

Universidad Autónoma Chapingo

Departamento de Fitotecnia

EFECTO DE NIVELES DE TEMPERATURA, LUZ
Y HUMEDAD DEL SUSTRATO EN LA CALIDAD Y
RENDIMIENTO DE CHILE MANZANO
(*Capsicum pubescens* R. y P.)



DIRECCION ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

TESIS

Que como Requisito Parcial
para obtener el Grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA



PRESENTA:

FABIÁN ALEJANDRO JUÁREZ MARTÍNEZ

893651

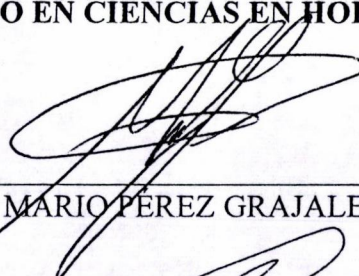
Chapingo, Méx., Marzo, 1999

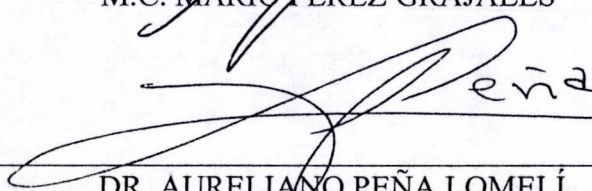


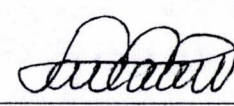
**EFFECTO DE NIVELES DE TEMPERATURA, LUZ Y HUMEDAD DEL
SUSTRATO EN LA CALIDAD Y RENDIMIENTO DE CHILE MANZANO
(*Capsicum pubescens* R. y P.)**

Tesis realizada por Fabián Alejandro Juárez Martínez, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR: 
M.C. MARIO PÉREZ GRAJALES

ASESOR: 
DR. AURELIANO PEÑA LOMELÍ

ASESOR: 
DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

34094

**EFFECTO DE NIVELES DE TEMPERATURA, LUZ Y HUMEDAD DEL
SUSTRATO EN LA CALIDAD Y RENDIMIENTO DE CHILE MANZANO
(*Capsicum pubescens* R. y P.)**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Fabián Alejandro Juárez Martínez autor de la presente tesis de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA estuvo constituido por:

PRESIDENTE: _____

M.C. MARIO PÉREZ GRAJALES

ASESOR: _____

DR. AURELIANO PEÑA LOMELÍ

ASESOR: _____

DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

DEDICATORIA

Con mucho cariño para mis padres

**FRANCISCO JUÁREZ PORRAS
Y
PETRONA MARTINEZ CRUZ**

Por el gran corazón que llevan dentro y por todo el amor que nos han dado a nosotros,
sus hijos. Su ejemplo siempre lo llevamos con nosotros.

A mis hermanos

**RAFAEL
GREGORIA
SILVIA
FELIX**

Porque nos siga uniendo ese cariño de hermanos que siempre nos hemos tenido.

A mis hijos

**VICTOR DANIEL
FABIOLA
VLADIMIR**

Porque triunfen en la vida y sean mucho mejores que sus padres.

A SUSANA

Por todo su cariño, apoyo y comprensión.

**GRACIAS A TODOS POR TODO EL APOYO MORAL Y ECONOMICO QUE
ME BRINDARON DURANTE MIS ESTUDIOS DE MAESTRÍA**

AGRADECIMIENTOS

A la **UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO** por darme la oportunidad de sentirme nuevamente estudiante, los conocimientos adquiridos son invaluableles.

Al **CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA** por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios de Maestría.

Al **M.C. MARIO PÉREZ GRAJALES** por su atinada dirección en el presente trabajo y por todos los conocimientos y experiencias que me transmitió. Muchas gracias.

Al **Dr. AURELIANO PEÑA LOMELÍ** por sus consejos y observaciones en la revisión del presente trabajo. Gracias.

Al **Dr. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS** por su asesoría estadística y en la revisión del presente trabajo. Gracias Dr., usted es un ejemplo a seguir.

A todos mis amigos y compañeros de la generación.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente tesis es ingeniero agrónomo especialista en Fitotecnia, por la Universidad Autónoma Chapingo con sede en Chapingo Estado de México, egresado y titulado en el año de 1986 con la tesis “Evaluación de 8 genotipos de girasol (*Helianthus annuus* L.) bajo condiciones de temporal en Nanacamilpa, Tlaxcala”. Nació en el municipio de Ayoquezco de Aldama, Estado de Oaxaca el 10 de febrero de 1961. Su experiencia profesional ha girado en torno a la implementación de programas de abasto comunitario, sobre todo en la distribución de artículos de primera necesidad y en la compra de granos, principalmente maíz, frijol y sorgo en los estados de Oaxaca y Morelos. Impartiendo al mismo tiempo cursos de capacitación para almacenistas de granos básicos en Bodegas Rurales Conasupo.

Ha participado también en la elaboración de programas de distribución de fertilizantes por parte de empresas del sector social, asesoría para la implementación de programas estatales de producción y en la elaboración de proyectos para la zona oriente del estado de Morelos.

RESUMEN

Para identificar niveles de factores ambientales que permiten maximizar rendimiento (número de frutos) y calidad (frutos con dos, tres y cuatro lóculos) en chile manzano, se evaluaron dos niveles de temperatura (20 y 30 °C), tres de sombra (0, 30 y 70%) y dos de humedad (70 y 80%). Los resultados indican que: a 20 °C se desarrolló 61% del total de frutos y de éstos (41%) fue de dos y (50%) de tres lóculos. Para niveles de sombra se encontró que a 30% de ella se produjo el 36% del total de frutos y de éstos 41% fue de dos lóculos y 50% de tres. En niveles de humedad del sustrato, a 80% se obtuvo un rendimiento de 53% de frutos y de ellos 37% fue de dos lóculos y 53% de tres. La mejor combinación de factores para rendimiento de frutos de dos lóculos fue de 20 °C, 30% de sombra y 70% de humedad; para frutos de tres 20 °C, 0% de sombra y 70% de humedad y para frutos de cuatro lóculos, 20 °C, 0% de sombra y 80% de humedad.

Palabras clave: *Capsicum pubescens*, temperatura, luz, humedad, lóculos.

ABSTRACT

FABIÁN ALEJANDRO JUÁREZ MARTÍNEZ

TEMPERATURE, LIGHT AND MOISTURE EFFECTS OF SUSTRATE ON YIELDING AND QUALITY OF THE MANZANO CHILLI (*Capsicum pubescens* R. y P.)

March, 1999.

(Under the direction of Mario Pérez Grajales).

To identify levels of enviromental factors which allow maximize yielding (number of fruits) and quality (fruits of two, three and fuor locules) in manzano chilli, two levels of temperature (20 and 30°C), three of shadow (0, 30 and 70%) and two of moisture (70 and 80%) were evaluated. Results show that: at 20°C, 61% of total of fruits was developed and from these (41%) was of two and (50%) was of three locules. For shadow levels, it was found that at 30% of it, it was produced the 36% of the total of fruits and from them 41% was of two locules and 50% was of three locules. On the moisture levels of the sustrate, 80% obtained yielding of 53% of fruits and from them 37% was of two locules and 53% was of three locules. The best combination of factors for the yielding of fruits of two locules was of 20°C, 30% of shadow and 70% of moisture; for fruits of three locules 20°C, 0% of shadow and 70% of moisture and for fruits of four locules, 20°C, 0% of shadow and 80% of moisture.

Key words: *Capsicum pubescens*, temperature, light, moisture, locules.

CONTENIDO

RESUMEN-----	vii
ABSTRACT-----	viii
LISTA DE CUADROS-----	xi
LISTA DE FIGURAS-----	xvii
1. INTRODUCCIÓN-----	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA -----	3
2.1. Importancia-----	3
2.2. Origen y distribución-----	4
2.3. Clasificación y descripción botánica-----	5
2.4. Proceso de trabajo de chile manzano a campo abierto-----	7
2.4.1. Preparación del terreno.-----	7
2.4.2. Selección de semilla.-----	8
2.4.3. Preparación del almácigo.-----	8
2.4.4. Transplante-----	9
2.4.5. Labores culturales.-----	10
2.4.6. Cosecha-----	11
2.5. Factores ambientales-----	11
2.5.1. Temperatura-----	11
2.5.2. Luz-----	18
2.5.3. Humedad del suelo-----	26
2.5.4. Suelo-----	32
2.6. Interacción genético - ambiental-----	33
2.7. Formas de fruto en chile -----	34
2.8. Característica de calidad en fruto de chile -----	35
3. MATERIALES Y MÉTODOS-----	40
3.1. Sitio experimental-----	40
3.2. Material genético-----	40
3.3. Diseño de tratamientos-----	41
3.4. Diseño experimental-----	42

3.5. Variables evaluadas-----	42
3.5.1. Variables para evaluar calidad de fruto-----	42
3.5.2. Variables para evaluar rendimiento-----	43
3.6. Análisis estadístico-----	43
3.7. Conducción del experimento-----	44
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	46
4.1. Calidad-----	46
4.1.1. Número de lóculos-----	47
4.1.1.1. Frutos con un lóculo -----	47
4.1.1.2. Frutos con dos lóculos-----	50
4.1.1.3. Frutos con tres lóculos-----	52
4.1.1.4. Frutos con cuatro lóculos-----	56
4.1.2. Tamaño de fruto-----	61
4.1.3. Número de semillas-----	63
4.2. Rendimiento-----	69
4.2.1. Número de frutos-----	69
4.2.2. Peso promedio de frutos-----	74
4.2.3. Rendimiento de frutos-----	77
4.3. Correlaciones entre variables.-----	80
5. CONCLUSIONES-----	85
6. LITERATURA CITADA-----	87
7. APÉNDICE-----	98

LISTA DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1 Valor nutritivo de 100 g de porción comestible de chile. (Grubben citado en IBPGR, 1983)-----	4
Cuadro 2 Efecto de la sombra en el desarrollo de yemas florales en chile <i>C annuum</i> L. (Rylski y Halevy citados por Higuera,1979).-----	16
Cuadro 3 Efecto de temperatura sobre el fruto de <i>C. annuum</i> L. bajo tres regímenes de temperatura. -----	25
Cuadro 4 Características de calidad de chile habanero (<i>C. chinense</i> L.) para el mercado de la Ciudad de México. -----	37
Cuadro 5 Peso de fruto, número de lóculos y semillas en muestras de frutos de chile manzano de cuatro regiones productoras del país. Chapingo, Méx. 1998.-----	39
Cuadro 6 Tratamientos y niveles de factores ambientales evaluados en chile manzano, bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998. -----	41
Cuadro 7 Comparación de medias de dos niveles de temperatura, tres de sombra y dos de humedad del sustrato (Tukey, $\alpha = 0.05$) para número de frutos de chile manzano con diferentes lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	48
Cuadro 8 Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) por tratamientos para número de frutos de chile manzano con diferentes lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	49

Cuadro 9	Comparación de medias de dos niveles de temperatura, tres de sombra y dos de humedad del sustrato (Tukey, $\alpha = 0.05$) para número de semillas en frutos de chile manzano de polinización natural y manual. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	64
Cuadro 10	Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) por tratamientos para número de semillas en frutos de chile manzano de polinización natural y manual. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	70
Cuadro 11	Comparación de medias de dos niveles de temperatura, tres de sombra y dos de humedad del sustrato (Tukey, $\alpha = 0.05$) para peso promedio de fruto, número de frutos y rendimiento de chile manzano. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	71
Cuadro 12	Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) por tratamientos para peso, número de frutos y rendimiento de chile manzano. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	76
Cuadro A13	Análisis de varianza ($p=0.05$) para frutos de chile manzano de un lóculo (F1L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	98
Cuadro A14	Análisis de varianza ($p=0.05$) para frutos de chile manzano con dos lóculos (F2L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	98
Cuadro A15	Análisis de varianza ($p=0.05$) para frutos de chile manzano con tres lóculos (F3L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	99
Cuadro A16	Análisis de varianza ($p=0.05$) para frutos de chile manzano con cuatro lóculos (F4L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	99

Cuadro A17	Análisis de varianza ($p=0.05$) para tamaño de fruto de chile manzano (TF). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	100
Cuadro A18	Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con un lóculo (SPN1L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	100
Cuadro A19	Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización manual en frutos de chile manzano con un lóculo (SPM1L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	101
Cuadro A20	Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con dos lóculos (SPN2L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	101
Cuadro A21	Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización manual en frutos de chile manzano con dos lóculos (SPM2L). Observados bajo condiciones de invernadero Chapingo, Méx. 1998.-----	102
Cuadro A22	Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con tres lóculos (SPN3L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	102
Cuadro A23	Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización manual en frutos de chile manzano con tres lóculos (SPM3L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	103
Cuadro A24	Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con cuatro lóculos (SPN4L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	103

Cuadro A25	Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización manual en frutos de chile manzano con cuatro lóculos (SPM4L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	104
Cuadro A26	Análisis de varianza ($p=0.05$) para peso de fruto (PF), de chile manzano. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	104
Cuadro A27	Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de frutos (NF), de chile manzano. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	105
Cuadro A28	Análisis de varianza ($p=0.05$) para rendimiento (REN), de chile manzano. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	105
Cuadro A29	Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - humedad en el sustrato, de la variable frutos de chile manzano con dos lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	106
Cuadro A30	Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - sombra, de la variable frutos de chile manzano con tres lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	106
Cuadro A31	Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - humedad en el sustrato, de la variable frutos de chile manzano con tres lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	106
Cuadro A32	Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción sombra - humedad en el sustrato, de la variable número de frutos de chile manzano con tres lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	107

Cuadro A33	Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - sombra, de la variable número de frutos de chile manzano con cuatro lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	107
Cuadro A34	Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - humedad en el sustrato, de la variable número de frutos de chile manzano con cuatros lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.----	107
Cuadro A35	Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción sombra - humedad en el sustrato, de la variable número de frutos de chile manzano con cuatro lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	108
Cuadro A36	Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción sombra - humedad en el sustrato, de la variable número de semillas de polinización manual en frutos de chile manzano con tres lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	108
Cuadro A37	Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - sombra, de la variable número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con cuatro lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	108
Cuadro A38	Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción sombra - humedad en el sustrato, de la variable número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano de cuatro lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	109
Cuadro A39	Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - sombra, de la variable número de frutos de chile manzano. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	109

Cuadro A40	Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción sombra - humedad en el sustrato, de la variable número de frutos de chile manzano. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	109
Cuadro A41	Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción sombra - humedad en el sustrato, de la variable rendimiento de fruto de chile manzano. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	110
Cuadro A42	Lecturas tomadas con fotómetro portátil en diferentes día y hora, de Intensidad de luz (footcadle) en los tratamientos de chile manzano. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	110
Cuadro A43	Correlaciones ($p=0.05$) de variables evaluadas en chile manzano. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	115

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1	Número de frutos de chile manzano con dos lóculos en interacción temperatura - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998. -----
	51
Figura 2	Número de frutos de chile manzano con tres lóculos en interacción temperatura - sombra. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----
	54
Figura 3	Número promedio de frutos de chile manzano con tres lóculos en interacción temperatura - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998. -----
	55
Figura 4	Número promedio de frutos de chile manzano con tres lóculos en interacción sombra - humedad en el sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----
	56
Figura 5	Número de frutos de chile manzano con cuatro lóculos en interacción sombra - temperatura. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998. -----
	57
Figura 6	Número de frutos de chile manzano con cuatro lóculos en interacción temperatura - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----
	58

Figura 7	Número de frutos de chile manzano con cuatro lóculos en interacción sombra - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	59
Figura 8	Número de semillas de polinización manual en frutos de chile manzano con tres lóculos en interacción sombra - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	66
Figura 9	Número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con cuatro lóculos en interacción temperatura - sombra. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	68
Figura 10	Número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con cuatro lóculos en interacción sombra - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	68
Figura 11	Número total de frutos de chile manzano en interacción temperatura - sombra. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	73
Figura 12	Número total de frutos de chile manzano en interacción sombra - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	74
Figura 13	Rendimiento (REN) promedio de frutos de chile manzano. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	79
Figura 14	Rendimiento de chile manzano en interacción sombra - humedad del sustrato. Observado bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx.,. 1998. -----	80

Figura A15	Número de frutos de chile manzano con diferente número de lóculos. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx., 1998.-----	111
Figura A16	Número de semillas de polinización natural y manual en frutos de chile manzano con uno y dos lóculos. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	112
Figura A17	Número de semillas de polinización natural y manual en frutos de chile manzano con tres y cuatro lóculos. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	113
Figura A18	Número (NF), peso (PF) y tamaño de frutos (TF), de chile manzano. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.-----	114

1. INTRODUCCIÓN

El chile, del vocablo náhuatl “chilli”, ha estado presente como alimento en la dieta del pueblo mexicano desde antes de la llegada de los europeos al nuevo continente. Restos arqueológicos encontrados en diversas cuevas del país demuestran que el chile fue incluso domesticado primero que el jitomate y el maíz (Nuez *et al.*, 1996). Por lo que América se considera centro de origen de diversas especies de chile, por la diversidad de variedades botánicas que se encuentran en estado silvestre (IBPGR, 1983), algunas de ellas con un potencial alimenticio, medicinal, etc., aún no explotado todavía.

Dentro de las especies de *Capsicum* poco explotadas se encuentra el chile manzano (*C. pubescens* R. y P.) que se cree es originario de Sudamérica (Pozo, 1983), teniendo actualmente amplia distribución desde México hasta Argentina. Esta especie a pesar de ser poco conocida tiene enorme potencial productivo, sobre todo en regiones templadas donde las demás especies de *Capsicum* no prosperan.

El chile manzano es una especie que se desarrolla satisfactoriamente a altitudes medias de 1700 a 2400 metros sobre el nivel del mar (msnm), adaptado a temperaturas relativamente bajas y bajos niveles de luminosidad. Se cultiva en huertos familiares y en escala semicomercial aprovechando el traspatio y la sombra de árboles frutales tales como: durazno, pera, manzano, etc. en regiones montañosas de nuestro país (Pérez *et al.*, 1996). El fruto es muy apreciado en el mercado por su sabor, aroma y color, siendo preferido el que tiene forma de manzana, cuadrado y grande, color naranja y sabor picoso.

A pesar de ser una especie poco investigada, en estudios recientes se ha observado e identificado caracteres de interés agronómico que están ligados directamente con la calidad del fruto, siendo uno de ellos la forma, la cual puede ser de pera si tiene uno dos lóculos y manzana si tiene tres o cuatro. También se ha observado que en una misma planta hay frutos con uno, dos, tres, cuatro o más lóculos, por lo que se cree, que al igual que en las otras especies de *Capsicum*, que el carácter forma de fruto en esta especie es de herencia cuantitativa (Deshpante, 1933; McArdle y Bouwkamp 1983, citados por Rodríguez, 1988) y de fuerte interacción génica - ambiental. Aunque todavía no se tiene determinado qué factores ni cómo actúan específicamente sobre la forma de fruto. No obstante, ésta característica es de gran relevancia en el mercado de éste tipo de chile, ya que los consumidores tienen una marcada preferencia por el tipo manzano.

La forma de fruto está relacionada directamente con la calidad, el rendimiento del chile manzano está en función del peso y número de frutos por planta por unidad de superficie y estos caracteres a la vez están en función de factores ambientales que aún no han sido claramente establecidos. Identificar algunos niveles de estos factores del medio ambiente y cómo influyen para que en la planta se expresen frutos de diferente lóculos que repercuten en la calidad y rendimiento de chile manzano, es el propósito del presente trabajo mediante el siguiente:

Objetivo. Identificar los niveles de algunos factores ambientales como temperatura, luz y humedad en el sustrato, que permiten maximizar la calidad (número de lóculos, tamaño de fruto y número de semillas) y rendimiento (número y peso de frutos) chile manzano.

Para cumplir el objetivo se parte de la siguiente:

Hipótesis. Existe un nivel específico de los factores ambientales como temperatura, luz y humedad en el sustrato, que al interaccionar influyen en la calidad y rendimiento de chile manzano.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia

El chile manzano es una especie con alto potencial productivo para muchas regiones que tienen altitudes de 1700 a 2400 msnm, principalmente en los estados de México, Michoacán, Morelos, Puebla y Veracruz entre otros, que se localizan en la parte central del país (Mosso, 1994; Pérez *et al.*, 1996). Es un cultivo de fácil manejo, tolera bajas temperaturas y sus frutos tienen amplia aceptación en el mercado, los hay de colores amarillo, rojo y anaranjado que se consumen en fresco o maduros (Laborde, 1982). El chile manzano alcanza altos precios en los meses de noviembre a febrero que son tiempos críticos de producción por ser producto de temporal (Pérez y Castro, 1998).

Al igual que los otros chiles, el manzano tiene alto valor nutritivo (Cuadro 1) y se consume de preferencia solo, en salsas, relleno o picado. Alrededor de él existe un potencial industrial para procesarlo y venderlo en forma enlatada o en polvo. También se puede extraer capsaisina y sus análogos los capsaicinoides, compuestos que le confieren el sabor picante y que tienen uso industrial y farmacéutico (Robledo, 1991).

En el Cuadro 1 se observa que los chiles picantes tienen mayor contenido nutricional que los considerados chiles dulces, son altamente energéticos y tienen altos contenidos de calcio y vitamina C principalmente. Mención aparte son los usos medicinales que le confieren.

Cuadro 1. Valor nutritivo de 100 g de porción comestible de chile. (Grubben citado en IBPGR, 1983).

Concepto	Chile picante	Chile dulce
Material de desecho %	13.0	13.0
Materia seca (g)	34.6	8.0
Energía (Kcal)	116.0	26.0
Proteína (g)	6.3	1.3
Fibra (g)	15.0	1.4
Calcio (mg)	86.0	12.0
Fierro (mg)	3.6	0.9
Caroteno (mg)	6.6	1.8
Tiamina	0.37	0.07
Rivoflavina (mg)	0.51	0.08
Niacina (mg)	2.5	0.8
Vitamina C (mg)	96.0	103.0
Promedio valor nutritivo (PVN)	27.92	6.61
PVN por 100 gr. de materia seca	80.7	82.6

2.2. Origen y distribución

Desde tiempos prehispánicos, en la dieta de los pueblos asentados en Mesoamérica ha estado presente el chile (del náhuatl chilli). Algunos rastros arqueológicos en las cuevas de Tehuacán, Puebla (fase riego 7000 a 5000 años A. C.); Ocampo, Tamaulipas (fase infiernillo 7000 - 5000 años A. C.) y Cueva de Naquitz de Oaxaca (niveles inferiores de 8700 - 6000 años A. C.) indican que su cultivo es anterior al jitomate y maíz (Nuez *et al.*, 1996).

El chile manzano, canario, cera o perón entre muchos otros nombres como se le conoce comúnmente, es originario de Sudamérica (Pozo, 1983). Es probablemente una especie originada de formas silvestres o semicultivadas de Bolivia y sur de Perú (Pickersgill citado por Mosso, 1994). Se cree que esta planta fue domesticada muchos siglos antes de la llegada de los españoles al nuevo mundo. Actualmente se distribuye ampliamente en las regiones altas de Centro y Sudamérica desde el norte de Argentina hasta el centro de México (Yaquib y Smith, 1971). En México actualmente se cultiva en las regiones de Zongolica, Veracruz; Zacapoaxtla y Atlixco en Puebla; Pinal de Amoles, Querétaro; Almoloya de Alquisiras, Coatepec de Harinas y Valle de Bravo en el Estado

de México; Pátzcuaro, Tacámbaro y Zitácuaro en Michoacán; San Cristóbal de las Casas y Motozintla en Chiapas y Tetela del Volcán en Morelos (Laborde, 1982; Rivera, 1996). No existen registros exactos de superficie y volúmenes de producción en el país, pero se calculan 51 ha en el Estado de México (SAGAR, 1996), 50 en Michoacán y 20 en la Sierra Norte de Puebla, generalmente como cultivo asociado con frutales (Juárez, 1998).

2.3. Clasificación y descripción botánica

El chile manzano pertenece a la familia de las solanáceas, al igual que otras especies de importancia económica como: papa, jitomate, berenjena, tabaco, etc. Al género *Capsicum* lo componen plantas anuales y perennes de cerca de 25 especies silvestres, pero se reconocen solo cinco domesticadas: *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. pubescens* y *C. annuum* (Smith y Heiser, 1957). Su número cromosómico es $2n = 24$ con un par de cromosomas acrocéntricos. El *Capsicum pubescens* R. y P. está genéticamente aislado de otras especies, la flor morada está aislada del taxón flor blanca (IBPGR, 1983).

