el dar condiciones ambientales óptimas en el semillero a fin de encontrar aquellos en que la determinación genética a producir inflorescencias simples sea menor y así sean más influenciadas por ambientes que propicien abundancia de fotoasimilados para aumentar aún más el número de flores por inflorescencia y el porcentaje de plantas con inflorescencia ramificada. También sería importante evaluar el impacto de los factores aquí estudiados combinados con diferentes densidades de población en el semillero, sobre el número de flores por inflorescencia y/o el porcentaje de plantas con inflorescencia ramificada.

6.2. Efecto de los tratamientos sobre tasas de fotosíntesis aparente y respiración.

No se encontraron diferencias significativas en tasas de fotosíntesis aparente y respiración medidas en condiciones de día (a las 11 horas) y en condiciones de noche con luz artificial (a las 20 horas) para ninguno de los factores estudiados ni para sus interacciones (Cuadro 5).

No se encontraron diferencias significativas para fotosíntesis aparente en condiciones de noche porque no se comparó directamente el dar luz suplementaria contra no darla; sin embargo, al hacer la prueba de contrastes

ortogonales de L0 contra el promedio de L1+L2, las diferencias si resultaron significativas con $\alpha = 0.05 \%$.

Cuadro 5. Cuadrados medios y niveles de significancia para fotosíntesis aparente y respiración, considerando los factores temperatura, luz suplementaria y su interacción.

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	CUADRADOS MEDIOS			
		Condiciones de día		Condiciones de noche	
		Fotosíntesis aparente	Respiración	Fotosíntesis aparente	Respiración
Temperatura (T)	1	82.42	0.83	1.32	0.01
Bloque	1	0.03	0.003	0.13	0.05
Error a	1	2.83	0.28	1.55	0.03
Luz (L)	2	18.04	0.94	4.77	0.14
T x L	2	4.60	0.05	0.95	0.16
C.V.		19.76	29.36	85.22	38.57
R ²		0.77	0.50	0.80	0.72
Media general		15.50 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	2.96 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	1.11 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	0.68 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

* Significativo con $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo con $\alpha = 0.01$. C.V. = Coeficiente de variación.

Observando la prueba de comparación de medias Duncan, en condiciones de noche para el factor luz (Cuadro 6), se aprecia que en los tratamientos en los que se aplicó luz fluorescente más incandescente (L1) y luz fluorescente sola (L2) hubo fotosíntesis aparente. Aunque no hubo diferencias significativas entre L1 y L2 es de destacar que el tratamiento L1 produjo una tasa de fotosíntesis aparente de más del doble que la de L2 y ello pudo deberse a la mayor irradiancia de L1 ($90 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ contra $75 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en L2). También se aprecia que la tasa de fotosíntesis aparente provocada por la luz suplementaria fue suficiente para compensar la tasa de pérdida de CO_2 por respiración durante la noche, pues en 5 horas de fotosíntesis nocturna se incorporó aproximadamente la misma cantidad de CO_2 que se perdió por respiración en toda la noche. Mientras tanto se observa en el mismo Cuadro 6 que el tratamiento sin luz suplementaria tuvo una pérdida neta de CO_2 (y por tanto de peso seco) durante la noche a través de la respiración.

Cuadro 6. Medias de fotosíntesis aparente y respiración, medidas en condiciones de noche para el factor luz suplementaria.

TRATAMIENTO	Fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Respiración ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
Luz fluorescente más incandescente (L1)	2.18 a	0.88 a
Luz fluorescente (L2)	1.15 a	0.50 a
Sin luz suplementaria (L0)	0.00 b	0.66 a
Rango crítico para 2 medias (Duncan 0.05)	1.06	0.51

Medias con letras diferentes dentro de columnas difieren estadísticamente con $\alpha = 0.05$.

Cuadro 7. Medias de fotosíntesis aparente y respiración, medidas en condiciones de día para el factor luz suplementaria.

TRATAMIENTO	Fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Respiración ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
Luz fluorescente más incandescente (L1)	13.28 a	2.41 a
Luz fluorescente (L2)	15.71 a	3.34 a
Sin luz suplementaria (L0)	17.51 a	3.12 a
Rango crítico para 2 medias (Duncan 0.05)	6.15	1.74

Medias con letras diferentes dentro de columnas difieren estadísticamente con $\alpha = 0.05$.

Con la aplicación de luz suplementaria durante la noche se buscaba una mayor producción neta de fotoasimilados por planta en un intervalo de 24 horas, de tal manera que quedarán más fotoasimilados para la iniciación de la inflorescencia.

De acuerdo con los resultados obtenidos, las hojas de plantas irradiadas con luz suplementaria durante 6 horas en la noche, realizaron fotosíntesis adicional a la del día a una tasa que compensó la respiración de dichas hojas durante toda la noche. Sin embargo, la tasa de fotosíntesis durante el día presentó una tendencia a ser mayor en las hojas de las plantas testigo sin luz suplementaria durante la noche (Cuadro 7), de tal manera que la cantidad neta de fotoasimilados producidos por día resultó similar para todos los tratamientos de luz, incluyendo sus interacciones con temperatura.

Probablemente estos tratamientos de luz suplementaria produzcan los efectos deseados, en situaciones en donde las plántulas realicen menos fotosíntesis durante el día (días nublados, muy alta densidad de población de plántulas, semilleros sombreados) y/o donde el gasto por respiración de los fotoasimilados producidos sea muy alto (altas temperaturas, sobre todo nocturnas).

6.3. Efecto de los tratamientos sobre índices de crecimiento de las plantas.

Se estudiaron las tasas medias absolutas y relativas de crecimiento (TAC y TRC) de la raíz, tallo, hoja y del total entre los 42 y los 84 dds, considerando que en ese periodo de tiempo coincidían las fases fenológicas de crecimiento rápido de los órganos muestreados.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza en relación a la TRC de la hoja (Cuadro 8), muestran diferencias altamente significativas con $\alpha = 0.01$ para el factor luz suplementaria y para la interacción luz suplementaria con temperatura nocturna. Los mismos resultados muestran que todos los tratamientos producen estadísticamente el mismo efecto en la TAC de la raíz, del tallo, de la hoja y del total, y en la TRC de la raíz, del tallo y del total.

De acuerdo a la prueba de comparación de medias (Cuadro 9), el tratamiento sin luz (L0) fue el que dió la mayor TRC de la hoja siendo estadísticamente diferente del tratamiento L2 (luz fluorescente) pero no de L1 (incandescente más fluorescente). Esto último esta de acuerdo con lo señalado por Moe (1997) en el sentido de que la adición de lámparas incandescentes a las fluorescentes provocan un crecimiento más efectivo de las plantas que las lámparas fluorescentes solas.

En efecto, el espectro de luz de las lámparas tiene importantes efectos morfogénéticos en las plantas (Moe y Heins, 1990). Al menos hay tres diferentes sistemas de pigmentos (el fitocromo, un foto-receptor de luz azul y UV-A y un foto-receptor de luz UV-B) que puede promover respuestas morfogénéticas en las plantas. Particularmente el fitocromo responde todavía a muy baja irradiancia (menos de $2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y exhibe una foto-reversibilidad del rojo al rojo lejano característica en longitudes de onda cercanas a los 660 y 730 nanómetros.

La lámparas con una baja relación de flujo fotónico rojo/rojo lejano como las incandescentes puede promover respuestas morfogénéticas tales como: elongación de peciolo y pedúnculos, disminución de la formación de ramas e incrementos en el tamaño de las hojas (Moe, 1997). Es posible que esto explique las diferencias en la TRC de la hoja entre los tratamientos con lámparas fluorescentes y fluorescentes más incandescentes, ya que las primeras tienen una relación rojo/rojo lejano mucho mayor que las incandescentes (Muracami, *et al.*, 1997).

No se encontró una explicación satisfactoria del por qué el tratamiento L0 tuvo una mayor TRC de la hoja de los 42 a los 84 dds. Sólo cabe señalar que la tasa de fotosíntesis medida durante el día tendió a ser mayor en las plántulas que no recibieron luz suplementaria en la noche ($17.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ contra $14.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en las plántulas que recibieron luz suplementaria en la noche), por lo que es posible que a ello se deba el efecto encontrado.

Para explicar el efecto de interacción de luz suplementaria con temperatura nocturna, en la Figura 2 se aprecia que cuando se aplicó luz suplementaria por espacio de 10 días en las plántulas que crecieron en el invernadero, disminuyó la tasa relativa de crecimiento de la hoja, mientras que sucedió lo contrario con las plántulas que crecieron en la cámara durante las noches.