La clasificación taxonómica del chile manzano, según Heiser y Pickersgill (1969) es la siguiente:

División	Angiospermae
Clase	Dicotyledonae
Subclase	Metachlamydae
Orden	Tubiflorae
Familia	Solanaceae
Género	<i>Capsicum</i>
Especie	<i>Pubescens</i> Ruiz y Pavón
Nombre común	manzano, ciruelo, perón, cera, etc.

Botánicamente el chile manzano se describe de la siguiente manera:

Raíz. El sistema radicular del chile manzano consta de una raíz principal típica o pivotante de origen seminal y numerosas raíces secundarias que se desenvuelven de

manera subterránea, pueden alcanzar hasta 1.2 m de profundidad, desarrollándose el 80 % de raíces en una capa de 30 a 40 cm del suelo (Rivera, 1996).

Tallo. Es leñoso, su hábito de crecimiento es compacto y erecto, tiene abundante pubescencia, es de color verde, presentando un color púrpura en los primeros entrenudos, su ramificación es pseudodicotómica (Pérez y Castro, 1998).

Hoja. Las hojas son de color verde oscuro, ásperas al tacto, pubescentes, grandes y con ligeras ondulaciones (Pozo, 1983).

Flor. La flor es hermafrodita, su color generalmente es violeta, encontrándose a veces flores blancas, el cáliz y corola se encuentran fusionados en su base, los estambres tienen la misma longitud. Se presentan por lo general de una a dos flores por axila cuya posición es colgante (Rivera, 1996). El gineceo está constituido por un pistilo compuesto de dos carpelos, a veces dividido por un septo falso, con dos lóculos, óvulos numerosos, placentación axilar, ovario súpero y estilo terminal (Pérez *et al.*, 1996).

Fruto. El fruto es de color verde en estado inmaduro y posteriormente toma tonalidades amarillo, anaranjado o rojo cuando alcanza su madurez; tiene placentación axilar, su longitud es de 5 cm con un diámetro de 4; su forma varía dependiendo del número de lóculos, cuando tiene uno o dos su forma es de pera y cuando tres o cuatro es de manzana o acampanada. La forma del margen del cáliz es dentado y presenta una constricción anular truncado o acorazado en unión con el pedúnculo, no presenta cuello en la base del fruto; la forma del ápice es hundido cuando tiene 3 o 4 lóculos y obtuso con uno o dos; es un fruto persistente y de alta pungencia (Pérez *et al.*, 1996).

Semilla. La semilla es de forma ovalada, de color negro con el borde ligeramente corrugado, mide alrededor de 5 mm de diámetro (Rivera, 1996).

2.4. Proceso de trabajo de chile manzano a campo abierto

Según Juárez (1998), el proceso de trabajo es el siguiente:

2.4.1. Preparación del terreno.

En estados del país donde se cultiva chile manzano, el productor sabe de la importancia de tener una buena preparación del terreno donde se establecerá de manera definitiva el cultivo. En la región de Tacámbaro, Mich., los productores prefieren los terrenos con poca o nula pendiente. Ésto les permite realizar labores de preparación relativamente adecuadas, que consisten en un barbecho profundo y una cruz con tractor, sobre todo aquellos que cultivan chile manzano en unicultivo. Aquellos que cultivan en asociación con huertas de durazno y aguacate, realizan la preparación del terreno con yunta de bestias, en ambos casos se realiza previamente un chaponeo o desvare. Se deja el terreno listo para transplantar surcando a una distancia de 180 - 190 cm. Productores de Michoacán (región de Tacámbaro y Zitácuaro) tienen la ventaja de contar con agua para riego, por lo que el surcado lo realizan considerando la utilización de riego rodado. El arreglo de los surcos es variable, si el productor utiliza riego, hacen surcos para facilitarlos, pero si el cultivo es de temporal la dirección de los surcos no tiene un patrón definido. Algunos productores del municipio de Tlatlauquitepec en la Sierra Norte de Puebla y Coatepec Harinas en el Estado de México cultivan chile manzano de temporal y no definen bien la dirección de los surcos en el cultivo.

En regiones de la Sierra Norte de Puebla, el cultivo de chile se realiza en terrenos con pendientes, éstos pueden ser de reciente incorporación a cultivos agrícolas o tener generalmente árboles frutales en producción o bien, árboles que por su edad ya no son aprovechados frutícolamente. Algunos productores incorporan terrenos al cultivo con el propósito de cultivar chile manzano, en estos casos la preparación del terreno consiste en limpiar de matorrales y hierbas para posteriormente realizar cepas (los productores lo conocen como “poceado”) de 10 a 40 cm³. Cuando la pendiente del terreno es muy pronunciada, realizan terraplenes o terrazas donde posteriormente hacen el surcado o alineación de las plantas, realizándose todo esto con pico y pala.

2.4.2. Selección de semilla.

No todos los productores realizan selección de semilla para hacer sus almácigos, algunos argumentan que escogen frutos de tres y cuatro “costillas” o “venas”; es decir, el mismo número de lóculos. Esto por lo general lo realizan quienes cultivan superficies mayores a media hectárea, los que cultivan en traspatio, no realizan ninguna selección de frutos para obtener semillas. Pequeños productores, sobre todo en la Sierra Norte de Puebla, intercambian plantas de chile manzano ya listas para el trasplante, por lo que no conocen el color ni tamaño de fruto. En Coatepec Harinas y en dos regiones del estado de Michoacán (Tacámbaro y Zitácuaro), hay personas dedicadas a la producción de planta de chile y las venden cuando éstas alcanzan un tamaño de 20 a 25 cm, listas para su transpante, por lo que el productor aquí no controla el origen de su planta de cultivo, sólo exige que sean plantas que den fruto de color amarillo.

2.4.3. Preparación del almácigo.

La preparación del terreno para almácigo de aquellos productores que siembran su propia planta, consiste en realizar una cama de 20 cm de profundidad, 100 ó 120 cm de ancho y de largo según lo necesario, poniendo tierra de monte previamente desinfectada con algún producto comercial (tecto - 60 ó furadan), algunos agregan arena y cal; ésta última para elevar el pH. La siembra consiste en poner las semillas a chorrillo o bien semilla por semilla cada 3 cm de distancia aproximadamente y a 1 cm de profundidad .

En la Sierra Norte de Puebla, productores que realizan su propio almácigo preparan la cama en el mes de noviembre bajo condiciones de invernadero, para salvarlas de las heladas. En esta región la mayoría de ellos lo hacen hasta la llegada de las primeras lluvias y no hacen formalmente un almácigo, sólo ponen a germinar semillas en macetas ya existentes en el traspatio de la casa y si éstas germinan, las trasplantan a macetas de plástico, utilizando como sustrato suelo común. En regiones de Michoacán y el Estado de México, la mayoría de los productores compran la planta lista para trasplante a personas que la producen, realizando éste cuando se presentan las primeras lluvias.

Las personas dedicadas a producir planta de chile manzano, por lo general hacen el almácigo bajo condiciones de invernadero, haciendo la siembra en charolas de poliestireno de 200 cavidades, usando como sustrato tierra de monte previamente desinfectada. A los dos meses aproximadamente, cuando las plantas alcanzan de 3 a 5 cm de altura, se realiza el transplante a bolsas de plástico de 10 x 10 cm ó de similar tamaño utilizando el mismo sustrato y aplicando una primera fertilización a base de sulfato de amonio. Algunos inician la aplicación de fertilizantes foliares y dejan de hacerlo cuando la planta alcanza una altura de 25 a 30 cm, que es cuando sale al mercado para su venta o al transplante en el terreno definitivo.

2.4.4. Transplante.

Esta actividad se realiza al presentarse las primeras lluvias de los meses de junio, haciendo previamente un cepado de 10 a 40 cm³ de profundidad en terrenos que no se prepararon con maquinaria, algunos productores no hacen cepas, sólo un hoyo de 10 cm con azadón, procurando que sólo se cubra el cepellón que traen las raíces de la planta. Los productores que cultivan chile manzano en terrenos con poca pendiente y cuentan con maquinaria, por lo general realizan el transplante en surcos de 180 a 190 cm de ancho y una distancia entre planta de 80 a 100 cm. Esta forma de cultivo se observa más en Tacámbaro Mich., sobre todo en aquellos que cultivan bajo huertos de aguacate y en unicultivo (sin sombra). En la región de Coatepec Harinas, algunos productores establecen el cultivo de chile manzano en los espacios que quedan entre las hileras de árboles de durazno. Aquí el transplante se realiza al momento de ir abriendo el surco con bestias y/o azadón, quedando finalmente las plantas a una distancia de 60 a 70 cm.

En todas las regiones la mayoría de productores de chile manzano, sobre todo aquellos que cultivan poca superficie y que tienen ésta como actividad secundaria o terciaria, establecen las plantas bajo árboles de durazno, aguacate, manzano, pera, etc., ya sea en huerta propia o rentada. Por cada árbol frutal establecen de dos a cuatro plantas dependiendo de la edad del mismo, utilizando al árbol tanto para sombreado como de tutor. El transplante se realiza de igual manera, se hace el cepado a una

distancia de 80 a 90 cm y el número de cepas dependerá del tamaño del árbol, colocando una planta por cepa.

2.4.5. Labores culturales.

Deshierbes. Esta actividad se hace constantemente y puede ser utilizando herbicidas o bien en forma manual, procurando hacerlo siempre de manera superficial para no dañar raíces. Se realiza también para aporcar al mismo tiempo.

Fertilización. Algo común en casi todas las regiones al momento del trasplante, es la aplicación de abono orgánico a base de gallinaza o estiércol seco de borrego o res, se se realiza mezclando bien el abono con el suelo obtenido de la cepa. Otros productores a la vez aplican junto con gallinaza, unos 100 g de sulfato de amonio. Las aplicaciones posteriores se realizan cada 20 ó 22 días a base de fertilizantes químicos, mezclando nitrato de amonio más 17 - 17 - 17 ó 18- 46-00 más nitrato de amonio. Cuando la planta de chile inicia la floración se aplican fertilizantes foliares y un compuesto al suelo a base de 18 - 46 - 00 más superfosfato de calcio triple (SFCT) y cloruro de potasio. Estas variantes y mezclas se observan en todas las regiones.

Tutoreo. Para tutorear las plantas existen variadas formas, hay quienes las conducen en las primeras etapas mediante pequeñas ramas que se obtienen de las podas que se hacen en las huertas. Una vez que las plantas logren trepar los tallos de los árboles, se van enredando en éstos, ésta actividad se realiza sobre todo en huertos con árboles grandes y tallos gruesos. Cuando los árboles de las huertas están en sus primeras etapas de desarrollo, el tutoreo de las plantas de chile manzano se realiza mediante estacas de madera que se colocan en forma de triángulo o cuadro alrededor del árbol, se amarran en forma transversal con alambre y se colocan pedazos de madera más delgadas haciendo una especie de cercado. De ésta forma van conduciendo las plantas en los primeros meses de desarrollo. Los productores que cultivan a campo abierto (sin sombra, sobre todo en la región de Tacámbaro, Mich.) realizan tutoreo sembrando postes de madera de 2 a 2.5 m de largo a una distancia de 5 a 6 m entre ellos en cada surco, sobre éstos colocan hilo rafia de uno y de otro lado de las plantas. En Coatepec Harinas se realizan

el tutorio sembrando sobre el surco postes de madera en forma de " V " y de igual forma utilizando hilo rafia para conducir las plantas.

2.4.6. Cosecha.

Las primeras cosechas inician en el mes de noviembre para aquellos productores que transplantaron a principios de junio, manteniendo la producción aproximadamente 2 años de manera constante, realizando un corte cada semana y cosechando por planta de 3 a 5 kg en promedio cuando la planta alcanza su máxima producción, que se da en los meses de julio o agosto del siguiente año, siempre y cuando no se presenten heladas. La cosecha se realiza de manera manual y su envasado en cajas o arpillas.

2.5. Factores ambientales

Se conoce como factores ambientales a todos aquellos que comprenden las necesidades climáticas y edafológicas que una planta demanda para poder desarrollarse favorablemente, logrando así una máxima producción. Tienen una influencia directa sobre el comportamiento de la planta por lo que deben verse de una manera integral (Márquez, 1974). La temperatura y humedad influyen sobre el crecimiento de los tejidos, transpiración y fecundación de las flores. La luminosidad tiene influencia en la fotosíntesis, en el crecimiento de los tejidos, floración y maduración de los frutos.

2.5.1. Temperatura.

Un factor ambiental determinante en el desarrollo de las plantas es la temperatura la cual influye en infinidad de procesos fisiológicos, muchos de los cuales tienen una condición ideal para llevarse a cabo; es decir, requieren un óptimo para expresar su potencial. No siempre se tiene el punto exacto, por lo que las plantas trabajan sus procesos en rangos. En sí el rango más generalizado de temperatura se encuentra entre 0° y 50 °C (Daubenmire, 1988). Existe poca actividad por debajo de 0 °C por la inmovilidad del agua y por arriba de 50 °C por la destrucción de las proteínas (Carlson, 1990).

Las bajas temperaturas tienen otros efectos, intervienen en la muerte de las plantas por las siguientes razones: a) las proteínas se precipitan directamente antes que la temperatura baje hasta el punto de congelación del agua, b) suele formarse hielo en los espacios intercelulares por la extracción de agua de la célula, esto produce deshidratación, c) formación de hielo en el interior de la célula, el cual al expandirse rápidamente rompen las paredes celulares. Todos estos sucesos afectan los procesos fisiológicos de las plantas, siendo algunos: a) la tasa de difusión es más baja por la reducción del movimiento molecular y disminución de la permeabilidad de las membranas (aumento de la viscosidad), b) insuficiencia de la energía de activación y reducción del flujo metabólico del CO_2 e inhibición del transporte de electrones, c) daño a la membrana y a la producción de enzimas. Existe una relación inversa entre la temperatura y el grado de saturación de los ácidos grasos que componen la membrana, cuando la temperatura baja la insaturación de los ácidos grasos de la membrana aumenta, aumentando su permeabilidad, permitiendo la salida de agua y material soluble fuera del espacio intercelular (Cisneros, 1988). Estos daños son mayores cuando el tejido es inmaduro porque no es capaz de formar compuestos hidrofílicos de mayor tamaño. El daño debido a la inmadurez de los tejidos puede ser severo o moderado dependiendo del grado de acumulación de carbohidratos (Edmon *et al.*, 1967). La maduración de los tejidos se caracteriza por la acumulación de sólidos, la pared celular se endurece, el almidón, azúcares y otras sustancias alimenticias se almacenan en los tallos y raíces. El agua de la célula baja y aumenta la cantidad de agua higroscópica que es la forma retenida por la célula contra la congelación. El agua que liberan las células a los espacios intercelulares para formar cristales de hielo se conoce como agua libre. Los tejidos con un alto contenido de agua libre son susceptibles a las temperaturas producidas por heladas y congelación (Denisen, 1987).

En los cultivos las bajas temperaturas, aquellas que no llegan al punto de congelación, tienen diversos efectos en los procesos fisiológicos. Las temperaturas bajas nocturnas afectan el desarrollo de las plantas, cambia el comportamiento de éstas cuando se aplican temperaturas frías por la noche (abajo de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y arriba de $8\text{ }^{\circ}\text{C}$), esto se debe a que casi

todos los procesos fisiológicos suceden por la noche. La temperatura nocturna determina la diferenciación floral, la permanencia de las plántulas a temperaturas nocturnas 6 - 12 °C durante 2 - 4 semanas favorece gran formación de flores.

En Chile pimiento las temperaturas inferiores a 15 °C retrasan o bloquean el desarrollo, cuando no son extremas y solo bajan sin llegar a 0 °C. Se han hecho investigaciones al respecto y se sabe que al aplicar bajas temperaturas (14 °C) durante el desarrollo vegetativo en plantas de jitomate se favorece al desarrollo temprano de mayor inflorescencia, disminuyendo levemente el desarrollo foliar (Calvert, 1966).

En la planta de Chile las condiciones de bajas temperaturas afectan seriamente la floración y las flores ya formadas, además incrementan los periodos de fructificación partenocárpica y frutos deformes, pericarpio defectuoso y pigmentación irregular (Rylski *et al.*, 1994). Plantas de *Capsicum frutescens* fueron expuestas por Chen *et al.* (1994) a bajas temperaturas (0 - 1°C), observándose incrementos en los periodos de respiración y producción de etileno, además de relativa conductividad de las membranas celulares y el incremento de su permeabilidad con la duración de bajas temperaturas. Estos cambios metabólicos suceden antes que en los signos visibles se observe daño aparente; sin embargo, en las plantas se operan procesos para contrarrestar estos cambios y reducir la acumulación de alcohol, acetaldehído y acetona, incrementando la actividad de las peroxidasa y catalasa inhibiendo fenilalanina amonialiasa y reduce la pérdida de electrolitos. La alternancia en tratamientos de temperatura fue efectivo en reducir el daño en las reservas de Chile dulce.

Valadez (1989) afirma que si la temperatura permanece baja de 1-3 días después de la antesis, el embrión es destruido después de la polinización, a 10 °C o menos un gran porcentaje de flores abortan. Atherton y Harris (1986) mencionan que bajas temperaturas afecta la morfología floral y el número de partes de la flor son incrementadas. En cultivares de jitomate de ovarios multiloculares producen más carpelos en condiciones frías que en condiciones de temperaturas elevadas.

Los rangos óptimos de temperatura para desarrollar los procesos fisiológicos en las plantas son variados. La temperatura óptima para el amarre de frutos de chile en periodos cortos de crecimiento (2.5 a 3.5 meses) es de 15.5 a 20.5 °C y para periodos de 5 meses es de 8.5 °C (Knavel, 1977). El color de los frutos de chile se manifiesta mejor a temperaturas de 18 - 24 °C, a 18 °C disminuye y a 13 °C no se manifiesta (Murillo, 1989). La temperatura de germinación del polen en chile es similar o ligeramente superior a la del tomate (20 - 25 °C), a temperatura ambiente de 20 - 30 °C la viabilidad del polen no va más allá de 1- 2 días dependiendo de la humedad relativa y genotipo (Nuez *et al.*, 1996). Jeong *et al.* (1995) observaron altos contenidos de capsaicina en frutos de chile desarrollados a temperaturas de 20 y 25 °C comparados con frutos que se desarrollan a temperaturas de 15 °C. Las plantas requieren de 10 semanas para llegar a su primera antesis cuando se desarrollan a 24 °C y 8 semanas cuando lo hacen a 27 °C. En los frutos de chile desarrollados a temperaturas superiores de 27 °C el color se vuelve amarillento (Murillo, 1989).

Las temperaturas nocturnas elevadas bajan considerablemente el amarre del fruto en jitomate si son superiores a 23 °C, y con tres horas diarias de exposición a temperaturas de 40 °C durante la antesis, es suficiente para no desarrollar los botones florales por aborción (Ito *et al.*, 1970). Anderlini (1989) menciona que el jitomate requiere durante su desarrollo en promedio de 23 - 24 °C de temperatura diurna y nocturna de 14 °C. A temperatura de 24 - 31 °C las plantas se desarrollan rápidamente, a 33 °C baja el ritmo de crecimiento y a 35 °C se detiene. Papadoulus y Tiessen (1983) afirma que se incrementa la producción de fruta pequeña con temperaturas nocturnas altas en jitomate.

El incremento de temperatura nocturna disminuye el tamaño de fruto, debido a las tasas respiratorias altas y a la utilización de carbohidratos que en otras condiciones se hubieran canalizado a los frutos. El incremento de las temperaturas diurnas afecta menos el cuajado de fruto comparado con las temperaturas nocturnas. Con temperaturas nocturnas altas no hay fotosíntesis y sí respiración y ésta se incrementa en relación directa con la temperatura (Aung, 1978). El aborto floral se da porque las plantas pasan

por un nivel de bajos asimilados y en condición de competencia la relación fuente - demanda (hojas - inflorescencia), se hace crítica, siendo el balance a favor de las hojas; además, en condiciones de altas temperaturas (35 ° de noche y 45 °C de día) se presentan altos niveles de ácido abscísico, provocando la caída de hojas y flores principalmente (Miranda, 1996).

Choe *et al.* (1994) realizaron un experimento en el que la planta de chile fue desarrollada en un invernadero de plástico por 60, 75, y 90 días; se aplicaron combinaciones de temperaturas nocturnas de 13 y 18 °C, temperaturas del suelo de 13, 18, 23, y 28 °C y se evaluaron el área foliar, crecimiento de planta y raíz, obteniéndose los siguientes resultados. El mejor desarrollo de raíz fue a 60 días, temperatura nocturna de 18 °C y 28 °C de temperatura en el suelo, además hubo alta diferenciación floral. La máxima producción se dio cuando se combinaron 90 días, 13 °C como temperatura del aire y 28 °C como temperatura del suelo.

Para la mayoría de las especies la temperatura óptima para la formación de granos de polen es de 14 a 17 °C en la noche y de 23 a 25 °C en el día, mayores a éstas causan malformación en los granos de polen, además la fecundación puede disminuir debido a la elongación del estilo en relación al cono anteroidal, sobre todo a temperaturas mayores de 38 a 39 °C (Iwahori, 1966).

En un experimento sobre el efecto de temperatura Aloni *et al.* (1995) menciona que plantas de chile bell cv. maor fueron desarrolladas en macetas y expuestas durante 4 días a temperaturas de día/noche de 25/18 °C (testigo), 35/25 °C y 25/35 °C y aplicado foliar de 2 mM de thiosulfato de plata (STS). Reduciendo la abscisión de yemas florales, flores y frutos de plantas estresadas por calor. El STS inhibió la abscisión de flores y brotes al bloquear la acción de etileno, pero causa deformación de frutos y ovarios al inhibir la acción de auxinas desde las yemas florales. Polowick y Sawhney (1985), aplicando temperaturas con los tratamientos: HTR (28 °C día/23 °C noche), ITR (23 °C

dia/18 °C noche) y LTR (18 °C día/ 15 °C noche), encontraron que la temperatura modifica mucho las características de los frutos sobre todo en tamaño (Cuadro 3).

Cuadro 2. Efecto de temperatura sobre el fruto de *C. annuum* L. bajo tres regímenes de temperatura.

Temperatura	No. de lóculos / flor	Longitud fruto (cm)	de Diámetro fruto (cm)	de No. de lóculos / fruto
HTR	2.84	6.72	4.09	2.96
ITR	3.00	5.92	3.73	2.84
LTR	2.86	3.04	2.73	2.84

(HTR (28°C día/23°C noche), (ITR (23°C día/18°C noche) y (LTR 18°C día/ 15°C noche).

La formación de polen es afectado por temperaturas superiores a 30 °C. La temperatura del aire 15 días antes de la apertura de la flor esta relacionado directamente con el % de polen estéril (Quagliotti, citado por Nuez *et al.*, 1996). Valadez (1989) menciona que a temperaturas de 38 °C durante 5 a 10 días antes de la antesis hay poco amarre de frutos debido a la destrucción de los granos de polen.

Las altas temperaturas, principalmente las asociadas a humedad relativa baja, conducen a la caída de flores y frutos recién cuajados (Ito *et al.*, 1970). Cuando los frutos han avanzado en su desarrollo son más insensibles a estos efectos. En pimiento la fotorrespiración que conduce a la pérdida de energía se da con temperaturas altas (35 °C). La tasa potencial de crecimiento se sitúa en 0.5 a 2.0 g de materia seca por dm² de área foliar por día. A temperaturas diurnas arriba de 30 °C el cuajado de frutos es muy escaso, aumentando éste a medida que la temperatura baja a un óptimo de 20 °C, y la causa es un exceso de transpiración o una insuficiente traslocación de azúcares (Nuez *et al.*, 1996).

La planta de chile no tolera temperaturas arriba de 35 °C porque produce frutos anormales y en pequeñas cantidades (Thompson y Kelly, citados por Higuera, 1979). Takagaki *et al.* (1993) probaron los efectos de altas temperaturas sobre desarrollo y producción de materia seca en cuatro cultivares de *C. annuum* L., obteniendo que la germinación se inhibe a 40 °C, el desarrollo y actividad fotosintética no son inhibidos a

altas temperaturas (40 °C) pero bajan considerablemente, la transpiración disminuye como una respuesta de las plantas a la altas temperaturas y la abscisión floral, como una estrategia para mantenerse viva.

Aloni *et al.* (1994) afirman que el calor causa abscisión en flores de chile y reduce la producción y esto está relacionado de manera directa con la producción de etileno. En altas temperaturas y altos niveles de luz el chile bell es menos susceptible a la abscisión de flores pero, a altas temperaturas (34 °C) y bajos niveles de luz es muy susceptible a la producción de etileno en exceso. Dae y Cambell (1981) afirman que a elevadas temperaturas se presentan altos niveles de ácido abscísico libre sobre el tejido y acelera el proceso de aborción de órganos de las plantas.