Cuadro 8. Cuadrados medios y niveles de significancia de TAC y TRC de raíz, tallo, hoja y total considerando los factores temperatura nocturna y luz suplementaria, durante el periodo de crecimiento rápido de los órganos (42 a 84 dds).

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	CUADRADOS MEDIOS							
		TAC				TRC			
		RAIZ	TALLO	HOJA	TOTAL	RAIZ	TALLO	HOJA	TOTAL
Temperatura (T)	1	0.00120	0.0027	0.0010	0.000008	0.000008	0.00030	0.000075	0.000075
Bloque	1	0.00000	0.0016	0.0006	0.005208	0.000008	0.00003	0.000075	0.000075
Error a	1	0.00003	0.0008	0.0002	0.002408	0.000075	0.00003	0.000008	0.000008
Luz (L)	2	0.00005	0.0005	0.0002	0.000400	0.000008	0.00002	0.00010**	0.000025
T x L	2	0.00007	0.0004	0.0002	0.001633	0.000058	0.00017	0.00010**	0.000075
C.V.		22.13	6.32	10.36	8.92	6.90	10.74	6.05	11.26
R ²		0.69	0.89	0.51	0.55	0.77	0.70	0.89	0.57
Media general		0.06 (g día ⁻¹)	0.24 (g día ⁻¹)	0.25 (g día ⁻¹)	0.55 (g día ⁻¹)	0.06 (g g ⁻¹ día ⁻¹)	0.08 (g g ⁻¹ día ⁻¹)	0.07 (g g ⁻¹ día ⁻¹)	0.07 (g g ⁻¹ día ⁻¹)

* Significativo con $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo con $\alpha = 0.01$. C.V. = Coeficiente de variación.

Cuadro 9. Medias de TAC y TRC de la raíz, tallo, hoja y total de plantas de jitomate, considerando los factores temperatura nocturna, luz suplementaria y sus interacciones.

TRATAMIENTO	TAC (g día ⁻¹)				TRC (g g ⁻¹ día ⁻¹)			
	RAIZ	TALLO	HOJA	TOTAL	RAIZ	TALLO	HOJA	TOTAL
TC	0.048a	0.26a	0.24a	0.55a	0.060a	0.09a	0.07a	0.07a
TI	0.068a	0.23a	0.26a	0.55a	0.058a	0.08a	0.06a	0.07a
Rango crítico para 2 medias (Duncan 0.05)	0.042	0.21	0.106	0.36	0.06	0.04	0.02	0.02
L0	0.05a	0.23a	0.25a	0.55a	0.06a	0.08a	0.072a	0.075a
L1	0.06a	0.25a	0.24a	0.56a	0.06a	0.08a	0.067ab	0.072a
L2	0.05a	0.23 ^a	0.24a	0.54a	0.05a	0.08a	0.062 b	0.070a
Rango crítico para 2 medias (Duncan 0.05)	0.025	0.029	0.05	0.09	0.008	0.017	0.008	0.016

Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas con $\alpha = 0.05$.

En la cámara, por ser un recinto más pequeño y más herméticamente cerrado que el invernadero, la concentración de CO₂ fue mayor durante la noche (693 ppm contra 445 ppm en el invernadero, según el sistema analizador de gases al infrarrojo utilizado). Esto se reflejó en que las plántulas manejadas con

luz suplementaria en la noche dentro de la cámara tuvieron una tasa de fotosíntesis de casi el doble que las plántulas con luz suplementaria en el invernadero ($2.17 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ contra $1.17 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

En el estado fenológico en que se encontraban las plántulas, las hojas eran los órganos de mayor demanda por encontrarse en pleno crecimiento. Entonces, la mayor tasa de fotosíntesis durante la noche en las plántulas manejadas en cámara con luz suplementaria pudo haber impulsado un mayor crecimiento de las hojas, que posteriormente se manifestó en una mayor TRC de estos órganos.

Por otro lado, las plántulas que no recibieron luz suplementaria y que crecieron en el invernadero tuvieron una mayor TRC que las que crecieron en la cámara durante las noches, lo que probablemente pudo deberse a que las plántulas que crecieron en el invernadero tuvieron tasas de fotosíntesis durante el día mas altas que las que crecieron en la cámara durante la noche ($20.06 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ contra $14.97 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

La ausencia de diferencias significativas en las TAC y en las TRC de los órganos considerados (excepto TRC de hojas) y del total de la planta podría explicarse en base a los mismos argumentos señalados para las variables número de flores por inflorescencia y porcentaje de plantas con inflorescencia ramificada. Es decir que los testigos al igual que las plantas tratadas crecieron en condiciones ambientales muy favorables que dieron como resultado una abundante y suficiente producción de fotoasimilados para el crecimiento.