La antesis es la etapa más sensible a daños por altas temperaturas. Se ha observado que en plantas expuestas a más de 40 °C por varias horas provoca la degeneración de las tétradas, dando polen no viable y también la macroespora de la célula madre se degenera o retarda su desarrollo. Las flores de 1-3 días después de la antesis son sensibles a temperaturas de 40 °C por lo que se provoca la aborción de casi todas; no así a 5 - 8 días después de la antesis (Ito *et al.*, 1970). Raymond (1989) afirma que temperaturas arriba de 25 °C afectan directamente al crecimiento y producción de semillas a pesar de que las plantas tengan condiciones favorables. Trabajando con polen de buena calidad sobre plantas desarrolladas a temperaturas altas, han arrojado producción de semillas bastante bajas. Según Rojas (1991) el amarre de fruto se interrumpe con temperaturas superiores a 35 °C y a temperaturas mayores de 40 °C se interrumpe el cuajado y amarre de fruto y si estos se forman, son deformes y de mala calidad.

El chile manzano se adapta a lugares fríos, tolera heladas y fructifica a temperaturas de 5 - 15 °C. Su temperatura óptima es de 16.5 - 21.5 °C con un umbral mínimo de - 4.2 °C y un máximo de 38.5 °C. A temperaturas de 5 - 12 °C su germinación es lenta, dándose un desarrollo vegetativo ideal entre 20 - 25°C en el día y 16 - 18 °C de noche, deteniendo su actividad a los 4 °C (Mosso, 1994).

2.5.2. Luz.

La luz es un fenómeno físico que tiene características de partículas y de onda, representa sólo la porción de la energía radiante con longitudes visibles al ojo humano (aproximadamente 390 - 760 nanómetros). La luz es la apariencia de los objetos por medio del color que se determina por la respuesta del ojo a las longitudes de onda que llegan a dichos objetos, las cortas producen sensación violeta o azul, las largas el rojo. Los colores se deben a los pigmentos, los cuales absorben algunos o todas las longitudes de onda; de igual manera son incapaces de emitir algunas, a esto se le llama emisividad (Lira, 1994).

La irradiancia es el término radiométrico más apropiado para lo que comúnmente se conoce como intensidad luminosa y puede variar dependiendo de la latitud, altitud, nubosidad, etc. (Bohinski, 1978). Esta irradiancia o energía que emplean las plantas para sintetizar productos inorgánicos y convertirlos en alimentos proviene de la luz solar. La luz al incidir sobre las hojas y activar las funciones de los cloroplastos, desencadena una serie de reacciones de gran complejidad, en las cuales a partir del bióxido de carbono y del agua se forman azúcares (Wareing y Thompson, 1985). La irradiancia es el flujo de energía radiante recibida por unidad de superficie plana, sus unidades son Joules (J) $\text{seg}^{-1} \text{m}^{-2}$ o bien Watt (W) m^{-2} . También se puede expresar en términos de fotón que tiene como unidades moles $\text{m}^{-2} \text{seg}^{-1}$. La irradiancia lumínica se mide también como iluminación, siendo sus unidades el lux (1 lux = 0.093 pie - candela) (Salisbury, 1994).

En el límite superior de la atmósfera y a la distancia media de la tierra al sol, la irradiancia total es de $1\,360 \text{ W m}^{-2}$ (llamada constante solar) que incluye las longitudes de onda de ultravioleta a infrarrojo. Cuando esta radiación atraviesa la atmósfera hacia la superficie terrestre gran parte de la energía se pierde por absorción y dispersión causada por el vapor de agua, polvo, CO_2 , ozono, etc., por lo que solo unos 900 W m^{-2} alcanzan las plantas, dependiendo de la hora del día, época del año, elevación, altitud, condición atmosférica y otros factores. De los 900 W m^{-2} cerca de la mitad corresponde al infrarrojo, un 5 % de ultravioleta y el resto tiene longitudes de onda entre 400 - 700 nm y

es capaz de inducir fotosíntesis, esta radiación se conoce como radiación fotosintéticamente activa (RFA). Bajo un cielo despejado la RFA tiene un valor de 400 a 500 W m⁻² (Salisbury, 1994).

La fotosíntesis y otras reacciones fotoquímicas dependen no solo de la energía total sino también del número de fotones o cuantos se absorben, el número de cuantos en el intervalo de longitud de onda se le conoce como flujo fotónico fotosintético (FFF) sus unidades son moles de fotones por m² s⁻¹. Un día despejado de verano equivale de 2000 a 2300 micro moles por m² por segundo, que las plantas reciben sobre las hojas de mas arriba. En cualquier ambiente, la irradiación varía dentro de la misma cobertura vegetal, del 80 al 90% del FFF lo absorben las hojas representativas del dosel (las hojas de más arriba), ésta varía con la edad y estructura de las hojas. El resto (en su mayoría longitudes de onda verde y rojo lejano), se trasmite a las hojas inferiores y al suelo o se refleja en los alrededores. De la irradiación que se absorbe y que produce fotosíntesis, cerca del 95 % se transforma en calor; así durante la fotosíntesis se captura menos del 5 % (Salisbury, 1994).

Una hoja expuesta directamente al sol absorbe el 90%, refleja 7- 8% y transmite 2-4% de la RFA (400 - 700 nm). Cuando se acerca al infrarrojo (700 nm) la hoja absorbe 4-6%, refleja 52% y transmite 41%. Esto demuestra que las hojas más altas de las plantas están estructural y funcionalmente para absorber radiación solar, especialmente en el rango de RFA y para reflejar, transmitir potencialmente radiación altamente dañina, principalmente de la región próxima al infrarrojo (Czarnowski y Cebula, 1994). Una hoja tiene un coeficiente de absorbancia de 0.98 en la parte del infrarrojo del espectro y tiene un 0.98 de emisividad con la mayor parte de la energía radiante (Lira, 1994).

La fotosíntesis, proceso exclusivo de las plantas verdes, se da en tres fases según Lira (1994). a) Absorción de la luz y retención de la energía luminosa; b) Conversión de la energía luminosa en energía química y c) Estabilización y almacenaje de la energía química. En estas fases se dan reacciones de óxido - reducción en la que se produce

energía. El proceso global es una oxidación del agua (eliminación de electrones con liberación de O_2 como subproducto) y una reducción de CO_2 para formar compuestos orgánicos como carbohidratos principalmente almidón, que es la reserva más importante de energía, formado de glucosa durante la fotosíntesis. Durante la noche el almidón es convertido en glucosa y transportado a otros sitios de la planta para ser utilizado o bien para ser almacenado (Edmon *et al.*, 1967).

En la fotosíntesis los pigmentos de los cloroplastos tienen un papel fundamental, aquí se oxida el agua y se forman moléculas ricas en energía. Al llegar la energía luminosa a los pigmentos, una de sus funciones esenciales es impulsar a los electrones provenientes del H_2O para reducir el NADP en NADPH. La otra función es proporcionar energía para la formación de ATP a partir de ADP y Pi (Salisbury, 1994). Los pigmentos son compuestos químicos que se encuentran en los plastidios, siendo principalmente clorofilas, caroteno, xantofila y licopeno. La clorofila es un pigmento verde, el caroteno y xantofila son amarillos, el caroteno se encuentran asociados con la clorofila y se encuentra en todos los tejidos verdes y almacenado en las raíces. El licopeno es un pigmento que da color rojo al tomate, chile, sandía y el color rosado de las toronjas (Edmon *et al.*, 1967).

Según Lira (1994), la fotosíntesis es un proceso fisiológico que se encuentra rodeado de factores ambientales que la limitan, ya sea por exceso o deficiencia de éstos, siendo los principales: la calidad (longitud de onda), intensidad (brillantez) y duración de la luz (fotoperiodo). Además de concentración de CO_2 , temperatura y disponibilidad de agua.

Las plantas responden de diferente manera a la intensidad, duración y calidad de la luz, reaccionan de manera diferente a cada componente, sus necesidades son diferentes al llevar a cabo sus funciones, algunas requieren de cantidades muy altas mientras que otras requieren cantidades bajas (Krebs, 1978). Los bajos niveles de luminosidad influyen directamente sobre las plantas, sobre todo en su estructura y funcionalidad, en época de nublados las plantas de jitomate presentan bajos contenidos de azúcares, las

hojas y tallos se vuelven pálidos y quebradizos, pudiendo quedar los frutos pequeños o no cuajar (Resh, 1992).

La intensidad luminosa tiene un umbral de 3 000 lux para la inducción del desarrollo floral normal en chile, el empleo de sombra conlleva una reducción de flores, cuando se reduce 70% de la radiación incidente se tiene reducciones del 60% del número de flores (Quagliotti, citado por Nuez *et al.*, 1996). Guenkov (1983) menciona que el chile desarrollado a intensidades de 30000 luxes tiene un ciclo de 95 días y de 188 días a 12000 luxes.

Jeong *et al.* (1995) estudiaron el efecto de la intensidad luminosa con tres variantes: pleno sol, $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de sol en plantas de chile. La mayor concentración de capsaisinoides fue encontrada en frutos desarrollados a pleno sol 35 días después de la antesis; además, los azúcares totales contenidos fueron mayores (3%) para frutos desarrollados en estas mismas condiciones.

Aparte de la intensidad luminosa, la calidad de ésta también influye. Se sabe que la irradiación de luz roja influye sobre los niveles hormonales endógenos, la exposición de la planta a niveles continuos de luz roja de baja intensidad aumenta considerablemente los niveles de giberelina, citocinina, promueve la absorción de CO_2 e inhibe la producción de etileno (Wereing y Thompson, 1985). Plantas de jitomate que crecen en luz roja y azul producen mayor materia seca comparadas con las que crecen en luz verde y blanca. En fase vegetativa, la luz roja favorece la germinación y el crecimiento de las plántulas y la iniciación de los primordios florales en plantas de días largos y noches cortas, mientras que la luz ultravioleta tiene efectos opuestos (Edmon *et al.*, 1967).

La cantidad de luz recibida en un periodo de tiempo se llama fotoperiodo (tiende a cambiar con la estación del año, la altitud y la latitud), la duración de periodos de exposición a la luz tienen que ver con el día y la noche. Está definido como la respuesta de la planta a inducir floración, bajo cierto periodo de exposición que varía con la temperatura, niveles de humedad en el suelo o sustrato, estado fenológico de la planta,

etc. La iluminación diaria tiene un efecto directo sobre el desarrollo del tallo, siendo más importante la calidad de la luz y el fotoperiodo; a niveles bajos se produce una elongación de los tallos y estos crecen más delgados y débiles, además actúa directo sobre la fotosíntesis, en la producción y transporte (Nuez *et al.*, 1996).

Teran *et al.* (1994) probaron el efecto de dos fotoperiodos (14 y 16 hs) luz sobre la fotosíntesis, conductividad estomática y estructura foliar de plantas de chile cv. aviculare, obteniendo como resultados que las plantas expuestas a fotoperiodos de 14 horas se desarrollaron y florecieron temprano. Dos picos de CO₂ fueron observados en las plantas desarrolladas en ambos fotoperiodos, correspondiendo a periodos de radiación solar. Con fotoperiodo largo, se observó aumento en la capacidad fotosintética, abundante epicutícula y estomas en la parte superior de la hoja, esta característica se relaciona con la adaptación de la variedad a condiciones de un medio semiárido. En periodos luminosos de 7 horas se retrasa la maduración de frutos, el tamaño es mas pequeño y tienen menor número de semillas (Choe *et al.*, citado por Murillo, 1989).

Graham y Decoteau (1995) aplicaron luz fluorescente complementaria por una hora después del fotoperiodo de luz natural en plantas de chile, aplicando uno y dos focos. A las plantas que se les aplicó más luz fluorescente crecieron menos, tuvieron hojas más pequeñas, peso y número de frutos en la primer cosecha y al final no hubo diferencias respecto al testigo, sugiriendo que la luz complementaria no afecta la producción final de las plantas.

Rojas (1991) menciona que el chile (*Capsicum annuum* L) es insensible al fotoperiodo y muy exigente en intensidad luminosa durante su ciclo, principalmente en la floración. Cuando hay poca luz los entrenudos de los tallos se alargan demasiado y crecen débiles y quebradizos. En estas condiciones hay abscisión de flores y las que se desarrollan son muy débiles. La floración en este cultivo prospera adecuadamente en un rango de 8 - 12 horas de luz. Existiendo una alta relación entre luz recibida y fotosíntesis neta y estrecha relación entre luz y temperatura, en condiciones de baja luminosidad no hay asimilación

de materia seca porque apenas sintetiza para sobrevivir y respirar. A intensidades mayores las plantas acumulan materia seca (González, 1991).

El efecto de la luz sobre las plantas es básicamente a través de la duración de la oscuridad y la acción sobre su desarrollo es por medio de la fotosíntesis y respiración. Los periodos largos de luz favorecen la fotosíntesis y reducen el consumo de energía por la respiración nocturna, de allí que la mayor parte de la actividad fotosintética se oriente al máximo desarrollo en día largo. Por otra parte, las plantas pueden desarrollarse bajo condiciones de sombra y de sol dependiendo de su evolución, la mayoría son facultativas, adquiriendo características morfológicas o fotosintéticas que les permiten una mayor adaptación, siendo más frecuente de sol a sombra; esta adaptación consiste en disminuir sus puntos de compensación lumínica y la saturación fotosintética se alcanza a niveles bajos de irradiación. La adaptación de sombra a sol es más difícil ya que sufren el fenómeno de solarización, que no es más que una inhibición de la fotosíntesis dada por una decoloración causada por el oxígeno de los pigmentos del cloroplasto. Ciertos pigmentos carotenoides protegen a las plantas de la solarización, absorbiendo el exceso de energía luminosa que se libera en forma de calor en vez de transmitirse a las clorofilas. El sombreado es una condición que no permite la floración continua y menos permite la iniciación; sin embargo, aunque la inhibe el crecimiento de la planta continua. Las plantas pueden dividirse en tolerantes y no tolerantes a la sombra, las primeras tienen tasas fotosintéticas bajas, lo que da a la vez tasas de crecimiento bastante lentos, en cambio las no tolerantes ni siquiera se desarrollan (Salisbury, 1994).

En plantas que para producir requieren menos intensidad luminosa, el sombreado se puede aplicar de manera artificial y su efecto depende de la combinación de varios factores. Según Escalante (1980) depende de: a) grado de sombreado, refiriéndose éste al porcentaje de luz en relación a un testigo sin sombra, b) duración, se refiere al intervalo de tiempo en el cual las plantas son sometidas al sombreado y c) época de aplicación, es decir, la etapa fenológica del cultivo en que se aplica la sombra. El sombreado puede utilizarse para evitar la pérdida de color de los pigmentos de los frutos, evitar las

quemaduras por golpes de sol, los frutos de jitomate con follaje denso presentan color rojo más intenso y menos quemaduras de sol (Denisen, 1987).

En un estudio para determinar el efecto de la sombra (50%) sobre chile, se comparó con un testigo sin sombra y se obtuvo que el crecimiento de fruto fue similar en ambas condiciones después de 65 días, los frutos crecidos en sombra pesaron 15% menos que los iluminados con similar peso de semillas en ambos (Achreddy, 1982). Cuando el chile pimiento se encuentra expuesto a deficiente luminosidad presenta raquitismo, el ciclo vegetativo se alarga, se retrasa la floración y la fructificación (Huerres *et al.*, 1985).

Por otra parte, Shifriss *et al.* (1994) realizaron un trabajo de investigación en el que 77 materiales de diversa composición genética fueron sometidos a 60% de sombra 35 días siguientes al trasplante. Como resultados mencionan que muchas líneas no amarraron frutos por abscisión de flores, excepcionalmente algunas líneas y F2 de algunos materiales exhibieron resistencia a la abscisión y tuvieron producción normal bajo el sombreado. Esto sugiere que incrementando sombreado, se produce abscisión de flores y que existe una asociación entre la resistencia al sombreado y la composición genética de los materiales.

El efecto de la sombra durante la floración se da de diversa forma, según el estado de desarrollo de las yemas florales. En un trabajo realizado por Rylski y Halevy, citado por Higuera (1979), probaron el efecto de sombreado sobre varios estados de desarrollo de yemas florales de chile (*C. annuum* L.) encontrando altos porcentajes de caída de yemas florales (Cuadro 2).

Cuadro 3. Efecto de la sombra en el desarrollo de yemas florales en chile *C. annuum* L. (Rylski y Halevy citados por Higuera, 1979).

Estado de desarrollo de yemas florales (diámetro en mm).	% de flores caídas cuando no se aplica sombra.	% de flores caídas cuando se aplica 30% de sombra.
2	21	83
4	12	92
6	17	100
1-2 días antes de antesis	7	21

En relación a chile manzano se sabe que es poco exigente a la intensidad luminosa. Por ser una especie que está adaptada a bajos niveles de luminosidad alcanza sus puntos de compensación lumínica y saturación fotosintética. El sombreado en las plantas de chile manzano se aplica en todas las zonas productoras del país en diversas intensidades y en todas las etapas fenológicas de la planta. Es un cultivo que crece y se desarrolla asociado a árboles que le proporcionan sombra, pudiendo ser éstos de selvas bajas o bosque de pino - encino (Sierra Norte de Puebla). En el Estado de México y Michoacán, éste cultivo se asocia principalmente con árboles frutales (Juárez, 1998).

El chile manzano es poco exigente a la intensidad luminosa y prospera adecuadamente en los mismos rangos de duración de horas - luz que los *Capsicum annuum* L. En muchas regiones del país donde se cultiva chile manzano a escala comercial o semicomercial, se aprovecha el sombreado que dan los árboles como durazno, pera, manzano, etc. (Pérez *et al.*, 1996). En la Universidad Autónoma Chapingo se han realizado trabajos de investigación en los que para sombreado del chile se han empleado hileras de plantas de maíz alternadas con hileras de plantas de chile, sobre todo en las primeras etapas de desarrollo del picante y ha dado buenos resultados. Se ha determinado que con 30 % de sombra tiene buen crecimiento de tallos y ramificaciones; sin embargo, baja el número de flores por lo que se recomienda un sombreado de 50 a 70% (Rojas, 1997).

La presencia de un factor modifica la presencia de otro u otros que rodean la planta, la combinación e interacción de los factores ambientales, se manifiesta en las plantas de

diversas maneras: Hussey y Kinet, citados por González (1991), mencionan que a 15 °C la iniciación de nuevas hojas se incrementa a medida que aumenta la intensidad luminosa de 400 a 800 pies - bujía (aprox. 34 watts m⁻²), pero no de 800 a 1600 pies - bujía (aprox. 68 watts m⁻²). Anderlini (1989) menciona que la temperatura debe ser proporcional a la luz recibida, porque si la primera es excesiva y la segunda insuficiente hay un retraso en la fotosíntesis, señalando que la relación ideal entre luminosidad y temperatura es 5 000 lux - 18 °C; 25 000 lux - 23 °C y 50 000 lux - 29 °C. Hussey (1966) sometió plantas de jitomate a temperaturas controladas entre 10 - 30 °C y entre 400 y 800 pie - bujías de intensidad luminosa, encontrando que los máximos valores de peso seco ocurrieron a temperaturas constantes de 25 °C, pero establece que no perjudican temperaturas de 18 - 25 °C.

Las bajas temperaturas y bajos niveles de luz afectan considerablemente la producción de frutos de chile, sobre todo porque se generan manchas en la superficie del fruto y bajan los niveles de azúcares por efecto de frío (Rylski *et al.*, 1994). El tamaño y la forma del fruto son afectados por la temperatura prevaleciente en las etapas iniciales del desarrollo floral. El rendimiento de fruto se reduce en un 58% cuando la intensidad luminosa disminuye un 25% y la caída floral es más marcada después de 20 días de aplicado el sombreado (Park, 1977). Bajo condiciones de altos niveles de luminosidad las principales limitantes son temperatura y bajos niveles de CO₂ (González, 1991). Yoshioka (1986) reporta que bajas temperaturas y bajos niveles de luminosidad favorecen la traslocación de asimilados hacia la raíz. Bajo condiciones de buena humedad en el suelo, el factor que limita la producción de los cultivos es la intensidad luminosa (Wareing y Thompson, 1985).

2.5.3. Humedad del suelo.

La función de producción se basa en la teoría de que el rendimiento de los cultivos es afectado por el régimen de variación de humedad aprovechable del suelo durante su desarrollo (Palacios y Martínez, 1978). Veihmeyer y Hendrickson, citados por Palacios y Martínez (1978), mencionan que la velocidad con la que las plantas extraen agua del

suelo disminuye conforme el suelo se va secando hasta que llega un momento en que la velocidad media de extracción de las raíces es menor que la velocidad media de pérdida de agua por transpiración, lo cual produce una alteración en los procesos metabólicos.

Aguilera y Martínez (1996) mencionan que, de acuerdo al medio en que se mueve el agua, se reconocen dos tipos: flujo en medio saturado y no saturado. Un suelo no está saturado cuando el agua se mueve en películas que rodean a las partículas del suelo, este movimiento está controlado por fuerzas de tensión superficial y capilaridad y no por fuerzas de gravedad, ésta se presenta cuando el contenido de humedad es por abajo de la capacidad de campo (CC). Si el suelo está saturado, la dirección del movimiento es predominantemente hacia abajo, por el contrario si no lo está, tenderá a moverse tanto verticalmente como hacia los lados. Cuando el suelo tiene el 80 % de humedad, el agua se mueve rápidamente hacia la próxima partícula. La humedad aprovechable por las plantas, es la diferencia de contenido de humedad entre CC y punto de marchitez permanente (PMP) y se considera que a CC la humedad aprovechable es del 100% y PMP de 0%. La tensión de la humedad en el suelo que representa la fuerza por unidad de área que debe aplicarse para extraerla, por lo general se expresa en atmósferas (atm).

Existen varios métodos para medir la fuerza con que el agua es retenida por el suelo, siendo más utilizado el tensiómetro, que es un método indirecto inventado por Richards y Garnner (citados por Aguilera y Martínez, 1996) y que está compuesto por una capa de arcilla porosa conectada a un tubo del cual sale otro pequeño tubo capilar de vidrio que penetra a un recipiente de mercurio (Hg). Si se llena de agua el sistema y se tapa el extremo superior del tubo se tiene un sistema cerrado, así el agua solo puede entrar o salir del sistema a través de la capa de arcilla, la cual se coloca dentro del suelo bien compactado, entonces la humedad puede pasar fácilmente entre la capa porosa y el suelo. Si el suelo está seco extrae agua de la capa y el Hg asciende en el tubo, el cual debe ir graduado. Esto continúa hasta que el esfuerzo de succión producido por el suelo iguale a la fuerza de gravedad del mercurio, si en este punto el Hg asciende en el tubo capilar hasta 20 cm, quiere decir que la fuerza con la que el agua es retenida o extraída es

equivalente a la tensión necesaria para sostener una columna de Hg de 20 cm de alto. Se han modificado los tensiómetros, así el recipiente y el tubo capilar han sido reemplazados por un manómetro el cual mide directamente la tensión en atm, por medio de un mecanismo de engrane. El tensiómetro registra las fluctuaciones de tensión cuando está excede de 0.8 atm, en caso de que sea mayor, el aire penetra en el dispositivo de la capa porosa produciéndose incrementos de presión, lo cual hace que las mediciones pierdan precisión (Aguilera y Martínez, 1996).

Braver citado por Aguilera y Martínez (1996) define que el PMP es el contenido de humedad retenido a una tensión equivalente a la presión osmótica en las raíces de las plantas y que dicha tensión es aproximadamente a 15 atmósferas. El PMP depende del consumo de agua de la planta, profundidad de la zona radicular y la capacidad de retención del terreno. Cuando se eleva la temperatura y la velocidad de consumo de humedad, el marchitamiento se produce con tensiones más bajas y contenidos de humedad mayor. Aguilera y Martínez (1996) dicen que el PMP es el contenido de humedad del suelo, en el cual las plantas no pueden reponer el agua suficiente para recobrar su turgencia y se marchitan permanentemente. La CC es el contenido de agua de la porción húmeda del suelo, después que el exceso ha sido drenado y la velocidad del descenso disminuye en forma considerable. Estos mismos autores mencionan que se ha demostrado que la capacidad de campo es el contenido de agua en el suelo retenido a una tensión de 1/3 de atmósfera aproximadamente. Así, en un suelo saturado y un suelo seco existe variación en su contenido de humedad, que puede ser expresada por la ecuación siguiente:

$$Ps = Psh - Pss / Pss \times 100 = Pa / Pss \times 100$$

Donde:

Ps = Contenido de humedad, %

Pss = Peso de suelo seco, g

Psh = Peso de suelo húmedo, g

Pa = Peso del agua retenida, g

El agua del suelo también puede expresarse en porcentaje de volumen de agua, respecto al volumen total del suelo, del modo siguiente:

$$P_v = V_a/V_t \times 100$$

Donde:

P_v = Porcentaje en volumen.

V_a = Volumen de agua, cm^3

V_t = Volumen total, cm^3 . El volumen total del suelo incluye volumen aparente, es decir, poros.

La humedad del suelo tiene mucho que ver para que una planta exprese su potencial productivo, la respuesta de la planta es diferente a excesos y deficiencias. Las plantas de chile pimiento es exigente a la humedad del suelo debido a la morfología de su sistema radicular, un exceso de humedad retrasa la floración, reduce el contenido de sólidos solubles y si se presentan bajas temperaturas la intensidad del color del fruto disminuye (Gámez, 1989). La viabilidad, el porcentaje de germinación y el peso seco de semillas es menor cuando provienen de plantas de chile (*C. annuum* L.) que fueron sometidas a suelos inundados (Sundstron y Pezeshki, citados por Gámez, 1989).

Hedge citado por Murillo (1989) realizó un experimento en chile con porcentajes de humedad en el suelo de 40 y 60 % y encontró que a 40% de humedad aprovechable se obtienen los mejores resultados. La humedad óptima del suelo para el cultivo de chile debe ser de 70 - 80% con una humedad relativa de 60- 70% (Guenkov, 1974). Una prueba de campo fue conducida en 1992-93 (Gulati *et al.* 1995) en suelo areno - arcilloso, con chile cv. NP - 46 en el que se aplicó agua en un porcentaje de 40, 60, 80 y 100%, el rendimiento de chile fue incrementado conforme aumentó la proporción del riego. En 40% de agua aplicada no se registró producción.

Basoccu *et al.* (1993) realizaron pruebas con chile cv. Sonar para probar la influencia de la humedad del sustrato a capacidad de campo y 70% de humedad en plantas

desarrolladas en macetas. Se evaluaron parámetros morfofisiológicos de las plantas y se concluyó que bajos contenidos de humedad en el sustrato reduce considerablemente la acumulación de materia seca en los tallos, hojas, brotes y al final se afecta la producción total, además en estas condiciones se induce precocidad en la producción.

Los máximos rendimientos de fruto en chile se dan cuando en el suelo existe un 70 - 80% de su capacidad de campo y 80 - 85% de humedad aprovechable, el exceso de humedad retrasa la floración, reduce contenido de sólidos y si están presentes bajas temperaturas se reduce la intensidad del color del fruto (Guenkov, 1974). Katerji *et al.* (1993) realizaron una prueba con chile cv. corneto en el que las plantas fueron sometidas a estrés de agua durante su desarrollo vegetativo, floración, amarre y formación de fruto. Del análisis de resultados se concluyó que la falta de agua afecta directamente el tamaño, número y peso de fruto, bajándolos sensiblemente. Afectándose más la etapa de amarre de fruto. De igual manera, se ha establecido el efecto de los niveles de humedad del suelo con los porcentajes de caída de frutos: 71.2% de frutos se caen cuando el suelo tiene 10% de humedad, mientras que 55 y 57% de caída de frutos se da con 20 y 30% de humedad en el suelo, respectivamente (Park, 1977).

Giulivo *et al.* (1993) en una prueba de dos años con chile cv. yolo Wonder, encontraron que el estrés de agua redujo el número de hojas y el área foliar, modificando substancialmente la arquitectura del dosel y bajando sensiblemente la fotosíntesis. Jaafar *et al.* (1994) mencionan que la antesis fue acelerada e incrementada la aborción floral cuando las plantas de chile cv. blue star fueron expuestas a severos estrés de humedad y altos niveles de radiación. A bajos niveles de radiación hubo una completa aborción floral en antesis de las primeras flores y se asoció a baja acumulación de materia seca. La acumulación de materia seca en los órganos de la planta de chile se da por orden de prioridad en hojas, tallos, flores y frutos en bajos niveles de luminosidad. Después del estrés el orden es flores y frutos, tallos, hojas en condiciones adecuadas de humedad y alta luminosidad. La acumulación de materia seca en los tallos es mayor cuando la planta

es sometida a estrés de agua. Fueron más afectados los componentes por estrés de agua que por luminosidad.

El chile es muy susceptible a condiciones de baja humedad y alta temperatura, manifestándose una caída de flores y frutos. Los chiles picantes por lo general requieren menos humedad para expresar su producción. La humedad relativa baja (menor a 50%) puede repercutir en la retención estigmática del polen y demasiada humedad relativa (85-95) no permite la dehiscencia de las anteras, evitando la polinización aunque se haya producido previamente polen fértil (Maroto, 1989). La humedad relativa óptima va de 50 - 60%, si es alta las anteras se hinchan y el polen no puede liberarse, no cae sobre el estigma y no se forma fruto (Guenkov, 1974).

También la reducción de la absorción de agua y nutrientes limita el crecimiento de la parte aérea de la planta, la humedad relativa estimula el crecimiento de brotes y se realiza una mejor absorción de CO₂ a través de estomas que permanecen más tiempo abiertos. La humedad relativa en presencia de luz incrementa el desarrollo foliar en 55% (Adams, 1986). Por su parte Tisdale y Nelson (1982) mencionan que la absorción del agua por las raíces de la planta resulta afectada por la temperatura, aumentando con una elevación de ésta en el medio de las raíces de 0° hasta alrededor de 60 a 70 °C.

La eficiencia del uso del agua se da en el coeficiente de respiración, es la cantidad de agua usada por la planta para producir 1 kg de materia seca, este es variable y depende de condiciones ambientales, entre ellas: intensidad de la radiación solar, la temperatura, humedad relativa del aire, composición física del suelo, balance hídrico, la variedad, el estado de desarrollo de la planta, etc. En pimiento se han encontrado coeficientes variables, siendo los más frecuentes entre 270 y 384 litros de agua por kg de materia seca producida (Nuez *et al.*, 1996).

En chile manzano la intensidad de la lluvia durante la floración ocasiona la caída de la flor y mal desarrollo del fruto. Se obtienen altos rendimientos de chile con

precipitaciones de 600 a 1200 mm bien distribuidos. Largos periodos de sequía causan de igual forma caída de flor y fruto (Mosso, 1994).

2.5.4. Suelo.

El chile manzano se desarrolla favorablemente en todos los tipos de suelos, aunque por las zonas en que se cultiva, que son las montañosas del centro del país, se prefieren los de origen volcánico y pH ácido (Jiménez, 1989). Serrano (1978) afirma que el rango de pH para chile es de 5.5 a 6.5. Para el chile pimiento se prefieren terrenos profundos, ricos en materia orgánica, sueltos, bien aireados y permeables, donde no hay estancamiento del agua. El pH influye de manera importante para la disposición de nutrimentos a medida que los iones de Ca^{+2} y Na^{+} van siendo lixiviados y reemplazados por iones H^{+} , lo que hace que disminuya el pH del suelo, esto es acelerado con la aplicación de fertilizantes que contienen SO_4^{-2} . En general los efectos son indirectos, el Cu, Fe, Mn y Zn tienen menos disponibilidad en suelos salinos (Edmond *et al.*, 1967).

El comportamiento de los nutrientes es influenciado por los factores ambientales. Las bajas temperaturas del suelo afectan la absorción del agua. Si la temperatura del suelo es baja, tiene lugar una excesiva transpiración, la planta puede sufrir una deshidratación de tejidos, por la viscosidad del agua en la membrana celular, por la baja absorción de solutos y minerales y por la escasa actividad fisiológica de las raíces. Esto puede ser producto de una reducida actividad respiratoria de las raíces. A temperaturas altas la absorción de iones es reducida pero se incrementa la actividad de las nitrobacterias y otros organismos. El pH del suelo se incrementa en invierno y baja en verano y se relaciona con la actividad microbiana que libera CO_2 que se convina con agua carbónica y otros ácidos. También altas temperaturas alteran la composición del aire en el suelo debido a la actividad microbiana (Tisdale y Nelson, 1982).

Según Cornillon citado por Maroto (1989), las extracciones nutrimentales de un cultivo de pimientos bajo condiciones de invernadero, recolectado en verde para una producción de 370 kg en 1000 m², son los siguientes: 3.36 kg de N, 1.00 kg de P_2O_5 ,

6.35 kg de K_2O y 0.42 kg de MgO . Si la producción es de picante rojo, para una producción de 210 kg en 1000 m², la extracción es: 4.1 kg de N, 1.20 kg de P_2O_5 , 6.75 kg de K_2O y 0.54 kg de MgO . Tisdale y Nelson (1982) mencionan que la absorción de N en forma de amoníaco y sulfato se incrementan junto con el agua con intensidades elevadas de luz pero es afectada la absorción de Ca y Mg al igual que el O_2 .

El uso eficiente de nutrimentos por la planta de chile manzano se da cuando es aplicado al suelo una dosis de 100 - 200 - 100 en N - P - K, según observaciones realizadas en la Universidad Autónoma Chapingo (Pérez y Castro, 1998).

2.6. Interacción genético - ambiental

Los factores ambientales tienen una influencia directa sobre el comportamiento de las plantas, por ello no es raro observar que un cambio en uno o varios elementos del ambiente, producen cambios notables en las plantas. La expresión de éstas se considera que están dadas por factores genéticos y ambientales, su fisiología se puede considerar resultado de la composición de elementos externos que actúan sobre la composición genética de las plantas, esta relación de sucesos es tan estrecha que no se pueden separar una de otra (James, 1967).

La presencia del fenómeno de interacción genético - ambiental, en toda evaluación de genotipos en diferentes ambientes, debe tomarse en cuenta. La interacción genotipo ambiente no es sino el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes ambientes. En todos los ambientes dados, los genotipos irán encontrando en tiempo y espacio, una serie de condiciones ambientales a las que tienen que hacer frente para sobrevivir; aun cuando aparentemente el medio no cambiara por influencia del exterior, en sí el genotipo tiende a cambiarlo pues al crecer y desarrollarse actúa sobre aquel modificándolo; esta modificación actúa entonces sobre el genotipo y lo hace cambiar también, generándose así una interacción entre genotipo y el ambiente conocida como interacción genético - ambiental (Márquez, 1974).

La interacción genético - ambiental es la interacción entre genotipo y ambientes que hace posible la expresión de los genes. Genes sin ciertos niveles de algunos factores ambientales como nutrimentos, temperatura, etc., no tienen ningún sentido práctico. Por otra parte, cada carácter de un individuo se presenta con una intensidad que depende enteramente de la interacción entre factores genéticos y ambientales que incluye factores ambientales internos (fisiológicos, bioquímicos, etc) y externos. En términos estadísticos, la interacción genético - ambiental se interpreta como la medida en que los valores fenotípicos relativos de los genotipos cambian cuando se pasa de un ambiente a otro, casi siempre los genotipos alteran sus expresiones relativas cuando tienen este cambio. Cuando los caracteres son controlados por genes de un locus o unos pocos loci, tienen alta frecuencia de heredabilidad en pocos ambientes, pero cuando son caracteres cuantitativos de cuyo grupo es el rendimiento, es fuertemente influenciada por la interacción genotipos ambientes y en consecuencia la evaluación debe hacerse en varios ambientes (Sahagún, 1992).

2.7. Formas de fruto en Chile

Según Bravo citado por Higuera (1979), las principales características del fruto de *C. annuum* L. son: una baya indehisciente pendulosa o erecta, es extremadamente variable en tamaño, forma, color y grado de pungencia, puede ser largo, cónico o globoso, poco jugosa, inflada, oblonga, conoide o subglobosa, cuando inmaduro éste puede ser verde, amarillo, púrpura, rojo, anaranjado o café en la madurez. Puede ser fruto, curvo, subcónico y oblongocilíndrico, esferoidal, truncado, acuminado u obtuso; generalmente desde 2 hasta 30 cm de largo por 0.68 a 10 cm de ancho; superficie lisa o rugosa y generalmente de 1 a 5 lóculos.

El fruto de *C. frutescens* tiene flores solitarias, péndulos erectos, cáliz de fruto maduro sin constricción anular al juntarse con el pedúnculo a menudo torcido, vaina normalmente no prolongada, fruto fresco generalmente blando (IBPGR, 1983).

En *C. chinense* se presentan hasta seis frutos por axila, la forma varía desde oblonga hasta redonda. Por lo general son onduladas con un ensanchamiento en la parte apical y tiene de tres a cuatro lóculos. Su tamaño varía de 2 a 6 cm de largo por 2 a 4 cm de ancho. Son de color verde cuando son inmaduros y al madurar pueden ser anaranjados, amarillos, blancos o rojos. Predominando el color anaranjado que es el preferido por el consumidor (Laborde, 1982).

En *C. pubescens* el fruto es de color verde en estado inmaduro y posteriormente toma tonalidades amarillos, anaranjado o rojo cuando alcanza su madurez; su longitud es de 5 cm con un diámetro de 4; su forma varía dependiendo del número de lóculos, cuando tiene uno o dos su forma es de pera y cuando tres o cuatro es de manzana o acampanada. La forma del margen del cáliz es dentado y presenta una constricción anular truncada o acorazado en unión con el pedúnculo, no presenta cuello en la base del fruto; la forma del ápice es hundido cuando tiene 3 o 4 lóculos y obtuso con uno o dos; es un fruto persistente y de alta pungencia (Pérez *et al.*, 1996).

2.8. Características de calidad en fruto de chile

Las características de calidad en fruto de chile están dadas por la apariencia externa e interna del fruto. En el interior del fruto de *Capsicum annuum* L. se distinguen las zonas del pericarpio, mesocarpio y endocarpio que están claramente delimitadas y provistas de una membrana celulósica que sirve para dividir las. El pericarpio es liso y de consistencia seca. En el mesocarpio se distingue dos zonas parenquimatosas bien definidas, una superior colocada abajo de la epidermis provista de abundante clorofila y la otra profunda que es más gruesa y en la que están los haces vasculares. Las células que las forman son poliédricas y almacenan grandes cantidades de almidón. El endocarpio está constituido por hileras de células cúbicas vistas en sección transversal.

El color se debe a la presencia de pigmento en las células del mesocarpio, que se forma en los cromatóforos que han tenido su origen en los cloroleucitos. Durante este

proceso ocurren varios cambios morfológicos: primeramente una decoloración de la clorofila, entonces, cuando aparece el pigmento en el estroma del leucito decolorado, el cromatóforo cambia de la forma esférica a la romboidal desapareciendo a la vez los granos de almidón y el estroma. El pigmento se considera como una mezcla de xantofila, licopirsina y carotina (Bravo, citado por Higuera, 1979). El color preferidos por los consumidores es el amarillo encendido sobre los rojos (Pérez y Castro, 1998).

El sabor picante puede ser una característica de calidad dependiendo del destino final de los frutos, para consumo en fresco hay personas que lo prefieren muy picante, otros en cambio no mucho. El sabor picante se debe a una sustancia llamada capsaisina que se originan en las células subepidérmicas de la pared ovarial y es una mezcla de alelos químicos en los cuales la capsaisina es la más importante. Los alcaloides están constituidos por capsisina (7%), homocapsisina (1%), y homodihydrocapsisina (1%), existiendo otros pero en menor cantidad (Bennet y Kirby, 1968). La pungencia tiene aplicaciones medicinales. Según Suzuki e Iwai (1980) la capsaisina reduce la absorción de grasas por las células del epitelio, disminuye los niveles de colesterol en la sangre (en ratas), reduce la secreción de jugo gástrico en el tracto gastrointestinal, la cual puede causar úlceras, tiene efectos laxantes sobre el colon. Los capsaisinoides causan fuerte irritación e inflamación en la piel membrana mucosa y ojos, estimulan la respiración, la presión aórtica y el bombeo cardíaco, aumenta la presión sanguínea, disminuye la sensibilidad de la piel humana por lo que se usa para alivio de dolor muscular.

Las oleorresinas, que puede considerarse una solución de capsaisina en aceite fijo (fabricada con chiles picantes deshidratados), se usa como condimento para la preparación de chorizos, salchichas y mortadelas; se combinan con el tabaco para darle un sabor especial a los cigarros; la oleorresina de chiles poco picantes se utiliza para darle sabor agradable al ron (Long, 1986).

Se ha podido comprobar la actividad fungicida de la capsaicina contra especies como: *Zygosacharomyces* sp y *mycoplasma aglatieae* y actividad bactericida sobre *bacillus cereus* y *B. subtilis* (Long, 1986).

Cuadro 4. Características de calidad de chile habanero (*C. chinense* L.) para el mercado de la Ciudad de México.

Categoría y tamaño de fruto	Largo	Ancho	Peso
1ª grande	5.5 cm	3.5 cm	mayor de 10 g
2ª mediano	4.5 cm	3.0 cm	7.5 a 10 g
3ª chico	4.0 cm	2.0 cm	5.0 a 7.5 g
rezaga	menor a 4.0 cm	menor a 2.0 cm	menor a 5.0 g

Pozo (1983) menciona para chile jalapeño algunos estándares de calidad como las siguientes: a) tamaño, el ideal es de 6 a 8 cm de largo y en ningún caso el diámetro en la base del fruto debe ser menor a la mitad de su longitud, ni mayor que las tres cuartas partes de este; b) peso, el fruto debe tener un peso unitario mínimo de 10 g; c) forma, el fruto ideal es de forma cónica en corte longitudinal, seguidos de los largos y gruesos, por último los redondos y oblongos; d) pericarpio, se requiere frutos de pericarpio grueso de 4 a 6 mm de espesor, éste le da firmeza y resistencia al manejo; e) Pedúnculo, es necesario que el pedúnculo quede adherido al fruto, evita daños por hongos y bacterias en el almacenaje; f) color, debe ser verde intenso y brillante; g) pungencia, es variable pero se prefieren los de pungencia intermedia.

Para la descripción de las características de calidad de chile manzano no existe hasta ahora referencias escritas; sin embargo, son similares a las descritas para chile jalapeño con la variante del color, que es anaranjado y amarillo el de mayor preferencia.

La presencia de abundante semillas muchas veces no es deseable en los frutos, sin embargo, el tamaño de la semilla y el número de éstas, está relacionado con el tamaño de fruto, a mayor tamaño de semilla por lo general hay mayor tamaño de fruto (Nuez *et al.*, 1996). Existen varios factores que influyen en el control del tamaño de los frutos; como

son: la relación de hoja por fruto, la posición de la flor en la inflorescencia, la época de floración y el número de semillas (Dennis, 1986).

Respecto a la influencia del número de semillas en el tamaño de fruto se sabe que ésta es aplicable a manzana, fresa, cítricos, pera, granada y otros frutos. Se ha determinado que la influencia que ejercen las semillas se debe fundamentalmente a la producción de reguladores de crecimiento como las auxinas (Ryugo, 1988). La poca cantidad de semillas reduce fuertemente la actividad de los frutos porque existe una correlación positiva entre número de semillas y concentración de auxinas y se han identificado a las semillas como una fuente de auxinas en el fruto, las cuales tienen el efecto de aumentar el tamaño de éste (varios autores citados por Contreras, 1992).

Rodríguez (1988) citando a varios autores, menciona que existe bastante controversia en cuanto a la herencia de los caracteres que determinan el tamaño del fruto, como son: largo, ancho e índice de tamaño (largo/ancho). La herencia cuantitativa o poligénica es la más probable, se observa mayor proporción de los efectos aditivos que de dominancia. Otros mencionan la participación de pocos genes en la herencia de este carácter y unos más mencionan la presencia de epistasis.

En relación al número de lóculos hay pocos estudios realizados para esta característica de fruto, se menciona que los lóculos son variables en la misma planta y utilizando el promedio del número de lóculos por fruto se sugiere que es de herencia cuantitativa (Deshpande, 1933; McArdle y Bouwkamp, citados por Rodríguez, 1988).

En muestras tomadas en algunas regiones productoras de chile manzano a campo abierto (Juárez, 1998), se observó que casi no existe la presencia de frutos con un lóculo, siendo mayor la presencia de frutos con dos y tres. Sólo en el Estado de México se detectó en las muestras la presencia de frutos con cuatro lóculos. En las muestras de las regiones del estado de Michoacán se detectó mayor presencia de frutos con dos lóculos

respecto a tres, lo que confirma la variabilidad de frutos que la planta produce al ser influenciada por el medio ambiente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Peso de fruto, número de lóculos y semillas en muestras de frutos de chile manzano de cuatro regiones productoras del país. Chapingo, Méx. 1998.

Lugar	Peso medio de fruto	Número de lóculos	% de lóculos	Promedio de semillas por fruto
Tlatlauquitepec, Pue.	38.4 g	1	0	0
		2	34.6	38
		3	65.4	45
		4	0	0
San Felipe, Mpio. Zitácuaro, Mich.	19.5 g	1	0	0
		2	70	55
		3	30	59
		4	0	0
3ª Sección Col. San Felipe, Mpio. Zitácuaro, Mich.	53.0 g	1	2	53
		2	47	58
		3	47	77
		4	3.5	78
Ejido Sn. Juan, Mpio. Zitácuaro, Mich.	17.7 g	1	0	0
		2	55.4	40
		3	44.4	40
		4	0	0
Ixtlahuaca, Mpio. Coatepec Harinas, Edo. de Méx.	21.2 g	1	0	0
		2	57.4	51
		3	38.2	52
		4	4.3	46
Cochisquila, Mpio. Coatepec Harinas, Edo. de Méx.	42.8 g	1	3.5	63
		2	32.1	62
		3	57.1	71
		4	7.1	61
Sn. Miguel, Mpio. Coatepec Harinas, Edo. de Méx.	31.2 g	1	0	0
		2	31.2	58
		3	50	46
		4	12.5	39
Chiltepec, Mpio. Coatepec Harinas, Edo. de Méx.	27.7 g	1	0	0
		2	27.7	53
		3	55.5	76
		4	11.1	78

Tomado de Juárez, 1998.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio experimental

El experimento se realizó en los invernaderos del programa de Maestría en Ciencias en Horticultura del Departamento de Fitotecnia, que se encuentran en la Universidad Autónoma Chapingo, localizándose ésta a los 19° 53' latitud norte y a 98° 53' longitud oeste y a una altitud de 2240 msnm.

De acuerdo al sistema de clasificación climática de Coppen modificado por Enriqueta García en 1973, el clima corresponde al subtipo C (W) (W) b (i) g, lo cual significa templado subhúmedo con verano fresco, precipitación media anual de 644.8 mm, lluvias en verano y con porcentaje de lluvias invernales de 5% del total anual. La temperatura media anual es de 15° C con presencia de heladas tempranas en septiembre y tardías en abril.

3.2. Material genético

El material vegetal utilizado para el experimento del presente trabajo se obtuvo del Banco de Germoplasma de especies nativas “ Ph. D. Salvador Miranda Colín” de la Universidad Autónoma Chapingo, mismo que forma parte de una colecta realizada a nivel nacional dentro del proyecto denominado “Programa de producción y mejoramiento genético de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.), desarrollado por investigadores del Programa Nacional de Investigación en Olericultura del Departamento de Fitotecnia de la UACH.

3.3. Diseño de tratamientos

Se evaluó el efecto de tres factores ambientales: temperatura, sombra y humedad del sustrato, con diferentes niveles sobre el rendimiento (número y peso de frutos) y calidad (número de lóculos, tamaño de fruto y número de semillas) en chile manzano. Los niveles de cada factor fueron los siguientes:

- a) Temperatura: T1 = 20 °C y T2 = 30 °C.
- b) Sombra: S1 = 0%, S2 = 30% y S3 = 70%.
- c) Humedad del sustrato: H1 = 70% y H2 = 80%.

De la combinación de los dos niveles de temperatura, tres niveles de sombra y dos de humedad del sustrato se obtiene 12 tratamientos que se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Tratamientos y niveles de factores ambientales evaluados en chile manzano, bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

Tratamientos	Niveles de factores		
	Temperatura	Sombra (%)	Humedad en el sustrato (%)
T1S3H2	20°C	70	80
T1S3H1	20°C	70	70
T1S1H2	20°C	0	80
T1S1H1	20°C	0	70
T1S2H2	20°C	30	80
T1S2H1	20°C	30	70
T2S3H2	30°C	70	80
T2S3H1	30°C	70	70
T2S1H2	30°C	0	80
T2S1H1	30°C	0	70
T2S2H2	30°C	30	80
T2S2H1	30°C	30	70

T1 = Temperatura 20 °C

T2 = Temperatura 30°C

S1 = Sombra 0%

S2 = Sombra 30%

S3 = Sombra 70%

H1 = Humedad del sustrato 70%

H2 = Humedad del sustrato 80%

3.4. Diseño experimental

El experimento se condujo bajo un diseño experimental de bloques al azar generalizado, en dos sitios experimentales con tres bloques cada uno. En los bloques uno y dos cada tratamiento se repitió tres veces y en el bloque tres cada tratamiento apareció cuatro. La unidad experimental consistió de una planta.