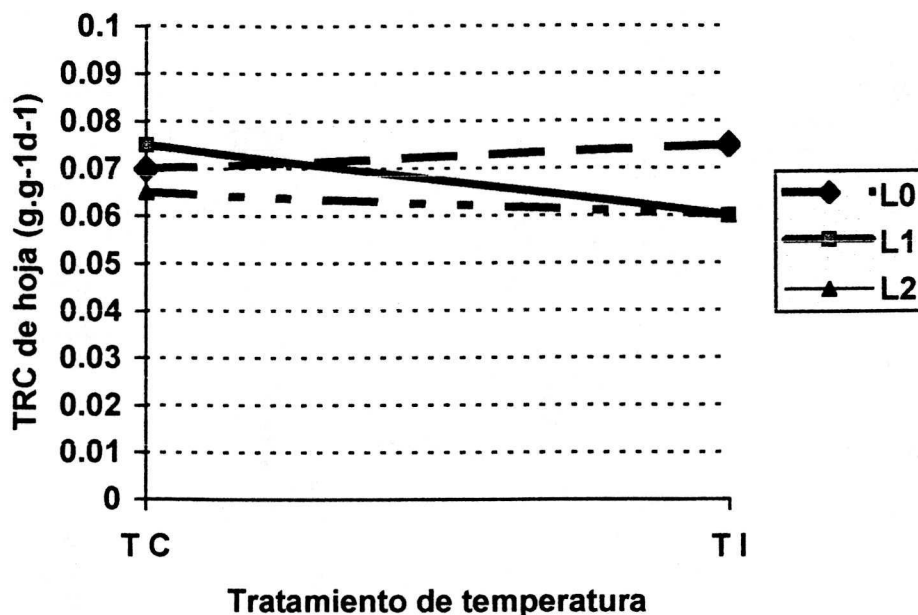


Figura 4. Tasas relativas de crecimiento de las hojas de los distintos niveles de luz suplementaria en función de los tratamientos de temperatura en plántulas de jitomate.

6.4 Rendimiento y sus componentes.

En el Cuadro 10, se puede ver que tanto para el rendimiento global por unidad de superficie como para sus componentes (número de frutos, peso medio de fruto y porcentaje de amarre de frutos), no hubo diferencias significativas para temperatura nocturna, luz suplementaria, poda de hojas jóvenes ni para sus interacciones.

Se observa en el Cuadro 11 que, de manera general el rendimiento varió de 16.88 a 18.58 kg. m⁻², con un promedio de 17.74 kg. m⁻². Se observa también que el peso medio de fruto en general varió muy poco entre tratamientos, de 130

a 135 g, con un valor promedio de 132 g. El número de frutos por metro cuadrado varió de 132 a 141, con un promedio de 135.

La ausencia de diferencias entre tratamientos en el número de flores por inflorescencia y en el porcentaje de plantas con inflorescencias complejas o ramificadas, y en las diferentes tasas de crecimiento explica que no se afectaron los componentes primarios del rendimiento y que consecuentemente no se encontraran diferencias entre tratamientos para esta última variable.

Cuadro 10. Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento y sus componentes en jitomate, considerando los factores temperatura nocturna, luz suplementaria, poda de hojas jóvenes y sus interacciones.

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	CUADRADOS MEDIOS			
		Rendimiento por unidad de área	Número de frutos por unidad de área	Peso medio de fruto	Amarre de frutos
Temperatura (T)	1	0.51	23.03	97.78	45.79
Bloque	3	7.57	274.74	13.69	64.58
Error a	3	15.36	794.32	43.82	220.17
Luz (L)	2	11.47	483.46	92.14	7.05
T x L	2	13.34	323.76	194.85	15.27
Error b	12	12.89	686.51	139.46	182.75
Poda de hojas (P)	1	1.71	321.62	95.12	50.55
T x P	1	0.43	146.13	9.37	218.37
L x P	2	8.06	2238.50	669.02	431.85
T x L x P	2	2.18	189.93	4.02	120.31
C.V. (%)		14.11	19.44	12.99	16.04
R ²		0.72	0.60	0.42	0.60
Media general		17.74 kg/m ²	135.04	132.70 g	80.44 %

* Significativo con $\alpha = 0.05$. ** Altamente significativo con $\alpha = 0.01$. C.V. = Coeficiente de variación.