3.5. Variables evaluadas

3.5.1. Variables para evaluar calidad de fruto.

Número de lóculos (NL). Para evaluar el número de lóculos, se cortó por la mitad cada uno de los frutos. Se contó por planta y por tratamiento los frutos con uno, dos, tres, cuatro, cinco o más lóculos.

Tamaño de fruto (TF). Mediante inmersión en agua en una probeta graduada, se evaluó en ml la cantidad de agua desplazada por los frutos. Antes de realizar la inmersión se hicieron pequeños bultos con malla sombra muy delgada en los cuales estaban contenidos los frutos. Después se dividió la cantidad de agua desplazada entre el número de éstos, obteniendo de esta manera el volumen de cada uno.

Número de semillas. En las plantas se realizaron polinizaciones manuales y en éstas mismas, se dejó que el resto de flores se polinizaran de manera natural. En la cosecha se tomaron al azar 20% de frutos tanto de polinización manual como natural y se contaron las semillas presentes en éstos.

3.5.2. Variables para evaluar rendimiento.

Peso de frutos (PF). Se pesaron los frutos de cada corte en una balanza granataria y se registró los pesos. La suma total de pesos de frutos por planta se dividió entre el número de frutos para obtener el peso promedio por fruto.

Número de frutos (NF). Se contó los frutos por planta en cada uno de los seis cortes y al final se calculó el total de ellos.

3.6. Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza y pruebas de media por método de Tukey ($\alpha= 0.05$) para cada variable respuesta y sus interacciones, además de correlaciones entre ellas.

El modelo para el análisis estadístico fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_l + T_i + S_j + H_k + T*S_{ij} + T*H_{ik} + S*H_{jk} + T*S*H_{ijk} + E_{ijkl}$$

Donde:

μ = media general para todos los tratamientos.

B_l = efecto que produce el l-ésimo nivel del bloque.

T_i =Efecto que produce el i-ésimo nivel del factor temperatura.

S_j = Efecto que produce el j-ésimo nivel del factor sombra.

H_k = Efecto que produce el k-ésimo nivel del factor humedad del sustrato.

TS_{ij} = Efecto de interacción T_i y S_j .

TH_{ik} = Efecto de interacción T_i y H_k .

SH_{jk} = Efecto de interacción S_j y H_k .

TSH_{ijk} = Efecto de interacción T_i , S_j y H_k .

E_{ijkl} = Error experimental.

3.7. Conducción del experimento

La siembra se realizó el día 10 de febrero de 1997, en charolas de poliestireno se depositaron dos semillas por cavidad, utilizando como sustrato una mezcla de peat moss y agrolita previamente desinfectada con 0.5 g de captán por litro de agua aplicado. Posteriormente se cubrió con un plástico bicapa (negro y blanco) para aumentar temperatura, colocando las charolas en el interior del invernadero. Una vez germinadas las semillas se extendieron las charolas, se sombrearon con una malla de 50% y se aplicó riego cada tercer día. A los 15 días de germinadas las semillas, se aplicó 0.5 g de captán por litro de agua como fungicida preventivo de enfermedades.

El 18 de marzo se realizó el transplante de charolas a vasos de poliestireno de 250 ml, utilizando como sustrato una mezcla de peat moss y agrolita en las mismas proporciones que en la siembra. Se aplicó un ml de tamarón por litro de agua cada ocho días contra plagas de grillos, mosca blanca y araña roja principalmente, aplicando al mismo tiempo un ml del producto comercial peeter como fertilizante foliar. El día primero de abril se amplió el espacio entre plantas con el fin de evitar competencia. Después de esta fecha se aumentó a 2 ml por litro de fertilizante foliar.

El día 20 de mayo se iniciaron los tratamientos, las plantas tenían en promedio de ocho a diez hojas (20 - 25 cm). Se realizó el transplante definitivo en bolsas de polietileno negro de tamaño 40 por 40, utilizando como sustrato una mezcla de suelo común, agrolita y peat moss en una proporción de un tercio de cada uno. La mezcla del sustrato ocupó $\frac{3}{4}$ partes de la bolsa y en el fondo de la misma se colocó tezontle rojo para tener buen drenaje, todo esto previamente desinfectado con bromuro de metilo. A partir de esta fecha se aplicó cinco ml de fertilizante foliar (bayfolan o peeter), cada 15 días. De igual forma se inició la aplicación de fertilizante granulado y líquido al sustrato cada 15 días, aplicando una mezcla disuelta en 20 litros de agua de: 200 g de nitrato de calcio, 100 g de nitrato de potasio, 10 ml de ácido fosfórico y 50 g de sulfato de

magnesio. En un inicio el fertilizante se aplicó bolsa por bolsa y una vez que se instaló el riego por goteo (15 de junio), los fertilizantes se disolvieron previamente y se diluyeron en 200 litros de agua. La instalación del riego por goteo se hizo con la finalidad de uniformizar las cantidades de agua aplicadas en cada tratamiento. Para esto se instalaron válvulas de paso que permitieron ir agregando agua cada vez que el sustrato bajaba del nivel establecido en los tratamientos. Para determinar cuando regar, se instalaron dos tensiómetros de bulbo en cada ambiente de temperatura y se evaluó cada cuanto tiempo el sustrato llegaba al nivel de 70 u 80 % de humedad, dependiendo del tratamiento. Para los dos niveles de temperatura se utilizaron dos cubículos de invernadero, instalando en uno de ellos (temperatura de 20 °C en promedio) tres inyectores de aire. En otro cubículo se instalaron dos para mantener la temperatura a 30 °C en promedio. Se instalaron termostatos automáticos con sensores de temperatura que encendían o apagaban los motores. Para prevenir el efecto de heladas por bajas temperaturas, se instalaron calentadores de gas butano, también provistos de sensores automáticos de temperatura. Para los niveles de sombra, se instalaron en cada cubículo, mallas sombra de 30 y 70% de medidas de 8 m largo por 2.5 m de ancho, mismas que fueron elevándose conforme fue creciendo el cultivo. Las macetas se colocaron a una separación de 0.50 m y de 1.0 m entre hileras. Adicionalmente se tomó datos de niveles de irradiación en cada tratamiento de sombra y en la parte exterior del invernadero, auxiliados de un fotómetro portátil (Cuadro A42). De esta manera se condujo el experimento hasta la cosecha que se inició el 27 de septiembre del mismo año, misma que se realizó cada 15 días.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Calidad

Hasta ahora no existen referencias escritas donde se puedan consultar los estándares de calidad para fruto de chile manzano. Mientras tanto, se deben de considerar frutos de calidad, aquellos que han desarrollado tres o cuatro lóculos, que tengan la forma de manzana y además de que estén sanos. Se ha observado que el público prefiere frutos con éstas y otras características como las siguientes:

Pericarpio. El grosor del pericarpio es una característica del fruto que le permite resistir el transporte y manejo durante el mercadeo. Los frutos de chile manzano tienen la característica de poseer gran cantidad de agua, por lo que su manejo debe ser cuidadoso para evitar rupturas y daños. Se prefieren frutos con pericarpio grueso de 4 a 6 mm de espesor, ésto le da firmeza y resistencia. Son preferentes frutos sin corchosidad en el pericarpio.

Pedúnculo. Es necesario que el pedúnculo quede adherido al fruto para evitar daños causados por hongos y bacterias durante el almacenaje y mercadeo.

Color. Se prefiere los frutos de color amarillo intenso y muy brillante, aunque los de color rojo también tienen buena aceptación.

Pungencia. Esta característica es difícil de cuantificar, los chiles manzanos se caracterizan por ser muy picosos, pero en el mercado se prefiere los de pungencia intermedia.

Tamaño. Este es importante en chile manzano, el público prefiere frutos de aproximadamente 20 a 30 g de peso, frutos muy grandes tienen menor demanda. Generalmente el tamaño lo define el número de lóculos presentes en los frutos, los de tres y cuatro tienen la forma de manzana o cuadrado, siendo éstos los preferidos por los consumidores. El mercado demanda además frutos grandes que dan una apariencia jugosa. Por lo que el número de lóculos en los frutos es importante, porque definen su tamaño. En seguida se exponen los resultados del presente trabajo en relación a esta importante característica de calidad en el fruto.

4.1.1. Número de lóculos.

Como se mencionó líneas atrás, el número de lóculos expresa calidad en los frutos, ya que se relaciona directamente con la forma que tienen al final de su desarrollo. Los frutos que poseen tres o cuatro lóculos, son preferidos en el mercado tanto nacional como de exportación. Sin embargo, la producción de esta forma de chile es difícil, debido a que en una misma planta se producen frutos con uno, dos, tres, cuatro o más lóculos. Esto se cree que está relacionado directamente con la influencia del medio ambiente sobre la planta, es decir, que existe una interacción planta - medio ambiente que hace que se presenten frutos con estas características. La variabilidad del número de lóculos en frutos de chile manzano, tiene el mismo comportamiento que en *C. annuum* L., en éste último se considera que es un carácter de herencia cuantitativa y fuertemente influenciado por el medio ambiente (Deshpande, 1933; McArdle y Bouwkamp citados por Rodríguez, 1988). En el presente trabajo se observó la presencia de frutos desde uno hasta ocho lóculos, siendo mayor la frecuencia de uno a cuatro. A éstos se hará referencia a continuación:

4.1.1.1. Frutos con un lóculo (F1L).

En los resultados obtenidos se observó menos del 1% del total de los frutos producidos por planta con la característica de poseer sólo un lóculo. Para ésta variable, no se observaron diferencias significativas entre los promedios de frutos expresados en los dos niveles de temperatura y los tres niveles de sombra, sólo observando mayor

presencia de estos frutos a 20 °C (0.52) y 30% de sombra (0.45) respectivamente. Según el cuadro de análisis de varianza (Cuadro A13), para los niveles de humedad del sustrato sí existió significancia, pero ésta no es detectada al realizar la comparación de medias por prueba de Tukey (Cuadro 7), presentándose mayor cantidad de frutos con esta característica a 80% de humedad en el sustrato (0.55). De igual manera, se observó que no existió significancia en las interacciones de los tres factores evaluados (Cuadro A13) y de acuerdo a los resultados obtenidos por tratamientos tampoco lo hubo para número de frutos con un lóculo (Cuadro 8).

Cuadro 7. Comparación de medias de dos niveles de temperatura, tres de sombra y dos de humedad del sustrato (Tukey, $\alpha = 0.05$), para número de frutos de chile manzano con diferentes de lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

Factor	Nivel	F1L	F2L	F3L	F4L	TF
T	20°C	0.52 a	29.65 a	36.23 a	5.83 a	31.13 a
	30°C	0.22 a	15.45 b	26.51 b	4.03 b	25.50 b
S	0%	0.37 a	21.25 b	34.10 a	6.75 a	26.71 b
	30%	0.45 a	26.77 a	32.70 b	5.47 a	27.78 ab
	70%	0.27 a	19.72 b	27.32 b	2.57 b	30.46 a
Dms		0.50	5.42	5.80	2.57	3.56
H	70%	0.18 a	21.60 a	29.33 b	4.61 a	28.90 a
	80%	0.55 a	23.50 a	33.41 a	5.25 a	27.73 a

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas

T = Temperatura

F2L = Frutos de dos lóculo

S = Sombra

F3L= Frutos de tres lóculos

H = Humedad del sustrato

F4L = Frutos de cuatro lóculos

F1L = Frutos de un lóculo

TF = Tamaño de fruto

Dms = Diferencia mínima significativas

La escasa presencia de frutos con un sólo lóculo se debe posiblemente a una reacción natural de la planta a desarrollar frutos con mayor número y que contengan mayor cantidad de semillas, de acuerdo al trabajo de Juárez (1998) el cual tomó diversas muestras de frutos en varias regiones del país, reportó escasa o nula presencia de éste

tipo de frutos (Cuadro 5). De igual manera en el presente trabajo, al parecer la temperatura, luz y humedad del sustrato en los diversos niveles aplicados no influyeron para la aparición de frutos con un lóculo en las plantas (Cuadro 7). De hecho frutos con ésta característica no son deseables porque desarrollan una forma alargada o de pera y el consumidor poco los demanda.

Cuadro 8. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) por tratamientos para número de frutos de chile manzano con diferentes lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

TRATAMIENTO	F1L	F2L	F3L	F4L	TF
T2S3H2	0.1 a	9.5 e	17.9 d	2.0 bc	29.44 abc
T2S3H1	0.2 a	17.0 cde	30.3 bcd	2.9 bc	26.22 abc
T2S1H2	0.1 a	11.3 e	31.5 abcd	5.5 abc	22.79 bc
T2S1H1	0.0 a	15.6 de	15.3 d	1.5 c	26.34 abc
T2S2H2	0.8 a	20.8 bcde	43.5 ab	9.1 ab	19.92 c
T2S2H1	0.1 a	18.5 cde	20.6 cd	3.2 bc	28.32 abc
T1S3H2	0.5 a	29.1 abcd	25.1 cd	1.4 c	33.58 a
T1S3H1	0.3 a	23.3 abcde	36.0 abc	4.0 bc	32.58 ab
T1S1H2	0.9 a	33.9 ab	47.2 a	8.0 abc	27.95 abc
T1S1H1	0.5 a	23.8 abcde	42.4 ab	12.0 a	29.75 abc
T1S2H2	0.9 a	36.4 a	35.3 abc	5.5 abc	32.72 ab
T1S2H1	0.0 a	31.4 abc	31.4 abcd	4.1 bc	30.17 ab
Dms	1.42	15.26	16.31	7.23	10.08

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

T1 = Temperatura 20°C

T2 = Temperatura 30°C

S1 = Sombra 0%

Dms = Diferencia mínima significativa

S2 = Sombra 30%

S3 = Sombra 70%

H1 = Humedad del sustrato 70%

H2 = Humedad del sustrato 80%

F1L = Frutos de un lóculo

F2L = Frutos de dos lóculos

F3L = Frutos de tres lóculos

F4L = Frutos de cuatro lóculos

TF = Tamaño de fruto.

4.1.1.2. Frutos con dos lóculos (F2L).

Algunos frutos con dos lóculos (aproximadamente un 10%) llegan a tener la apariencia de contar con tres o más porque desarrollan forma cuadrada o redonda. Según el análisis de varianza de los resultados (Cuadro A14), en el presente trabajo existieron diferencias altamente significativas en temperatura, sombra y en la interacción temperatura - humedad del sustrato para ésta variable.

De acuerdo a los resultados obtenidos se observó mayor cantidad de frutos con dos lóculos en plantas desarrolladas a 20 °C (29.65) comparados con aquellas crecidas a 30 °C (15.45) en más de 50% (Cuadro 7). Al analizar los tres niveles de sombreado (Cuadro 7) por prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), se observó que a 30% de sombra se presentó significativamente mayor cantidad de frutos con dos lóculos (26.77), no observándose diferencias estadísticas significativas entre los niveles de 0 (21.25) y 70% (19.72). En los niveles de humedad del sustrato se observó mayor presencia de frutos con dos lóculos a 80% (23.50) y menor número de ellos a 70% de humedad (21.69) no existiendo diferencias significativas entre ambos niveles de humedad del sustrato.

La interacción temperatura - humedad del sustrato resultó significativa, se observó que al aplicar 70% de humedad, la mayor producción de frutos con dos lóculos se dio a 20 °C (26.16) comparada con la obtenida a 30 °C (17.03). Al aplicar 80% de humedad en el sustrato, a 20 °C se obtuvo mayor presencia de frutos con dos lóculos (33.13) respecto a 30 °C (13.86) (Cuadro A29). Al comparar entre sí los resultados se observó que a mayor temperatura (30 °C) y menor humedad del sustrato (70%), se obtuvo mayor cantidad de frutos con esta característica que cuando se dispuso de mayor (80%) humedad a la misma temperatura, es decir, la planta eficientizó mucho más su aparato fotosintético para producir mayor cantidad de frutos a pesar de la temperatura elevada y menor nivel de humedad. En la Figura 1 se observa que a 20 °C baja el número de frutos de dos lóculos cuando la humedad del sustrato se reduce de 80 a 70%, siendo la cantidad de agua disponible fuerte limitante para que la planta exprese mayor número de frutos. Cuando la temperatura del ambiente se eleva de 20 a 30 °C, se observó fuerte reducción

de la cantidad de frutos, siendo una posible explicación que, al haber en el ambiente mayor nivel de temperatura, el agua disponible es utilizada por la planta para contrarestar altos niveles de transpiración, ésto hace que no se acumule mayor reserva de fotoasimilados que la planta destinaría para la producción de frutos. Cuando se dispone de 70% de humedad del sustrato en ambas temperaturas, es diferente el comportamiento, debiéndose posiblemente a un proceso de adaptación que desarrolla la planta al ser sometida a estres de humedad de manera permanente, lo cual hace que se eficiente el uso del agua para producir mayor número de frutos con menor cantidad de agua disponible.

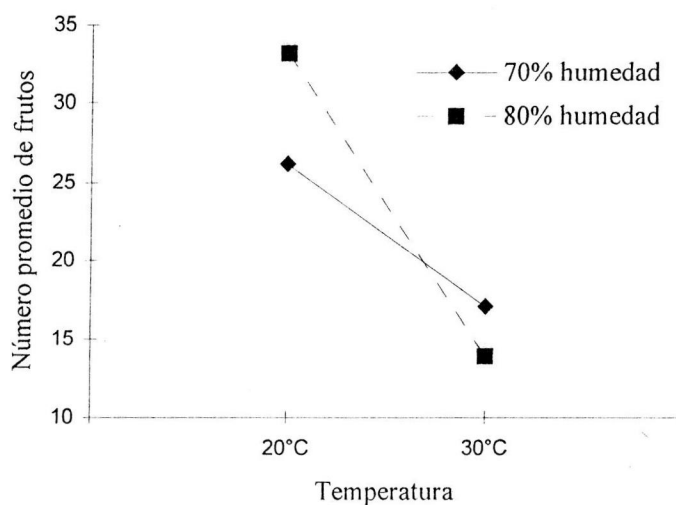


Figura 1. Número de frutos de chile manzano con dos lóculos en interacción temperatura - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

En las combinaciones de niveles de los tres factores evaluados que se dan en los tratamientos, se observó que para la expresión de frutos con dos lóculos, la mejor combinación fue con 20 °C , 30% de sombra y 80% de humedad del sustrato (36.4 frutos por planta), seguida de 20 °C, 0% de sombra y 80% de humedad (33.9 frutos). Las combinaciones menos favorecidas para la expresión de este tipo de fruto fueron: 30 °C, 70% de sombra y 80% de humedad del sustrato (9.5 frutos por planta), además de 30 °C, 0% de sombra y 80% de humedad en el sustrato (11.30 frutos) (Cuadro 8). Según los resultados expuestos, estadísticamente son iguales todos los promedios de frutos producidos a temperatura de 20 °C. Esto puede tener aplicación práctica en la

producción de chile manzano de dos lóculos a campo abierto, sobre todo en aquellos sitios que tengan climas templados, temperaturas de 20 °C en promedio y disponibilidad mínima de agua, sólo se necesitaría colocar mallas sombras de baja intensidad. En contraste, en presencia de altas temperaturas es necesario colocar mallas más densas, aumentando considerablemente el costo de producción, además de utilizar mayor cantidad de agua.

4.1.1.3. Frutos con tres lóculos (F3L).

Según el análisis de varianza (Cuadro A15), existió significancia estadística en los efectos de los tres factores ambientales y sus interacciones, excepto la interacción triple. Al realizar la comparación de medias (Cuadro 7) se encontró que a temperatura de 20 °C se expresa significativamente mayor cantidad de frutos con tres lóculos (36.23 por planta) comparados con los obtenidos a 30 °C (26.51 frutos). Cuando no se aplicó sombra (0%), se obtuvo significativamente mayor cantidad de frutos con estas características (34.10), no existiendo diferencias estadísticas al aplicar 30 (32.70) y 70% (27.32) de sombra. En niveles de humedad del sustrato existieron diferencias significativas, habiendo mayor producción de frutos con tres lóculos a 80% de humedad (33.41) comparados con 29.60 de ellos que se obtuvieron a 70%.

La interacción temperatura - sombra para esta variable fue altamente significativa. Al hacer la prueba de medias (Cuadro A30) se observó que hay diferencias significativas a 0% de sombra y ambas temperaturas. A 20 °C se observó 44.80 frutos por planta mientras que a 30 °C sólo 23.40 frutos. Cuando se aplicó 30% de sombreado en ambas temperaturas no se observaron diferencias significativas, a 20 °C se obtuvo (33.35 frutos) y a 30 °C 32.05 frutos por planta. Cuando se compararon ambas temperatura a 70% de sombra se observaron diferencias significativas, a 20 °C se presentó mayor cantidad de frutos (30.55) mientras que a 30 °C menor cantidad de ellos (24.10). En los resultados se observó que existe una relación inversamente proporcional en esta interacción, según Anderlini (1989), la temperatura debe ser proporcional a la cantidad

de luz recibida, porque si la primera es excesiva y la segunda insuficiente hay un retraso en la fotosíntesis y por lo tanto una reducción en la producción.

En la Figura 2 se observa que cuando el sombreado es de 0% y la temperatura de 20 °C, se obtiene un 52.2% más de frutos, comparados con aquellos producidos a 30 °C. Esto puede deberse a que la planta de chile manzano desarrolla mejor su potencial productivo a 20 °C dada su adaptación a lugares con menor temperatura (Mosso, 1994) y al tener niveles de mayor luminosidad acumula más fotoasimilados que se expresan en mayor producción, por lo que, el sombreado no beneficia a la planta para expresar más frutos. En cambio a 30 °C se tienen menos frutos en promedio por planta (23.40), debido posiblemente a un desgaste energético que la planta tiene que hacer por tener altos niveles de transpiración y fotorespiración, ocasionando ésto, que no acumule mayores reservas para el amarre de frutos, teniendo en consecuencia abortos florales (Ito *et al.*, 1970; Rojas, 1991; Nuez *et al.*, 1996). Cuando se aplicó 30% de sombra, la producción de frutos de tres lóculos estadísticamente fue igual en 20 y 30 °C, observándose que el simple hecho de aplicar 30% de sombra a 20 °C se reduce fuertemente la producción de frutos de tres lóculos, debido básicamente a que la planta recibe menos cantidad de luz. A 70% de sombra, la planta de chile no expresa diferencia significativa en la producción de frutos con tres lóculos en ambas temperaturas; sin embargo, un sombreado del 70% disminuye la cantidad de frutos producidos respecto a 30% y cuando no se aplica éste (0%). Estos resultados no coinciden con aquellos encontrados por Rojas (1997), quien determinó que a 30% de sombra el chile manzano tiene buen crecimiento de tallos y ramificaciones; sin embargo, baja el número de flores por lo que recomienda una sombra de 50 a 70%. Por lo tanto es necesario realizar más trabajos en este aspecto.

En una explotación comercial de chile manzano, la adquisición de mallas sombra eleva los costos de producción y según los resultados expuestos para frutos de tres lóculos, no se observó ventajas cuando se aplicó sombra respecto a los demás tratamientos sin ella.

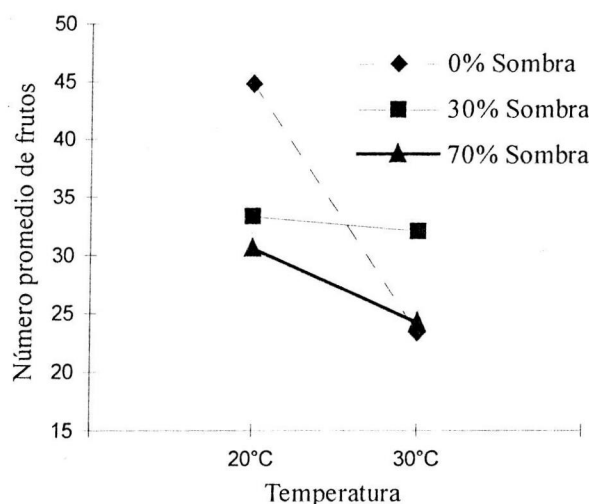


Figura 2. Número de frutos de chile manzano con tres lóculos en interacción temperatura - sombra. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

En la interacción temperatura - humedad del sustrato, existió significancia estadística en la prueba de medias (Cuadro A31). Cuando se comparó 70% de humedad del sustrato en ambas temperaturas, se observó que en 20 °C la planta expresa mayor cantidad de frutos con tres lóculos (36.60) mientras que a 30 °C sólo expresa 22.06 de ellos, existiendo diferencias significativas entre ambos promedios. Esto coincide con la afirmación de Maroto (1989) cuando menciona que a bajos niveles de humedad y temperaturas elevadas se dan altos porcentajes de caídas de flores y frutos por lo que baja la producción. A 80% de humedad y temperatura de 20 °C se expresaron 35.86 frutos en cambio a 30 °C se observó 30.96 frutos con tres lóculos, no existiendo diferencias significativas en ambos promedios. Este comportamiento se debe posiblemente a que en menor nivel de temperatura existe menos evaporación y la mayor parte del agua es aprovechada por la planta en la producción de frutos, en cambio a 30 °C, el agua que se aplicó al sustrato se evaporó rápidamente por efecto del calor, otro tanto fue utilizada por la planta para contrarrestar los efectos causados por altos niveles de transpiración debido a la temperatura elevada, como consecuencia de ésto la planta no acumuló fotosintatos para producir más frutos (Mosso, 1994: Nuez *et al.*, 1996). En la Figura 3 se observa gráficamente, como la planta a 20 °C y ambos niveles de humedad

produce aproximadamente la misma cantidad de frutos, pero al aumentar el nivel de temperatura esta cantidad baja notablemente, sobre todo al tener sólo 70% de humedad en el sustrato.

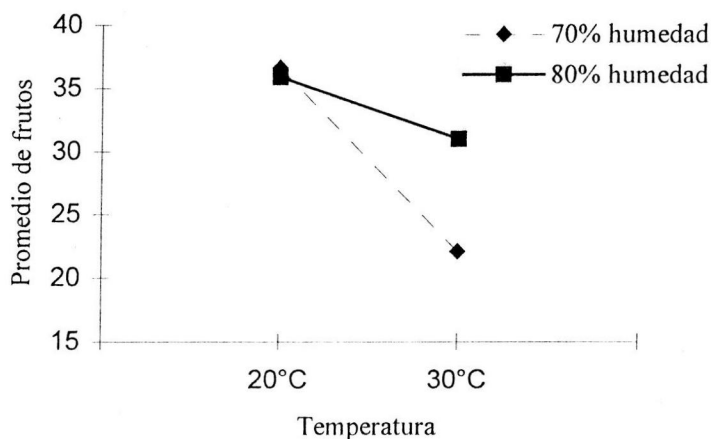


Figura 3. Número promedio de frutos de chile manzano con tres lóculos en interacción temperatura - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

Esto podría tener aplicación práctica en la producción de chile manzano bajo condiciones de invernadero, si sólo se dispone de 70% de agua para el cultivo, manteniendo baja la temperatura se esperaría igual producción que disponiendo de mayor cantidad de ésta (80%), implicando esto último mayores costos.

En la comparación de medias (Cuadro A32) para la interacción sombra - humedad del sustrato (Figura 4) se observó que disponiendo de 70% de humedad para las plantas, existe la opción de aplicar o no sombra, no hay diferencias significativas entre los promedios de frutos expresados en los niveles de ésta, existiendo ligeramente mayor producción de frutos a 70% de sombra (33.15) y menor en 30% de ella (26.00). Si se dispone de 80% de humedad estadísticamente los resultados son iguales en los tres niveles de sombreado, si se aplica mayor cantidad de ésta (70% de sombra) se reduce considerablemente (21.50) la producción de frutos.

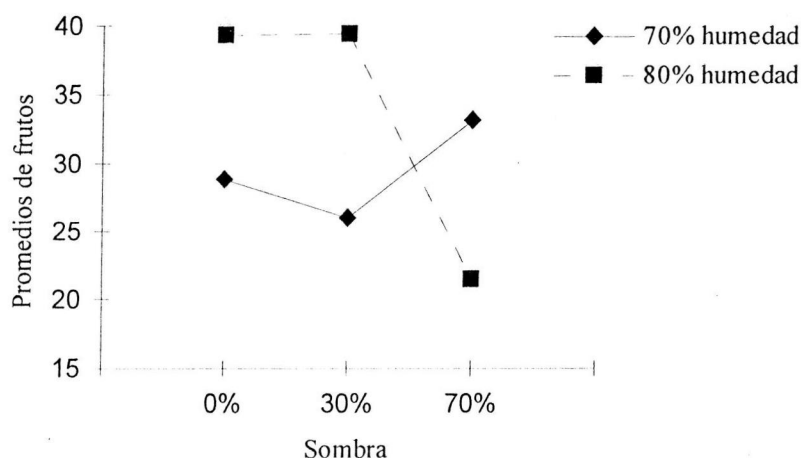


Figura 4. Número promedio de frutos de chile manzano con tres lóculos en interacción sombra - humedad en el sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

La mejor combinación de niveles de los tres factores para producir frutos con tres lóculos se dió en los tratamientos de 20 °C, 0% de sombra y 80% de humedad del sustrato (47.2 frutos), seguido de 30 °C, 30% de sombra y 80% de humedad (43.5 frutos) los cuales no son estadísticamente diferentes entre sí. Los resultados menos atractivos se presentaron a 30 °C, 70% de sombra y 80% de humedad (17.9 frutos), seguido de 30 °C, 0% de sombra y 70% de humedad en el sustrato (15.3 frutos), los cuales también son estadísticamente iguales (Cuadro 8).

4.1.1.4. Frutos con cuatro lóculos (F4L).

En el análisis de varianza (Cuadro A16) se observó que hubo diferencias significativas para temperaturas e interacción de sombra - humedad del sustrato y altamente significativas para sombreado e interacciones de temperatura - sombra y temperatura - humedad del sustrato.

Para temperaturas se observaron (Cuadro 7) diferencias significativas, 20 °C fue donde la planta expresó mayor cantidad de frutos con cuatro lóculos (5.83) comparados con 30 °C (4.03). En los niveles de sombreado no existieron diferencias

significativas entre 0 (6.75) y 30% (5.47) y sí de éstos respecto a 70% (2.27), nivel en el cual se reduce el número de frutos de cuatro lóculos hasta un 60% (Cuadro 7). En el mismo cuadro se observa que en niveles de humedad del sustrato no existieron diferencias significativas en 70 (4.61) y 80% (5.25).

Al analizar la interacción de los niveles de sombra - temperatura (Cuadro A33), se observó que cuando se aplicó 0% de sombra y temperatura de 20 °C se producen 10.0 frutos de cuatro lóculos en promedio por planta, mientras que al mismo nivel de sombra y 30 °C sólo 3.50 frutos, existiendo diferencia estadística entre ambos promedios. A 30% de sombra no se observaron diferencias significativas entre promedios, en cambio a 70% sí se observaron diferencias estadísticas entre ambas temperaturas (2.70 en 20 °C y 2.45 a 30 °C). Esto sucede posiblemente, porque al aumentar la temperatura y los niveles de sombra, las plantas reciben menos luz y fotosintetizan poco en cambio gastan más energía para contrarrestar los efectos de la temperatura (Figura 5)

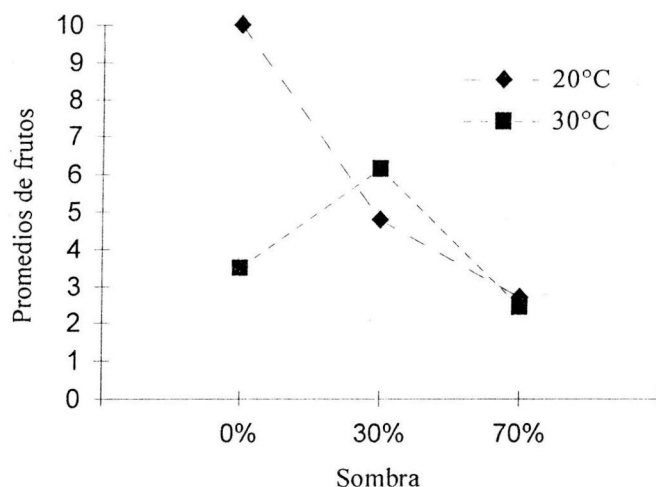


Figura 5. Número de frutos de chile manzano con cuatro lóculos en interacción sombra - temperatura. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

En la interacción de temperatura - humedad del sustrato (Figura 6 y Cuadro A34) se observó que al disponer de 70% de humedad y temperatura de 20 °C se producen 6.70 frutos con la característica de cuatro lóculos y a 30 °C se producen 3.53 de ellos,

existiendo diferencias significativas entre ambos promedios. A 80% de humedad la planta responde mejor a 30 °C (5.53 frutos), mientras que a 20 °C es menor la cantidad de frutos desarrollados. En la Figura 6 se observa que a la misma temperatura (20 °C) reduce el número de frutos con cuatro lóculos cuando pasa de 70 a 80% de humedad disponible, se observó que en estas condiciones de temperatura (16 - 20 °C) el chile manzano desarrolla frutos con características propias de su especie (2 y 3 lóculos), sucede lo opuesto cuando va de 70 a 80% de humedad pero a 30 °C ésto es porque, posiblemente, al aumentar el nivel de temperatura la planta tiende a diferenciar mayor número de lóculos en los frutos y si hay la humedad disponible éstos tienden a ser más, algo similar sucede en plantas de papaya cuando son sometidas a estrés de agua y elevadas temperaturas, tienden a diferencias mayor cantidad de lóculos en sus frutos debido a una fusión del estigma con el estilo (Arkle y Nakasone, 1984).

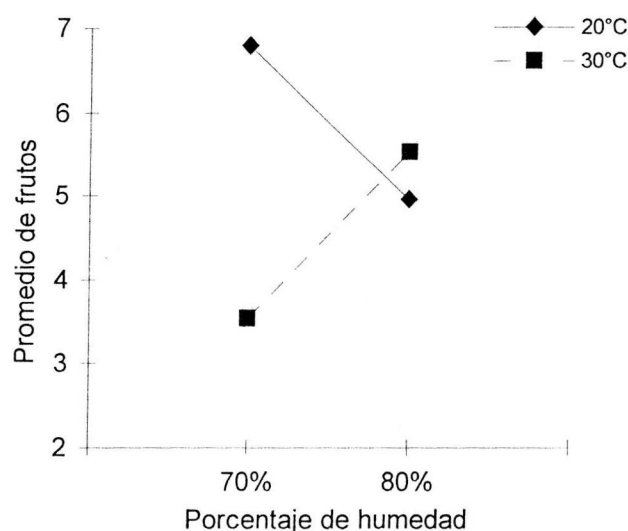


Figura 6. Número de frutos de chile manzano con cuatro lóculos en interacción temperatura - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

Al interactuar niveles de humedad del sustrato - sombra (Cuadro A35 y Figura 7) se observó que disponiendo de 70% de humedad, los tres niveles de sombra aplicados no exhiben diferencias estadísticas significativas, sólo mayor diferencia numérica a 0% de sombra (6.75 frutos). A 80% de humedad y 30% de sombra la planta responde mejor (7.30 frutos), en cambio reduce hasta un 75% el número de frutos con cuatro lóculos

cuando tiene 80% de humedad y 70% de sombra (1.70 frutos). Al parecer la luz es factor fuertemente limitante para desarrollar mayor cantidad de frutos de cuatro lóculos, debido posiblemente a la baja disponibilidad de azúcares por la planta, ya que éstos son necesarios para un mayor desarrollo de óvulos que darán origen a las semillas.

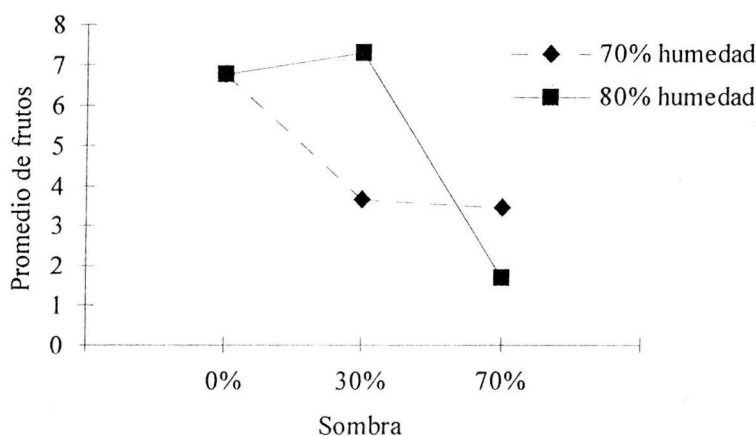


Figura 7. Número de frutos de chile manzano con cuatro lóculos en interacción sombra - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

Al analizar los tratamientos (Cuadro 8) se observó que la mejor combinación de niveles de los tres factores evaluados para la aparición de frutos de cuatro lóculos fue cuando se aplicó 20 °C de temperatura, 0% de sombra y 70% de humedad (12.0), seguido del tratamiento 30 °C, 30% de sombra y 80% de humedad (9.1 frutos), ambos estadísticamente iguales; siendo la primer opción la más económica para producir frutos de chile manzano con éstas características, ya que se ahorra el costo de la malla. Los tratamientos menos favorecidos se dieron a 20 °C, 70% de sombra y 80% de humedad (1.4 frutos), seguido de 30 °C, 0% de sombra y 70% de humedad (1.5 frutos), ambos estadísticamente iguales.

Analizando todas las expresiones de frutos con diferentes lóculos se observó que para frutos con dos, 30% de sombra en las plantas es lo más adecuado; en tanto que para tres y cuatro la plena iluminación en éstas es mejor. Para la interacción temperatura - sombra no hubo diferencias significativas para frutos con uno y dos

lúculos (Cuadro A13 y A14) y sí para las variables de frutos con tres y cuatro (Cuadro A15 y A16). Cuando se analiza el sombreado para los promedios de frutos por número de lúculos (Cuadro 7), se encontró que en presencia de todos los niveles de sombra y 20 °C de temperatura la planta expresa mayor cantidad de frutos con tres y cuatro lúculos, comparados con los tratamientos de los tres niveles de sombra pero a 30 °C. Por otro lado, dentro de los tratamientos de 20 °C se observó que cuando se aplica 30% de sombra la planta desarrolla mayor cantidad de frutos con dos lúculos, mientras que a luz plena desarrolla más frutos con tres y cuatro (Cuadro 8). Este comportamiento se debe posiblemente a que la planta de chile manzano con bajos niveles de irradiación satisface sus requerimientos de luz por tener puntos de compensación lumínica más bajos (Salisbury, 1994), lo cual le permite efficientizar y destinar mayores cantidades de fotoasimilados hacia los órganos de reserva (frutos). Cuando no se aplica sombra, en ambas temperaturas se tiene mayor expresión de frutos con tres y cuatro lúculos.

Al analizar la interacción temperatura - humedad en el sustrato para número de lúculos, se observó mayor cantidad de frutos con dos y tres lúculos al aplicar 20°C y 80% de humedad en el sustrato (Cuadro A29 y A31). Sin embargo, al convertir en porcentajes los resultados expuestos, se observa que a 30 °C se producen menos frutos pero de ellos el 57.3% son de tres lúculos y 8.7% de cuatro, mientras que a 20 °C se expresan 50.1% y 8.0% respectivamente para las mismas características, lo cual indica que cuando se tiene mayor temperatura se diferencia mayor número de lúculos por frutos. El chile manzano al ser sometidos a elevadas temperaturas le suceden desórdenes fisiológicos que permite expresar mayor cantidad de frutos con más número de lúculos como en papaya (Arkle y Nakasone, 1984).

Al interaccionar sombra - humedad del sustrato, la planta desarrolla mayor cantidad de frutos de tres lúculos respecto a dos y cuatro, siendo mayor el número de frutos de dos lúculos a 30% de sombra y 80% de humedad, para frutos de tres 0 y 30% de sombra y 80% de humedad (Cuadro A32). De acuerdo a los resultados obtenidos, manejando

buen nivel de humedad se puede prescindir del sombreado, lo que representaría bajar costo por manejo del cultivo. Esto es importante porque se busca tener mayor cantidad de frutos con tres y cuatro lóculos y se logra sin necesidad de emplear mallas sombra que eleva los costos de producción. En una producción comercial de chile manzano bajo condiciones de invernadero, es posible proporcionar temperatura de 20 °C, sombreados económicos o ninguna aplicación de sombra y niveles óptimos de humedad para que la planta exprese mayor producción de frutos con tres y cuatro lóculos, que da la característica de forma cuadrada o manzano.

4.1.2. Tamaño de fruto (TF).

El volumen de fruto está relacionado directamente con el tamaño y éste con la calidad. Por lo general en chile manzano se da la relación a mayor tamaño mayor calidad, siendo esto importante porque cuando son frutos grandes tienen mejor presentación y demanda en el mercado.

En el análisis de varianza para esta variable, se observó alta significancia en temperatura y sombreado (Cuadro A17). Al comparar las medias por prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el caso de la primera, se observó que a 20 °C los frutos desarrollaron significativamente más (31.13 ml) comparados con los que crecieron a temperatura de 30 °C (25.50ml), dando un 20% más de volumen total (Cuadro7). Es decir, a 20 °C las plantas crecen favorablemente y desarrollan mayor tamaño de fruto. En contraste, a temperaturas altas disminuye la fotosíntesis y aumenta la respiración y fotorespiración, lo que hace que las plantas, posiblemente, destinen más fotoasimilados a contrarrestar los efectos perjudiciales de temperaturas elevadas y pocos al desarrollo de los frutos, de allí que los frutos crezcan menos. El tamaño del fruto es afectado de manera directa por la temperatura prevaleciente sobre todo en las etapas iniciales del desarrollo floral (Park, 1977; Aung, 1978; Thompson y Kelly, citados por Higuera, 1979; Valadez, 1989; Aloni *et al.*, 1994).

Al comparar las medias para los niveles de sombreado (Cuadro 7) se observó significancia para esta variable, teniéndose que a 70% de sombra se desarrolló mayor tamaño de fruto (30.46 ml), aunque sólo estadísticamente superior a 0% (26.71 ml). Este crecimiento de los frutos se debe probablemente a una elongación celular por efecto de sombra, lo que ocasiona un mayor volumen. Por otra parte, las plantas desarrolladas en un mayor nivel de sombra dieron menor cantidad de frutos, creciendo más éstos por tener menos competencia entre ellos (Cuadro 7). Cuando se aplica mayor cantidad de luz, por lo general el tamaño del frutos disminuye en especies de chile (Jeong *et al.*, 1995) teniendo relación esto con lo que sucede en jitomate, en días nublados los frutos no crecen y se ha observado mayor traslocación de asimilados hacia las raíces (Yoshioka, 1986; Resh, 1992), lo cual impide mayor desarrollo de los frutos, al tener las plantas bajos niveles de azúcares (Rylski, 1994).

Para los dos niveles de humedad del sustrato no hay diferencias significativas, pero se observó mayor tamaño en frutos desarrollados a 70% de humedad del sustrato (28.90 ml/fruto). Esto esta relacionado con un menor número de frutos presentes en cada planta (Cuadro 7). Al respecto Katergi *et al.*, (1983) mencionan que a bajos niveles de humedad, el tamaño de fruto de chile disminuye.

En el análisis de varianza para interacciones no existieron diferencias significativas para tamaño de fruto, observándose mejor combinación de niveles de factores cuando se aplica 20 °C de temperatura, 70% de sombra y 80% de humedad, lográndose mayor tamaño de frutos (33.59 ml). El menor tamaño se obtuvo en plantas que se desarrollaron a 30 °C, 30% de sombra y 80% de humedad (19.92 ml). Este comportamiento está relacionado directamente con el número de frutos por planta (que veremos más adelante), puesto que al tener menor número, éstos se desarrollan más. Otras combinaciones importantes se dan a 20 °C, 30% de sombra y 80% de humedad del sustrato (32.72 ml) (Cuadro 8). En estos últimos, a pesar de que la planta dispuso de mayor humedad en el sustrato, las altas temperaturas no permitieron que desarrollara mayor tamaño de fruto, debido posiblemente a las altas tasas de transpiración a que

estuvo sometida. Esto es de vital importancia si se quiere producir chile manzano a altitudes mayores de 1700 msnm, en estas condiciones no es difícil aplicar niveles bajos de temperatura, sombreado y humedad para obtener frutos grandes y de excelente presentación para el mercado.

4.1.3. Número de semillas.

Varios son los factores que influyen en el tamaño del fruto, siendo el número de semillas uno ellos (Dennis, 1986), lo cual se ha sido demostrado en cítricos, manzana, pera, granada, etc. (Ryugo, 1988). Por lo que al plantear la importancia de evaluar el número de semillas por fruto, se aseguró que la presencia de mayor o menor número de éstas no fuera por problemas de polinización, de allí que se realizaron polinizaciones manuales y además se dejó que la planta se polinizara de forma natural, considerando las limitantes que impone el hecho de que las plantas se desarrollaron bajo condiciones de invernadero (falta de viento, insectos, etc.).

Según los resultados (Cuadro 9), se observó que a temperatura de 20 °C el número promedio de semillas en frutos de polinización natural de dos lóculos (SPN2L) (47.81), es altamente significativo al compararlo con el promedio de semillas en frutos desarrollados a 30 °C (17.28); en el número promedio de semillas en frutos polinizados de forma manual de dos lóculos (SPM2L), se observó la misma tendencia en ambas temperaturas (53.20 y 28.48 para 20 °C y 30 °C respectivamente); para frutos de tres lóculos en polinización natural (SPN3L) a 20 °C se observó 44.93 semillas mientras que a 30 °C sólo 32.17; en frutos de tres lóculos de polinización manual (SPM3L) se tiene mayor cantidad de semillas en frutos desarrollados a 20 °C (59.60) comparados con el promedio de semillas de frutos crecidos a 30 °C. Para número promedio de semillas de frutos de polinización natural (SPN4L) y manual (SPM4L) de cuatro lóculos no se observaron diferencias significativas entre ellos, siendo estadísticas iguales. Al realizar un comparativo general por temperatura, se observó que a 20 °C los frutos de polinización natural y manual desarrollaron mayor cantidad de semillas que aquellos frutos de plantas desarrolladas a 30 °C (Cuadro 9). En frutos de dos y tres lóculos,

existieron diferencias significativas bien marcadas, en donde los frutos desarrollados a 20 °C tienen más del doble de semillas, comparados con aquellos desarrollados a 30 °C. Mientras que para frutos de cuatro lóculos, no hubo diferencias significativas en ambas temperaturas.

Cuadro 9. Comparación de medias en dos niveles de temperatura, tres de sombra y dos de humedad del sustrato (Tukey, $\alpha = 0.05$) para número de semillas en frutos de chile manzano de polinización natural y manual. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

Factor	Nivel	SPN2L	SPM2L	SPN3L	SPM3L	SPN4L	SPM4L
T	20°C	47.81 a	53.20 a	44.93 a	59.60 a	13.60 a	20.80 a
	30°C	17.28 b	28.48 b	32.17 b	38.51 b	10.68 a	20.17 a
S	0%	27.27 a	36.52 a	37.35 a	47.57 a	13.35 a	28.27 a
	30%	33.92 a	37.77 a	38.35 a	49.67 a	10.60 a	21.25 a
	70%	36.45 a	48.22 a	39.87 a	49.92 a	12.47 a	12.75 a
Dms		9.46	12.96	11.46	11.57	11.35	15.58
H	70%	33.05 a	42.36 a	37.75 a	48.76 a	14.40 a	24.81 a
	80%	32.05 a	39.31 a	39.30 a	49.35 a	9.88 a	16.70 a

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas

T=Temperatura

S=Sombra

H=Humedad del sustrato

Dms=Diferencia mínima significativa

SPN2L=Semillas de polinización natural en frutos de dos lóculos

SPM2L=Semillas de polinización manual en frutos de dos lóculos

SPN3L=Semillas de polinización natural en frutos de tres lóculos

SPM3L=Semillas de polinización manual en frutos de tres lóculos

SPN4L=Semillas de polinización natural en frutos de cuatro lóculos

SPM4L=Semillas de polinización manual en frutos de cuatro lóculos

Según resultados presentados, temperaturas arriba de 25 °C afectan directamente al crecimiento y producción de semillas a pesar de que las plantas tengan condiciones favorables, aún siendo el polen de buena calidad al momento de la polinización (Raymond, 1989). Este comportamiento se debe a que temperaturas de 30 °C o más, ocasiona malformación de los granos de polen y en consecuencia la fecundación disminuye (Iwahori, 1966; Ito *et al.*, 1970), por lo que reduce el número de semillas al haber muchos óvulos no fecundados.