Cuadro 11. Medias de rendimiento y sus componentes en jitomate, considerando los factores temperatura nocturna, luz suplementaria y poda de hojas jóvenes.

TRATAMIENTO	Rendimiento por unidad de área (kg m ⁻²)	Número de frutos por unidad de área	Peso medio de fruto (g)	Amarre de frutos (%)
Temperatura cámara	17.64	136	131	81.4
Temperatura invernadero	17.84	134	134	79.5
Rango crítico para 2 medias (Duncan 0.05)	3.60	26	6	13.6
Sin luz suplementaria	17.77	132	135	80.5
Incandescente + fluorescente	16.88	132	130	79.7
Fluorescente	18.58	141	132	81.0
Rango crítico para 2 medias (Duncan 0.05)	2.89	21	10	10.9
Sin poda de hoja	17.55	132	134	81.5
Poda de la quinta hoja	17.93	138	131	79.4
Rango crítico para 2 medias (Duncan 0.05)	1.52	16	10	7.8

Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas con $\alpha = 0.05$.

VII. CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos en el presente estudio, para plantas de jitomate cultivar Solarset conducidas a un racimo en densidades de población de 25 pl m^{-2} , se concluye lo siguiente:

1. Los testigos, al igual que las plantas tratadas tuvieron un alto número de flores por inflorescencia y un alto porcentaje de plantas con inflorescencia ramificada.
2. La luz suplementaria, el tratamiento de baja temperatura y la poda de la quinta hoja aplicados durante el periodo de iniciación de la inflorescencia no influyeron en la formación de más flores por inflorescencia, en un mayor porcentaje de plantas con inflorescencias ramificadas ni en el rendimiento.
3. Las hojas de plantas con luz suplementaria durante 5 horas en la noche, realizaron fotosíntesis adicional a las del día a una tasa que compensó la respiración de dichas hojas durante toda la noche.
4. El efecto combinado de dos de los tres factores estudiados (baja temperatura nocturna, luz suplementaria y poda de hojas), durante la fase de iniciación de la inflorescencia, sobre el número de flores por inflorescencia y sobre el porcentaje de plantas con inflorescencias ramificadas. presentó una tendencia a ser mayor que el de los efectos individuales de dichos factores.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Abdul, K. S., A. E. Canham and G. P. Harris., 1978. Effects of CCC on the formation and abortion of flowers in the first inflorescence of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Annals of Botany* 42:617-625.
- Adamson, R. M. and E. F. Mass., 1981. Soilless culture of seedless greenhouse cucumber and sequence cropping. Publicación 1725. Minister of Supply and Services of Canada. Ottawa Canadá. 25 pp.
- 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, H. L. and W. C. Kelly., 1966. Influence of defoliation on vegetative, floral and fruit development in tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *American. Society for Horticultural Science* 89:563-570.
- Aung, L. H., 1976. Effects of photoperiod and temperature on vegetative responses of *Lycopersicon esculentum* Mill. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 101:358-360.
- Aung, L. H., 1978. Temperature regulation of growth and development of tomato during ontogeny. In: First International Symposium on Tropical Tomato. Asian Vegetable Research and Development Center. Shanhua, Taiwan, China. pp 79-93.
- Bruggink, G. T., 1987. Influence of light on the growth of young tomato, cucumber and sweet pepper plants in the greenhouse: Calculating

the effect of differences in light integral. *Scientia Horticulturae* 31: 175-183.

Bruggink, G. T. and E. Heuvelink., 1987. Influence of light on the growth of young tomato, cucumber and sweet pepper plants in the greenhouse: Effects on relative growth rate, net assimilation rate and leaf area ratio. *Scientia Horticulturae* 31: 161-174.

Calvert, A., 1957. Effect of the early environment on development of flowering in the tomato. I. Temperature. *Journal of Horticultural Science* 32:9-17.

Calvert, A., 1959. Effect of the early environment on development of flowering in the tomato II: Light and temperature interactions. *Journal of Horticultural Science* 34:154-162.

Calvert, A., 1964. The effects of air temperature on growth of young tomato plants in natural light conditions. *Journal of Horticultural Science*. 39:194-211.