Para el número promedio de semillas en frutos de dos, tres y cuatro lóculos polinizados de manera natural y manual en los tres niveles de sombreado (0, 30 y 70%), no existieron diferencias significativas (Cuadro 9) y según la comparación de medias por prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), solo hubo diferencias numéricas, que reflejan cómo los frutos desarrollados con algún nivel de sombra presentan mayores cantidades de semillas. Se observó además que, generalmente a 70% de sombra tienen mayores cantidades de semillas en frutos de dos y tres lóculos, seguido de 30% de sombreado en frutos con el mismo número de lóculos. En frutos de cuatro lóculos que crecieron a sol pleno (0% de sombra) se desarrolló mayor cantidad de semillas y a 70% de sombra menor número de ellas. En relación a esto, Achreddy (1982) menciona que posiblemente ésto se deba a que la sombra no solo influye en el tamaño del fruto sino también en el tamaño de las semillas haciendo los frutos más pequeños y Choi *et al.*, citados por Murillo (1989) mencionan que si aumenta la exposición de las plantas a la sombra la cantidad de semillas baja. En chile manzano, mayor presencia de semillas en frutos desarrollados bajo condiciones de sombra, se debe posiblemente a una mayor receptabilidad de los estigmas al momento de la polinización, el sombreado proporciona condiciones ideales para llevarse a cabo. En condiciones de sol pleno hay resequedad y muerte de los granos de polen por lo que se desarrollan menores cantidades de semillas.

En la comparación de niveles de humedad del sustrato (Cuadro 9), no existieron diferencias significativas para frutos con dos, tres y cuatro lóculos para el promedio de semillas en ambas formas de polinización, observándose sólo mayor diferencia numérica en frutos de cuatro lóculos desarrollados a 70% de humedad comparados con aquellos crecidos a 80% de ella. Es decir, la humedad disponible no afecta la presencia de mayor o menor cantidad de semillas en frutos, aunque se observó una tendencia a producir más semillas en condiciones de estrés de humedad, posiblemente como respuesta natural de las plantas a reproducirse.

Según el análisis de varianza (Cuadro A23) para frutos de polinización manual de tres lóculos (SPM3L) existió interacción sombra - humedad del sustrato, pero al comparar las

medias por prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$ no existieron significancias entre éstas (Cuadro A32 y Figura 8).

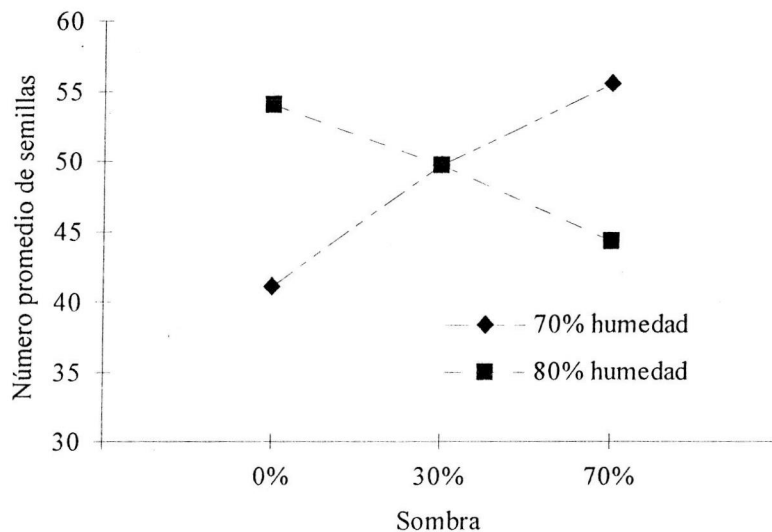


Figura 8. Número de semillas de polinización manual en frutos de chile manzano con tres lóculos en interacción sombra - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo. Méx. 1998.

En la Figura 8 se observa que a 0% de sombra la planta produce mayor cantidad de semillas en frutos de tres lóculos cuando dispone de 80% de humedad, comparadas con la cantidad de semillas producidas a 70% de ella, esta respuesta de la planta se debe tal vez a la utilización de mayor cantidad de agua disponible y a los efectos de la iluminación plena de los rayos solares, sobre todo a producir suficientes fotoasimilados; en estas condiciones la planta tiende a reproducirse sin problemas. Cuando la planta no dispone de suficiente humedad, tiende a utilizar la poca cantidad que dispone para contrarestar los efectos de las altas radiaciones que recibe, de allí que tenga menos producción de semillas. Sucede lo opuesto cuando tiene 70% de sombra, la excesiva humedad perjudica la producción de semillas, en cambio cuando se tiene menos humedad, ésta es compensada por el efecto de la sombra que es mayor.

Para las interacciones temperatura - sombra y sombra - humedad del sustrato (Cuadro A24) de la variable número de semillas en frutos de polinización natural de cuatro lóculos (SPN4L), sí existió significancia estadística, por lo que se realizaron pruebas de

medias (Cuadro A37 y A38) observándose para la primera interacción que a 0% de sombra y 30 °C se obtuvo 20.40 semillas en promedio por fruto mientras que a 20 °C sólo 6.30 semillas, habiendo diferencias significativas entre ambos promedios; cuando la sombra fue de 30% a 30 °C se obtuvo 14.25 semillas en promedio y a 20 °C 6.95 de ellas, no existiendo diferencias significativas. Al aplicar sombra de 70% se obtuvo 18.80 semillas en promedio a 20 °C mientras que en 30 °C sólo 6.15, siendo mayor el número de semillas cuando se tiene 30 °C y 0% de sombra. La condición menos favorable para este parámetro fue 20 °C y 70 % de sombra. En la Figura 9 se observa que a medida que la sombra aumenta, la producción de semillas en frutos de cuatro lóculos disminuye si la temperatura ambiental es de 30 °C, aplicándose puntualmente lo que dice Anderlini (1989), cuando menciona que la temperatura debe ser proporcional a la cantidad de luz recibida, porque si la primera es excesiva y la segunda insuficiente hay un retraso en la fotosíntesis, es decir, a medida que se incrementa la sombra existe menos acumulación de fotoasimilados para producir mayor cantidad de semillas.

Cuando la temperatura ambiental es de 20 °C y la sombra de 70%, se produce mayor cantidad de semillas en frutos de cuatro lóculos, esto se debe posiblemente a la presencia de menor número de frutos por planta y por lo tanto éstos desarrollan mayor cantidad de semillas.

Las pruebas de medias para la interacción sombra - humedad del sustrato, no reflejan diferencias significativas, siendo estadísticamente iguales (Cuadro A38 y Figura10). Sin embargo, se observaron diferencias numéricas bien marcadas. A 70% de humedad del sustrato y 30% de sombra se obtuvo 18.00 semillas por fruto en promedio; a 70% de sombra y al mismo nivel de humedad 17.45 semillas y cuando fue 0% de sombreado se obtuvo sólo 7.75 semillas. Al aplicar humedad del 80% y 0% de sombra se obtuvo 18.95 semillas, a 70% de sombra y misma humedad se observó 7.50 y cuando la sombra fue de 30% sólo se obtuvo 3.70 semillas por fruto en promedio.

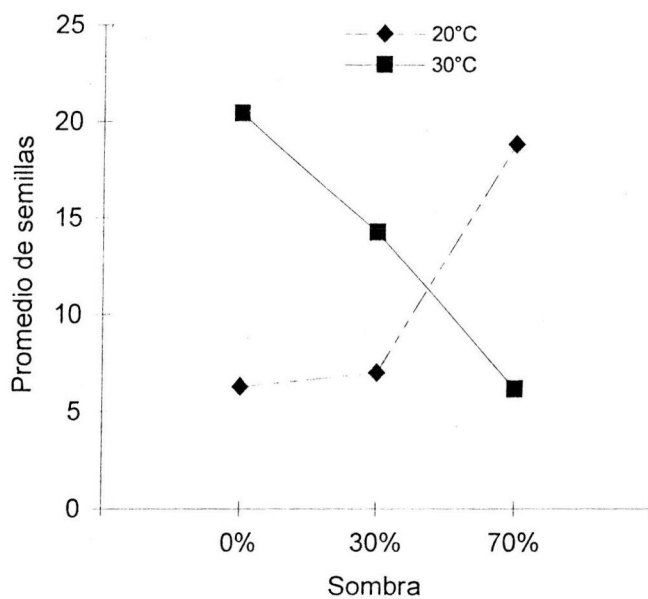


Figura 9. Número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con cuatro lóculos en interacción temperatura - sombra. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

Observándose en la Figura 10 que la sombra compensa la menor cantidad de agua aplicada en el sustrato, en cambio cuando se dispone de mayor humedad y se tienen mayores niveles de sombra, la planta no fotosintetiza lo suficiente como para reproducirse adecuadamente, reflejándose esto en menor producción de semillas.

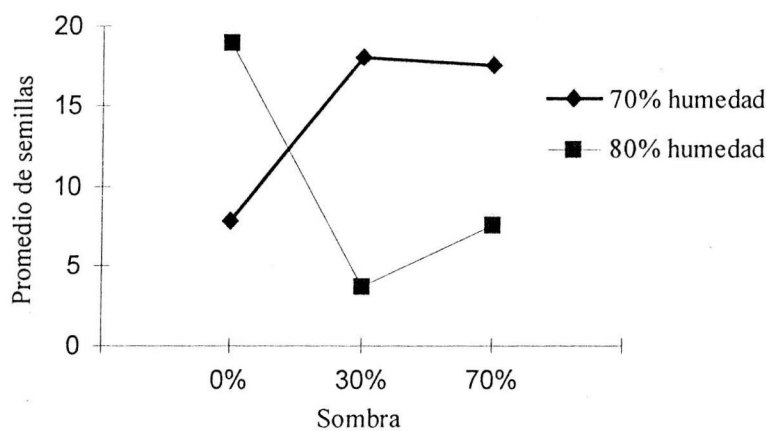


Figura 10. Número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con cuatro lóculos en interacción sombra - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

En la figura 10 se observa que a 0% de sombra y 80% de humedad del sustrato se tiene mayor cantidad de semillas, mientras que cuando se aplica este mismo porcentaje de humedad pero con 30% de sombra el número de semillas es menor, incrementándose sólo un poco cuando el nivel de sombreado pasa a 70%. Aplicando mayor cantidad de sombra se aplica menor cantidad de agua al sustrato.

Las combinaciones de niveles de los tres factores para éstas variables se encuentran en el Cuadro 10, observándose mayor cantidad de semillas en frutos desarrollados a mayores niveles de sombra. Esto no es conveniente, porque a pesar de que los frutos son de mayor tamaño al desarrollar mayor cantidad de semilla, las plantas producen menos y esto reduce la producción final. En condiciones de invernadero, al implementar mecanismos para asegurar la polinización y al mismo tiempo manejar niveles de sombreado, aumentaría el costo, pero se tendría frutos de mayor tamaño y ésto puede significar mejor mercado para el producto.

4.2. Rendimiento

4.2.1. Número de frutos (NF).

Un componente importante que forma parte del rendimiento es el número de frutos por planta, es la expresión máxima que se busca en la explotación comercial de chile manzano, sus frutos. Según los resultados y el análisis de varianza realizado (Cuadro A27), existieron diferencias significativas entre los dos niveles de temperatura. Al hacer la comparación de medias (Cuadro 11) se observó que 20 °C (72.23) superó significativamente a 30 °C (46.21), presentando un 65% más de frutos. Esto es discutido por Miranda (1996) cuando menciona que las altas temperaturas ocasionan abortos florales, que se dan cuando la relación fuente demanda de asimilados se hace crítica en condiciones de altas temperaturas (30 - 35°C) y el balance se inclina a favor de la fuente, sacrificando la demanda; es decir, se provoca la caída de botones florales al presentarse altos niveles de ácido abscísico en las plantas. También a temperaturas superiores de

35°C se interrumpe el cuajado y llenado de frutos y si éstos se forman son pequeños y de mala calidad (Rojas, 1991).

Cuadro 10. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) por tratamientos para número de semillas en frutos de chile manzano de polinización natural y manual. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

TRATAMIENTO	SPN2L	SPM2L	SPN3L	SPM3L	SPN4L	SPM4L
T2S3H2	17.5 cd	32.0 abc	32.4 a	33.6 b	4.1 ab	14.8 ab
T2S3H1	34.8 abcd	48.4 abc	32.3 a	44.8 ab	8.2 ab	2.2 b
T2S1H2	8.3 d	24.5 abc	32.2 a	41.2 ab	32.6 a	34.2 ab
T2S1H1	8.8 d	22.9 bc	25.0 a	29.8 b	8.2 ab	19.3 ab
T2S2H2	19.8 bcd	27.2 abc	29.4 a	42.7 ab	6.4 ab	7.5 ab
T2S2H1	14.5 cd	15.9 c	41.4 a	39.0 ab	22.1 ab	46.8 a
T1S3H2	48.6 a	57.6 ab	48.6 a	55.0 ab	10.9 ab	0.0 b
T1S3H1	44.9 ab	54.9 ab	46.2 a	66.3 a	26.7 ab	34.0 ab
T1S1H2	53.0 a	46.0 abc	47.2 a	66.9 a	5.3 ab	25.6 ab
T1S1H1	39.0 abc	52.7 ab	45.0 a	52.4 ab	7.3 ab	34.0 ab
T1S2H2	45.1 ab	48.6 abc	46.0 a	56.7 ab	0.0 b	18.1 ab
T1S2H1	56.3 a	59.4 a	36.6 a	60.3 ab	13.9 ab	12.6 ab
Dms	26.62	36.45	32.25	32.55	31.92	43.81

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas

T1 = Temperatura 20°C

T2 = Temperatura 30°C

S1 = Sombra 0%

S2 = Sombra 30%

S3 = Sombra 70%

H1 = Humedad del sustrato 70%

H2 = Humedad del sustrato 80%

Dms = Diferencia mínima significativa

SPN2L = Semillas de polinización natural en frutos de dos lócul

SPM2L = Semillas de polinización manual en frutos de dos lóculos

SPN3L = Semillas de polinización natural en frutos de tres lóculos

SPM3L = Semillas de polinización manual en frutos de tres lóculos

SPN4L = Semillas de polinización natural en frutos de cuatro lóculos

SPM4L = Semillas de polinización manual en frutos de cuatro lóculos

En los niveles de sombreado existieron diferencias significativas en número de frutos por planta (Cuadro 11). A 30% (65.40) de sombra la planta expresó mayor cantidad de frutos que a 70% de ella (49.90), lo cual se debe posiblemente a una menor cantidad de flores amarradas al haber mayor sombreado. Al penetrar menor cantidad de luz bajo la malla sombra, la planta realiza menos fotosíntesis y por lo tanto tiende a desarrollar

menos botones florales; además, bajo sombra excesiva existe aborción de flores. Según Salisbury (1994), el exceso de sombra no permite la iniciación floral y por lo tanto mayor desarrollo de frutos amarrados; en cambio a mayor cantidad de luz, sin llegar al exceso para esta especie, las plantas desarrollan más botones florales, teniendo pocos abortos al haber suficientes fotoasimilados que las flores necesitan para desarrollarse en frutos. Cuando se incrementó el nivel de sombreado se reduce la cantidad de luz recibida por la planta y por lo tanto los niveles de fotosíntesis bajan, ésto conlleva a una reducción del número de flores hasta en 60% por los bajos contenidos de azúcares, dándose la relación a menor cantidad de flores menor cantidad de frutos amarrados (Rylski y Halevy, citados por Higuera, 1979; Quagliotti, citado por Nuez *et al.*, 1996).

Cuadro 11. Comparación de medias de dos niveles de temperatura, tres de sombra y dos de humedad del sustrato (Tukey, $\alpha=0.05$) para peso promedio de fruto, número de frutos y rendimiento de chile manzano. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

Factor	Nivel	NF	PF	REN
T	20°C	72.23 a	22.16 a	1557.08 a
	30°C	46.21 a	20.03 a	877.69 b
S	0%	62.37 a	20.23 a	1258.75 a
	30%	65.40 a	20.38 a	1287.33 a
	70%	49.90 b	22.68 a	1106.08 a
Dms		9.29	2.74	190.99
H	70%	55.73 b	21.70 a	1196.16 a
	80%	62.71 a	20.49 a	1238.62 a

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas

T=Temperatura

NF= número de frutos

S= Sombra

PF= Peso de fruto

H= Humedad del sustrato

REN= Rendimiento

Dms= Diferencia mínima significativa

La humedad del sustrato afecta directamente la calidad y el número de frutos de chile manzano. Al realizar el análisis de varianza para niveles de humedad (Cuadro A27) se

observaron diferencias significativas. Al realizar la prueba de medias (Cuadro 11) se observó que a 80% de humedad del sustrato se tiene mayor cantidad de frutos por planta (62.71 frutos) en cambio a 70% de humedad se observaron sólo 55.73. En condiciones de humedad adecuada (80%) la planta tiende a reproducirse sin limitaciones y desarrolla mayor cantidad de frutos, aunque éstos sean de menor tamaño y por lo tanto menos pesados (20.49 g). En chile manzano a menores niveles de humedad se incrementan los porcentajes de caída de frutos, bajando considerablemente los rendimientos (Mosso, 1994).

En las interacciones existieron diferencias significativas para temperatura - sombra y sombra - humedad en el sustrato (Cuadro A27). En el caso de la primera se realizó una prueba de medias (Cuadro A39), observándose lo siguiente: cuando se aplicó 0% de sombra y una temperatura de 20 °C se obtuvo 84.35 frutos por planta, mientras que a 30 °C sólo 40.40 frutos con el mismo nivel de sombra, observando diferencias significativas entre los dos niveles de temperatura; al aplicar 30% de sombra también se observó significancia estadística entre ambas temperaturas, a 20 °C se obtuvo 72.50 frutos por planta mientras que a 30 °C sólo 58.30 de ellos; cuando se aplicó 70% de sombra y la temperatura fue de 20 °C se obtuvieron 59.85 frutos y cuando fue de 30 °C se observaron 39.95, presentando significancia entre números de frutos. En la Figura 11, se observa que la mayor cantidad de fruto se produce con 0% de sombra y 20 °C (84.35) (Cuadro A39). Es menos apropiado 30 °C y 70% de sombra (39.95), porque el número de frutos se reduce un 50% por planta. Esta respuesta de la planta a los niveles de temperatura, no importando la intensidad de sombra o luminosidad, se debe posiblemente más bien a la acumulación de fotosintatos que se da cuando la temperatura del ambiente es adecuada. Con temperaturas de 30 °C la mejor respuesta se tiene a 30% de sombra (58.30). Un sombreado mayor provoca menor diferenciación de frutos y menor amarre de éstos al tener la planta poca cantidad de luz para fotosintetizar. Además, se observó poca diferenciación floral e incluso fueron más tardías a 70% de sombra y 20 °C de temperatura.

Para la interacción sombra - humedad del sustrato (Cuadro A40), no se observaron diferencias significativas cuando las plantas se desarrollaron a 70% de humedad del sustrato en los tres niveles de sombreado, teniendo mayor diferencia numérica a 70% de sombra (57.00 frutos), seguido de 0% (55.55 frutos) y por último 30% de ella (54.65). En otras especies de *C. annuum* L. sucede lo contrario según lo expuesto por Jaafar *et al.*, (1994), cuando mencionan que las plantas de chile sometidas a severos estres de humedad y altos niveles de radiación, incrementan la aborción de flores y baja el número de frutos desarrollados, siendo más afectados los componentes del rendimiento por estres de agua que por luminosidad; a 80% de humedad hubo diferencias significativas entre los niveles de sombreado, la mayor cantidad de frutos fueron producidos cuando el nivel de sombra fue de 30% (76.15 frutos), seguido de 0% de ésta (69.20) siendo estadísticamente iguales ambos promedios.

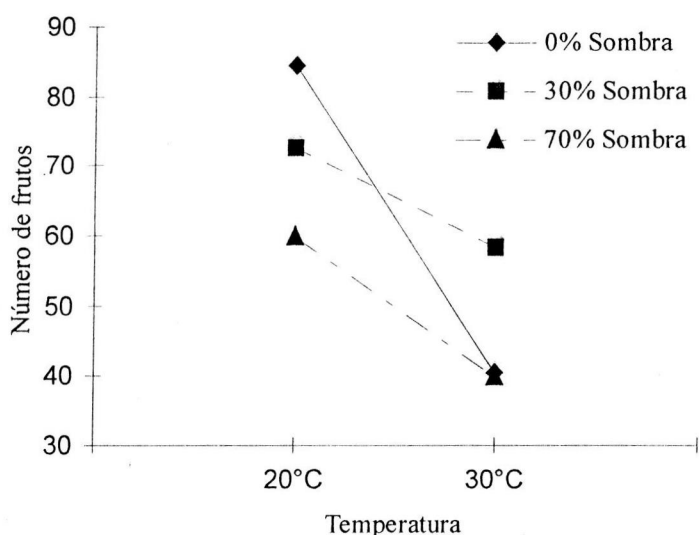


Figura 11. Número total de frutos de chile manzano en interacción temperatura - sombra. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

Sombra de 70% es diferente estadísticamente respecto a las dos anteriores y se observaron 42.80 frutos. La mejor expresión de éstos factores para número de frutos se dió a 30% de sombra y 80% de humedad (76.15 frutos por planta), los niveles de interacción que menos frutos presentaron fueron 70% de sombra y 80% de humedad (42.80 frutos por planta).

En el Cuadro A40 se observa la combinación de sombra y humedad del sustrato, cuando la planta se desarrolló a 30% de sombra y 80% de humedad del sustrato existió significancia y expresó mayor cantidad de frutos (76.15 frutos) en comparación con sombra de 70% y 70% de humedad (42.80 frutos) que son los menos favorecidos. En la Figura 12 se observan estos resultados.

Todos los niveles de factores evaluados se expresan en los tratamientos, las mejores combinaciones para número de frutos fueron 20 °C, 0% de sombra y 80% de humedad (90.00 frutos) y 20 °C, 0% de sombra y 70% de humedad (78.70 frutos) no existiendo diferencias significativas entre ambos promedios. Los tratamientos que produjeron menores cantidades de frutos son: 30 °C, 70% de sombra y 80% de humedad (29.50 frutos) seguido de 30 °C, 0% de sombra y 70% de humedad (32.40) (Cuadro 12), siendo estadísticamente iguales.

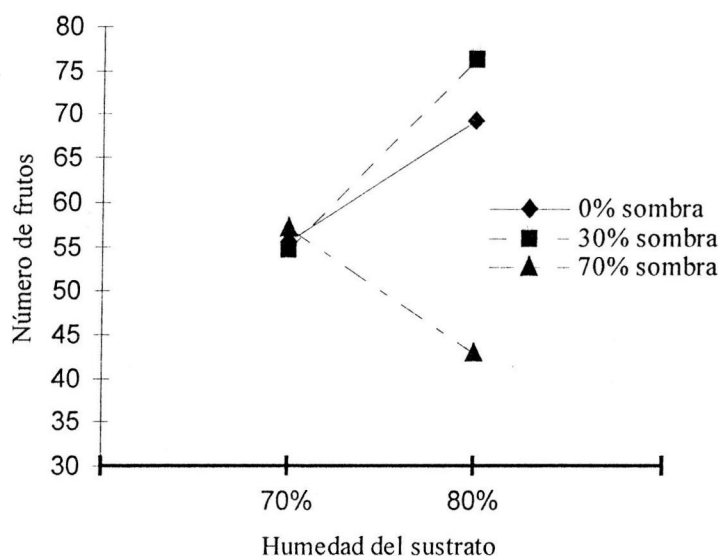


Figura 12. Número total de frutos de chile manzano en interacción sombra - humedad del sustrato. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

4.2.2. Peso promedio de fruto (PF).

Según el análisis de varianza (Cuadro A26), para peso promedio por fruto sólo existió diferencia significativa para temperatura, aunque ésto no se reflejó en la comparación de

medias. En los otros niveles de factores no hay diferencias significativas (Cuadro 11). Para temperatura las diferencias numéricas entre promedios son mínimos (22.16 g en 20 °C y 20.03 g en 30 °C) estando esto relacionado directamente con el tamaño de fruto, a 20 °C los frutos tienen mayor volumen (31.13 ml) pero no corresponden de la misma manera con el peso; es decir, éste no aumenta. Se observó que frutos desarrollados a 20 °C tuvieron menor número de lóculos y fueron más grandes comparados con los frutos crecidos a 30 °C que fueron de menor tamaño pero con mayor número de lóculos.

Según el análisis de varianza para niveles de sombra (Cuadro A26) no existieron diferencias significativas, sólo numéricas (Cuadro 11). A 70% de sombra los frutos tienen mayor peso (22.68 g) si se comparan con frutos crecidos a 0 (20.23 g) y 30% de sombreado (20.38 g). Esto se debe posiblemente a que tienen mayor tamaño (30.46 ml) y mayor cantidad de semillas, teniendo también mayor cantidad de agua en sus células, lo que finalmente se expresa en mayor peso.

Al comparar niveles de humedad del sustrato no se observaron diferencias significativas para peso promedio de frutos (Cuadro 11) y las diferencias numéricas entre ellos fueron mínimas. A 70% de humedad se tienen mayor peso (21.70 g) comparado con frutos crecidos a 80% de ésta (20.49 g). Esto posiblemente se debe a que la planta al tener menor disponibilidad de agua, su tendencia fue de producir mayor cantidad de semillas, lo que permitió a los frutos ganar mayor peso, además la planta desarrolló menor cantidad de ellos. Cuando la planta de chile crece en exceso de humedad (80 - 85% de humedad aprovechable) retrasa su floración y reduce sus contenidos de sólidos (Guenkov, 1974), posiblemente ésto sucedió en este caso.