Calvert, A., 1973. Environmental responses. In: *The United Kingdom tomato manual*. Growers Books. Londres, Inglaterra. pp 19-34.

Cancino B, J., F. Sánchez Del C, y P. Espinosa R., 1990. Efecto del despunte y densidad de población en dos variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponia 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.
- Cooper, A. J., 1966. Seasonal changes in net assimilation and leaf growth of young tomato plants. *Acta Horticulturae*, 4, 76-78.
- Cooper, A. J. and R. G. Hurd. 1968. The influence of cultural factors on arrested development of the first inflorescence of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 43:243-248.
- Dieleman, J. A. and J. A. Heuvelink., 1992. Factors affecting the number of leaves preceding the first inflorescence in the tomato. *Journal of Horticultural Science* 67(1):1-10.
- Dinar, M. and J. R. Rudich. 1985. Effect of heat stress on assimilate metabolism in tomato flower buds. *Annals of Botany* 56:249-257.
- FAO., 1990. Soilless culture for horticultural crop production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 188 pp.
- Fisher, K. J., 1977. Competition effects between fruit trusses of the tomato plant. *Scientia Horticulturae* 7:37-42.
- Folquer, F., 1979. El tomate. Estudio de la planta y su producción. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 105 pp.
- Grimstad, S. O., 1987. Supplementary lighting of early tomatoes after planting out in glass and acrylic greenhouses. *Scientia Horticulturae* 33: 189-196.

- Ho, L. C., 1984. Partitioning of assimilates in fruiting tomato plants. *Plant growth Regulation* 2:277-285.
- Ho, L. C. and A. F. Shaw., 1977. Carbon economy and traslocation of ^{14}C in leaflets of the seventh leaf of tomato during leaf expansion. *Annals of Botany* 41:833-848.
- Ho, L. C., A. F. Shaw, J. B. Hammond and K. S. Burton., 1983. Source-sink relationships and carbon metabolism in tomato leaves: I. ^{14}C assimilate comparmtentation. *Annals of Botany* 52:365-372.
- Hurd, R. G., 1973. Long-day effects on growth and flower initiation of tomato plants in low light. *Annals of Applied biology* 73: 221-228.
- Hurd, R. G. and A. J. Cooper., 1967. Increasing flower number in single-truss tomatoes. *Journal of horticultural Science* 42:181-188.
- Hurd, R. G. and A. J. Cooper., 1970. The effect of early low temperature treatment on the yield of single inflorescence tomatoes. *Journal of horticultural Science* 45:19-27.
- Hussey, G., 1963. Growth and development in the young tomato. I. The effect of temperature and light intensity on growth of the shoot apex and leaf primordia. *Journal of Experimental Botany* 14:316-325.
- Iñiguez, G. A., 1991. El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), aspectos relevantes para su cultivo en México. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

- 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 inflorescence in tomato. *Scientia Horticulturae* 6:27-35.
- Leopold, A. C. and S. L. Lam., 1960. A leaf factor influencing tomato Earliness. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 76: 543-547.
- Lewis, D., 1953. Some factors affecting flower production in the tomato. *Journal of Horticultural Science* 28:207-220.
- Lipari, V. and A. Paratore., 1986. Effects of auxin on competition between trusses of the tomato plant. *Acta Horticulturae* 191:171-177.
- Maroto, B. J. V., 1986. *Horticultura herbácea especial*. Ed. 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. *Journal of Horticultural Science* 64(3):331-338.
- Menary, R. C. and J. van Staden., 1976. Effect of Phosphorus nutrition and cytokinins on flowering in the tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill.

- Moe, R. 1997. Physiological aspects of Supplementary lighting in horticulture. *Acta Horticulturae* 418:17-24
- Moe R. and Heins, R. D. 1990. Control of plant morphogenesis and flowering by light quality and temperature. *Acta Horticulturae* 272: 81-90.
- Morgan, J. V., 1986. Chemical and environmental control of growth during propagation of tomato plants for trasplanting. *Acta Horticulturae*, 190:523-530.
- Morgan, J. V. and E. J. Clarke., 1975. Influence of temperature, photoperiod and container size on the growth rate and development of tomato plants in growing-rooms. *Acta Horticulturae* 51: 77-87.
- 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.
- Murakami, K., Aiga, I., Horaguchi, K. and Morita. M. 1997. Red/far-red photon flux ratio used as an index number for morphological control of plant growth under artificial lighting conditions. *Acta Horticulturae* 418:135-140.
- Nichols, M. A., I. L. Nonnecke and S. C. Phatak., 1973. Plant density studies with direct seeded tomatoes in Ontario, Canada. *Scientia Horticulturae* 1:309-320.

- Nourai, A. H. A. and G. P. Harris., 1983. Effects of growth retardants on inflorescence development in tomato. *Scientia Horticulturae* 20: 341-348.
- Phatak, S. C., S. H. Wittwer and F. G. Teubner., 1966. Top an root temperature effects on tomato flowering. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 88:527-531.
- Picken, A. J. F., 1984. A review of pollinitation and fruit set in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Horticultural Science* 59(1):1-13.
- Picken, A. J. F., K. Stewart and D. Klapwijk., 1986. Germination an vegetative development. In: *The tomato crop*. Atherton, J. G. and J. Rudich (editores). Chapman and Hall. Londres, Inglaterra. pp. 110-166.
- Ponce, O. J., 1995. Evaluación de diferentes densidades de plantación y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) en Hidroponia. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 96 pp.
- Resh, H. M., 1992. Cultivos hidropónicos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España (tercera edición) 369 pp.
- Rodríguez, R. R., R. Tabares J. y S. Medina J., 1984. Cultivo moderno del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 206 pp.
- Romero, F. E. y G. Diaz 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*. CP. CRECIDATH. Veracruz, México.

- Russell, C. R. and D. A. Morris., 1982. Invertase activity, soluble carbohydrates and inflorescence development in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Annals of Botany 49:89-98.
- 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.) Annals of Botany 52:357-363.
- Sánchez, Del C. F., P Espinosa R. y E. Hernandez R., 1986. Producción superintensiva de jitomate en hidroponia bajo condiciones de invernadero rústico (Línea de investigación). Departamento de Fitotecnia, UACH. Chapingo, México. (mimeógrafo)
- Sánchez, Del C. F., 1994. Relaciones entre fuente y demanda en jitomate manejado con despuntes y altas densidades de población. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 111 pp.
- Sánchez, Del C. F. y E. Escalante R., 1989. Hidroponia: un sistema de producción. Tercera Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 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. 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. Tesis de Doctorado. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 189 pp.
- Sánchez-Román B. F., 1981. Hidroponía en Quintana Roo. México, D.F. (inédito). 78 pp.
- SARH., 1993. Anuario Estadístico de Producción. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México D.F.
- Serrano, C. Z., 1978. Cultivo de hortalizas en invernaderos. Ed. AEDOS. Barcelona España. 431 pp.
- Shishido, Y., 1991. Distribution pattern of photosynthetic assimilates as affected by Phyllotaxis and vascular system in tomato plants. *Japan Agricultural Research Quarterly* 25(3):176-180. En *Horticultural Abstracts* 62:8329.
- 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 $^{14}\text{CO}_2$. *Annals of Botany* 63(3):357-367.
- Sholto, D. J., 1976. Advanced guide to hydroponics. Drake Publishers, Inc. New York. USA. 333 pp.
- Slack, G. and A. Calvert., 1977. The effect of truss removal on the yield of early sown tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 52:309-315.

- Stoy, V., 1969. Interrelationships among photosynthesis, respiration and movement of carbon in developing crops. En Proceedings of the symposium on Physiological aspects of Crop Yields, pp 185-202. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin, EUA.
- van de Vooren, J; G. W. H. Welles and G. Hayman., 1986. Glasshouse crop production. En The tomato crop. Atherton, J. G. and J. Rudich (editores). Chapman and Hall. Londres, Inglaterra. pp. 582-624.
- Veliath, J. A. and A. C. Ferguson., 1972. The effect of deblossoming on fruit size, yield and earliness in tomato. Hortscience 7(3):278-279.
- Vriesenga, J. D. and S. Honma., 1974 a. Inheritance of tomato inflorescence. Journal of Heredity 65:43-47.
- Vriesenga, J. D. and S. Honma., 1974 b. Intercalary inflorescence in the tomato. Journal of Heredity 65:128-129
- Warren, W. J., 1981. Analysis of growth, Photosynthesis and light interception for single plants and stands. Annals of Botany 48:507-512.
- Wittwer, S. and S. Honma., 1979. Greenhouse tomatoes, lettuce and cucumbers. Michigan State University Press. EUA. 225 pp.
- 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. Scientia Horticulturae 34:1-11.