Cuadro 12 Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) por tratamientos para peso, número de frutos y rendimiento de chile manzano. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

TRATAMIENTO	NF	PF	REN
T2S3H2	29.5 f	22.70 a	635.4 d
T2S3H1	50.4 cdef	20.08 ab	977.0 bcd
T2S1H2	48.4 cdef	19.20 ab	933.9 bcd
T2S1H1	32.4 ef	21.41 ab	742.4 d
T2S2H2	74.2 abc	14.91 b	1094.4 bcd
T2S2H1	42.4 def	21.88 ab	883.1 cd
T1S3H2	56.1 bcde	24.41 a	1349.1 abc
T1S3H1	63.6 bcd	23.52 a	1462.8 ab
T1S1H2	90.0 a	18.95 ab	1687.8 a
T1S1H1	78.7 ab	21.36 ab	1670.9 a
T1S2H2	78.1 ab	22.79 a	1731.1 a
T1S2H1	66.9 abcd	21.96 ab	1440.7 ab
Dms	26.13	7.70	537.1

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

T1= Temperatura 20°C

H1= Humedad del sustrato 70%

T2= Temperatura 30°C

H2= Humedad del sustrato 80%

S1= Sombra 0%

NF= Número de frutos

S2=Sombra 30%

PF= Peso de frutos.

S3=Sombra 70%

REN= Rendimiento

Dms= Diferencia mínima significativa

No existieron interacciones de niveles de factores para peso de fruto, pero se observaron interesantes combinaciones en los tratamientos. La mejor combinación de niveles de los tres factores se expresan cuando se combina 20 °C, 70% de sombra y 80% de humedad del sustrato (24.14 g/fruto), seguido de 20 °C, 70% de sombra y 70% de humedad (23.52 g) y se observó que la sombra tiene marcada influencia sobre el peso de los frutos. La combinación menos favorable se dio a 30 °C, 30% de sombra y 80% de

humedad (14.91 g), seguido de 20 °C, 0% de sombra y 80% de humedad (18.95 g) (Cuadro 12).

4.2.3. Rendimiento de frutos.

El rendimiento en chile manzano, expresado como la cantidad de frutos producidos por planta por unidad de superficie, además del peso y calidad de cada uno de ellos, permite definir si los resultados obtenidos fueron los esperados. En el caso del presente trabajo, según el análisis de varianza realizado (A28), existieron diferencias significativas para temperatura e interacción de sombra - humedad del sustrato.

Para temperatura se observó que el rendimiento casi se duplicó a 20 °C (1557.08 g por planta) respecto a 30 °C (877.69 g), esto es resultado de un mayor número de frutos desarrollados a 20 °C (Cuadro 11), aunque no existieron diferencias significativas en el peso de fruto en ambas temperaturas. La reducción del rendimiento por abortos, se debe posiblemente a los altos niveles de ácido abscísico (relacionados directamente con la producción de etileno) libre en los tejidos de las plantas a causa de las elevadas temperaturas, lo que da una aceleración del proceso de aborción de los órganos, en este caso de las flores (Dae y Cambell, 1981; Aloni *et al.*, 1994). Al analizar niveles de sombreado, no se observaron diferencias significativas entre promedios (Cuadro 11), aunque el mejor resultado fue a 30% de sombra (1287.33 g), seguido muy de cerca de 0% (1258.75 g). En chile manzano se observó benéfica la aplicación de sombreado por ser una especie adaptada a ello, para otras especies Park (1977) en este sentido menciona, que el rendimiento de fruto se reduce en un 58% cuando la intensidad luminosa disminuye un 25%, lo cual sucede cuando se aplican mayores niveles de sombra en chile manzano. En humedad del 80% se expresa mayor rendimiento (1238.62 g) comparados con 70% (1196.16 g por planta).

En la prueba de medias (Cuadro A41) de la interacción de sombra - humedad del sustrato se observó que cuando se aplicó 70% de humedad al sustrato y se tenía 70% de

sombra, el rendimiento fue de 1219.91 g; con un nivel de sombra de 0% el rendimiento fue de 1206.64 g y a 30% de sombreado se obtuvo un rendimiento de 1161.91 g. Cuando la humedad del sustrato fue de 80% y la sombra de 30% se obtuvo 1412.75 g de producto, a 0% de sombra la producción fue de 1310.85 g y a 70% de sombreado de 992.24 gramos de producto. Bajo condiciones de buena humedad del sustrato (80%), el factor que limita fuertemente la producción en los cultivos es la intensidad luminosa, como en este caso (Wareing y Thompson, 1985). En la Figura 13 se observa que el rendimiento se incrementó cuando paso de 0% de sombra a 30% de ésta, pero se reduce drásticamente cuando se incrementa a 70%. Cuando se aplicó 70% de humedad del sustrato sucede lo contrario, con 30% de sombra se dieron más bajos rendimientos y a 70% de sombra éstos se incrementaron.

En la Figura 14, se observa el comportamiento del rendimiento de fruto por tratamientos, es decir, de la combinación de todos los niveles de los tres factores evaluados, observándose que las temperaturas de 20 °C permiten expresar a la planta mejores niveles de rendimiento, comparados con temperaturas de 30 °C. Se observa que los tratamientos mejor favorecidos fueron: 20 °C, 30% de sombra y 80% de humedad del sustrato (1731.1 g por planta); 20 °C, 0% de sombra y 80% de humedad (1687.8 g) y 20 °C, 0% de sombra y 70% de humedad del sustrato (1670.9 g). Los tratamientos con resultados menos favorecidos fueron: 30 °C, 70% de sombra y 80% de humedad (635.4 g), 30 °C, 0% de sombra y 70% de humedad (742.4 g) y 30 °C, 30% de sombra y 70% de humedad del sustrato (883.1 g por planta).

El efecto de las altas temperaturas sobre las plantas fue determinante para la expresión de menores rendimientos. Varios autores puntualizan que los rangos óptimos de temperatura para que las plantas lleven a cabo sus procesos fisiológicos son variados (20 - 25 °C en promedio), temperaturas arriba de éstas, afectan seriamente su reproducción.

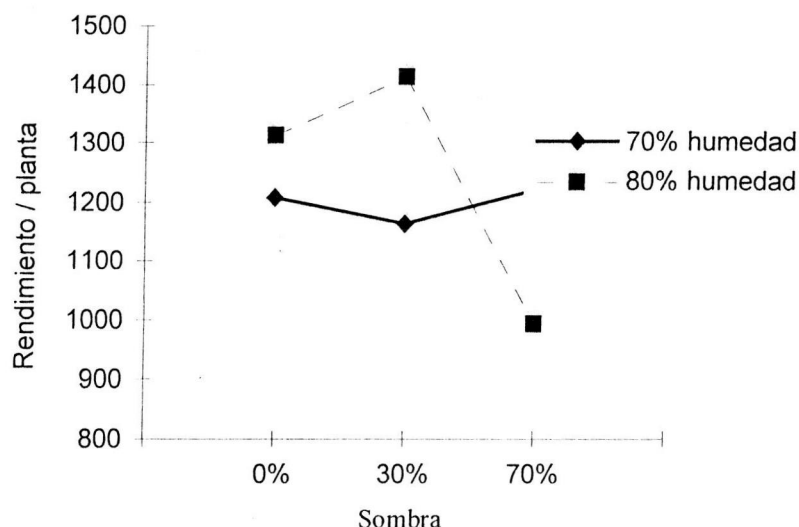


Figura 13. Rendimiento de chile manzano en interacción sombra - humedad del sustrato. Observado bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

Las altas temperaturas detienen el crecimiento de las plantas y no permiten desarrollar botones florales por aborción, disminuyendo considerablemente el amarre de frutos, debido principalmente a las tasas respiratorias altas y a la utilización de carbohidratos que en otras condiciones se canalizan a los frutos. En estas condiciones (temperaturas elevadas) baja la fotosíntesis y la respiración de incrementa en relación directa a la temperatura, dándose abortos florales por el nivel bajo de asimilados, provocando la caída de flores principalmente, siendo esto una estrategia de las plantas para mantenerse viva. Las altas temperaturas también provocan muerte y malformación de los granos de polen y no hay fecundación debido a la elongación de los estilos en relación a los conos anteroidales. Todo esto explica la disminución del rendimiento a temperatura de 30 °C (Iwahori, 1966; Ito *et al.*, 1970; Aung, 1978; Nuez *et al.*, 1996).

Gramos de fruto / planta

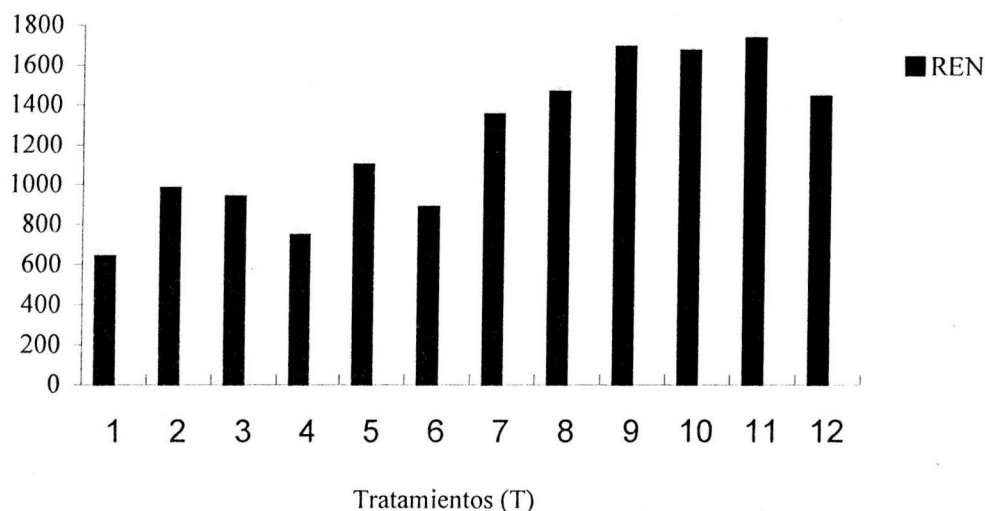


Figura 14. Rendimiento (REN) promedio de frutos de chile manzano. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

T1 = 30°C, 70% sombra, 80% humedad del sustrato
T2 = 30°C, 70% sombra, 70% humedad del sustrato
T3 = 30°C, 0% sombra, 80% humedad del sustrato
T4 = 30°C, 0% sombra, 70% humedad del sustrato
T5 = 30°C, 30% sombra, 80% humedad del sustrato
T6 = 30°C, 30% sombra, 70% humedad del sustrato
T7 = 20°C, 70% sombra, 80% humedad del sustrato
T8 = 20°C, 70% sombra, 70% humedad del sustrato
T9 = 20°C, 0% sombra, 80% humedad del sustrato
T10 = 20°C, 0% sombra, 70% humedad del sustrato
T11 = 20°C, 30% sombra, 80% humedad del sustrato
T12 = 20°C, 30% sombra, 70% humedad del sustrato

4.3. Correlaciones entre variables

En el Cuadro A43 se presentan las correlaciones entre las variables evaluadas, consignándose sólo aquellas que fueron significativas y altamente significativas.

En la correlación de temperatura con las variables se observó que cuando ésta se incrementó, bajó el rendimiento (-0.67743), número de frutos (-0.52533) de dos (-0.55310) y tres (-0.34231) lóculos además del peso promedio de éste (-0.19409). Otras variables afectadas negativamente por la temperatura fueron número de semillas en

frutos de dos y tres lóculos en ambas formas de polinización (Cuadro A43). En las correlaciones expuestas se observó que la temperatura afectó a los principales componentes del rendimiento tanto en el número de éstos como en el peso de los mismos, sobre todo el número de frutos de dos y tres lóculos que más participaron en la expresión total del rendimiento. El efecto de la temperatura sobre las plantas está ampliamente documentado, se sabe que cuando éstas son elevadas, provoca caída de flores y frutos debido entre otras causas, a los altos niveles de ácido abscísico libre en los tejidos de las plantas el cual acelera el proceso de aborción de órganos, siendo la antesis la etapa más sensible a daños por altas temperaturas. Al exponerse las plantas a elevadas temperaturas se provoca la degeneración de tétradas que dan polen no viable, también las macroesporas de la célula madre se degeneran y retardan su desarrollo; dando esto último, baja producción de semillas y escaso crecimiento de los órganos reproductivos (Ito *et al.*, 1970; Dae y Cambell, 1981; Aloni *et al.*, 1994).

Cuando los niveles de sombreado se incrementaron, se redujo el número de frutos (-0.21947) de tres (-0.19965) y cuatro (-0.30886) lóculos, incrementándose ligeramente el peso promedio de los mismos (0.18860). Al aumentar el nivel de sombreado aumentó también el número de semillas en frutos de dos lóculos y frutos polinizados de forma manual (0.18091, disminuyendo en frutos de cuatro lóculos (-0.20114) (Cuadro A43). Se sabe que la luz al incidir sobre las plantas mediante el proceso de fotosíntesis, desencadena una serie de reacciones de gran complejidad en las cuales a partir de bióxido de carbono y agua se forman azúcares. Los bajos niveles de luminosidad provocados por el sombreado en las plantas, influyó directamente en la estructura y funcionalidad de las mismas, sobre todo en los bajos contenidos de azúcares; reduciendo en el número de flores, escaso amarre de frutos y poco crecimiento de los mismos. El hecho de que los frutos tuvieron mayor peso se debió básicamente a un menor número de éstos por planta y al haber pocos, existió mayor acumulación de asimilados y por lo tanto crecieron más (Wareing y Thompson, 1985; Resh, 1992; Nuez *et al.*, 1996).

En el Cuadro A43 se observa que la humedad del sustrato sólo correlaciona con número de frutos de un lóculo (0.19169). Con las demás variables no son significativas las correlaciones, es decir, que los niveles de 70 y 80% de humedad evaluados, no tienen efectos marcados sobre los componentes del rendimiento de frutos de chile manzano.

La variable rendimiento correlaciona con número de frutos (0.82421), frutos con dos (0.68935), tres (0.65935) y cuatro (0.37200) lóculos, peso medio de frutos (0.27474), número de semillas en frutos de polinización natural de dos (0.59980) y tres lóculos (0.40294); además frutos de polinización manual de dos (0.37136) y tres (0.48605) lóculos (Cuadro A43). En estas correlaciones se observa que el rendimiento de chile se incrementó al aumentar el número de frutos producidos por planta, al aumentar el peso promedio de cada uno de ellos también se favorece el número de semillas en frutos en ambas formas de polinización.

Al correlacionar número de frutos se observó mayor cantidad de uno (0.26769), dos (0.70905), tres (0.87692) y cuatro (0.52812) lóculos; mayor número de semillas de polinización natural (0.40853) y manual (0.40853) de dos y natural de tres lóculos (0.29540). (Cuadro A43), los cuales participaron en la expresión final del rendimiento. Además el número de frutos correlaciona negativamente con peso promedio de éstos (-0.23723). De acuerdo a las observaciones, no es necesaria la polinización manual para que las plantas expresen mayor cantidad de frutos, asegurando mecanismos de polinización se garantiza mayor cantidad de frutos, aunque de menor peso, sobre todo si las plantas se desarrollan en condiciones ambientales propicias, temperatura principalmente.

Existen correlaciones positivas entre frutos de un lóculo con frutos de dos (0.18644) y tres lóculos (0.21508). De igual forma, frutos de dos lóculos tienen correlaciones altamente significativas con frutos de tres lóculos (0.33067) y número de semillas en frutos de polinización natural de dos (0.42209) y tres (0.27237) lóculos, además de número de semillas en frutos de polinización manual de dos (0.27237) tres (0.33271)

lúculos. En frutos de tres lóculos se observó correlaciones altamente significativas con frutos de cuatro lóculos (0.54830); con número de semillas en frutos de polinización natural de dos lóculos (0.27934), natural (0.22959) y manual (0.32867) de tres lóculos y una correlación negativa con peso medio de fruto (-0.27731). La variable frutos de cuatro lóculos correlaciona con número de semillas en frutos de polinización manual de cuatro lóculos (0.26560) y negativamente con peso medio de fruto (-0.19558) (Cuadro A43). En las correlaciones de frutos con diferente número de lóculos se observa un comportamiento bien definido, al presentarse mayor cantidad de frutos de un lóculo, aumenta la presencia de frutos con dos lóculos, cuando aumenta la presencia de frutos de dos, aumenta la de tres y así sucesivamente. Esto posiblemente se debe al efecto de temperatura, ya que al aumentar el número de frutos de un determinado lóculo aumenta la presencia del otro. Por otro lado también se observó que el número de semillas en ambas formas de polinización, aumentó en la medida que se presentaron mayor cantidad de frutos de dos y tres lóculos. Se observó además, que el peso promedio de los frutos disminuyó cuando aumentó la presencia de frutos de tres y cuatro lóculos, debido posiblemente al mayor número de frutos por planta.

El tamaño de fruto correlaciona con rendimiento (0.31281), con número de semillas en frutos de polinización natural y manual de dos (0.35855) y tres (0.23728) lóculos y peso medio de frutos (0.87892), correlaciona negativamente con frutos de tres lóculos (-0.20249) (Cuadro A43). Un aspecto de la calidad del fruto está relacionado con el tamaño y en estas correlaciones se observó que cuando se incrementó el número de semillas en los frutos, éstos tuvieron mayor tamaño y peso, sobre todo en frutos de dos lóculos. Un mayor número de frutos de tres lóculos en las plantas hace que éstos tengan menor tamaño. La presencia de semillas influyó en el crecimiento de los frutos como se ha observado en otras especies de plantas, varios autores han determinado que las semillas son fundamentalmente en la producción de reguladores de crecimiento como las auxinas, las cuales hacen crecer al fruto (Ryugo, 1988; autores citados por Contreras, 1992; Nuez *et al.*, 1996).

Las correlaciones de número de semillas en frutos de diferentes lóculos se observan en el Cuadro A43 del apéndice. Siendo principalmente entre número de semillas en frutos de polinización natural de dos lóculos y peso promedio de fruto (0.23470), además del número de semillas en frutos de polinización natural (0.45371) y manual (0.48892) de tres lóculos. Número de semillas de polinización manual de dos lóculos correlaciona con número de semillas de polinización natural (0.26201) y manual (0.43543) de tres lóculos. La variable número de semillas en frutos de polinización natural de tres lóculos correlaciona con manual de tres lóculos (0.62625) y peso promedio de frutos (0.22913). Número de semillas en frutos de polinización natural de cuatro lóculos correlaciona con número de semillas de polinización manual de cuatro lóculos (0.32823) (Cuadro A43). Se observó que cuando se incrementa el número de semillas en frutos de dos lóculos aumenta también en el de tres, sean éstas de polinización manual o natural, contribuyendo las semillas a dar mayor peso a los frutos. El peso promedio de frutos correlaciona significativas con tamaño de fruto (0.87892), rendimiento (0.27474), número de semillas en frutos de polinización natural de dos (0.23470) y tres (0.22913) lóculos y negativamente con número de frutos (-0.23723), frutos con tres (-0.27731) y cuatro lóculos (-0.19558). Se observó que a medida que los frutos son más grandes tienen mayor peso, debido posiblemente a que tienen mayor cantidad de semillas en su interior. Se observa además que cuando aumenta el número de frutos disminuye el peso de los mismos, sobre todo de tres y cuatro lóculos.

CONCLUSIONES

1. La temperatura influyó en el rendimiento y calidad de fruto de chile manzano, a 20 °C se obtuvo el 61% de frutos por planta y la mayoría de dos (41%) y tres (50%) lóculos, además desarrollaron mayor tamaño (31.13 ml). A temperatura de 30 °C la planta rindió menos frutos (39%), lo cual se reflejó en menor rendimiento, pero desarrolló más frutos de tres (33%) y cuatro (57%) lóculos y de menor tamaño (25.50 ml).
2. Cuando aumentó el nivel de sombra los frutos crecieron, más pero la planta disminuyó su producción, siendo 30% el nivel óptimo para tener mayor número de frutos (36%) por planta y la mayor parte de ellos de dos (41%) y tres (50%) lóculos y tamaño relativamente grande (27.78 ml). A 0% de sombra la planta obtuvo rendimientos aceptables (35%), desarrolló más frutos de tres (55%) lóculos pero éstos fueron de menor tamaño (26.71 ml). A 70% de sombra la planta bajó su rendimiento (28%) aunque los frutos fueron de mayor tamaño (30.46 ml).
3. A 80% de humedad en el sustrato la planta se obtuvo mayor rendimiento de frutos (47%), siendo la mayoría de dos (39%) y tres (53%) lóculos, aunque de menor tamaño (27.73 ml). A 70% de humedad, el tamaño de fruto es ligeramente mayor (28.90 ml).
4. La mejor combinación de niveles de factores para obtener frutos de dos lóculos se dió a 20 °C, 30% de sombra y 80% de humedad del sustrato (36.4 frutos); para tres lóculos 20 °C, 0% de sombra y 80% de humedad del sustrato (47.2 frutos); para cuatro lóculos 20 °C, 0% de sombra y 70% de humedad en el sustrato (12.0 frutos).

5. El mayor tamaño y peso de frutos se dio en la combinación de 20 °C, 70% de sombra y 80% de humedad del sustrato.
6. El mayor rendimiento se dio en la combinación de 20 °C de temperatura, 30% de sombra y 80% de humedad (1731.1). La mejor combinación para número de frutos fue 20 °C, 0% de sombra y 80% de humedad (90.0).

6. LITERATURA CITADA

- Achreddy N. R. 1982. The influence in the growth and Nitrogen asimilation of developing fruit on bell pepper. Abstrac in Hort. Science. Vol. 17(4) p. 635.
- Adams, P. 1986. Mineral nutrition. In. The tomato crop. By Atherton J.G. and Rudich (Ed.) Chapman and Hall. London Great Britain. 661 pp.
- Aguilera C, M. y R. Martínez, E. 1996. Relación - agua - suelo - planta - atmósfera. Departamento de Irrigación. UACH. Chapingo, Méx. 321 pp.
- Aloni, B; L. Karni; Z. Zaidman; Y. Riov; M. Huberman; R. Goren. 1994. The susceptibility of pepper (*Capsicum annuum*) to heat induced flower abscission: possible involvement of ethylene. Journal of Horticultural Science. 69: (5) 923-928.
- Aloni, B; L. Karni; I. Rylski. 1995. Inhibition of heat induced pepper (*Capsicum annuum*) flower abscission and induction of fruit malformation by silver thiosulphate. Journal of Horticultural Science. 70: (2) 215-220.
- Anderlini, R. 1989. El cultivo del jitomate. Ed. CECSA. Barcelona, España. 352 pp.
- Arkle Jr, T. D. and H. Y. Nakasone. 1984. Floral differentiation in the hermaphroditic papaya. HortScience 19(6):832 - 834.
- Atherton J. G. and G. P. Harris. 1986. Flowering in tomato crop. Atherton J. G. and J. Rudich (Ed.) Chapman and Hall. London England. 167 - 200 p.

- Aung, L.H. 1978. Temperatura regulation on growth and development of tomato during ontogeni. En First International Symposium on tropical tomato. Asian Vegetable Research and development Center. (AVRDC) Shanhua, Taiwan, China. 79-89 pp.
- Basoccu, L; S. Nicola ; A. F.Abou Hadid (ed.); A.R. Smith . 1993. Effect of nutrition and substrate water content on growth under protection of pepper seedlings and on fruit production in the field. Symposium on soil and soilless media under protected cultivation in mild winter climates. Cairo, Egypt. 1-6 Mar. 1992. Acta Horticulturae. No. 323: 121-127.
- Bennet, D. and G.W. Kirby. 1968. constitution y biosynthesis of *Capsicum*. J. Chem. Soc. (C): 442- 446.
- Bohinski P. R. C. 1978. Bioquímica. Editorial FEI. 2ª. Edición México, D.F. p. 454-457.
- Calvert, A. 1966. Flower iniciation and development in tomato. NAAS. Quart. Rev. 70:7988. Resumen en Hort. Abst. 36:361.
- Carlson P, S. 1990. Biología de la productividad de los cultivos. Trad. por Mercedes de la Garza Curcho. AGT Editor S.A. México D.F. 403 pp.
- Chen F.H; W.Y. Zhang; G.B. Wu. 1994. Physiological response of alternating - temperature treated sweet peppers to chilling stress. Acta Horticulturae Sinica. 21:(4) 351-356.
- Choe J.S; Y.C. Um ; K.H. Kang; W.S. Lee. 1994. The effects of night temperature and duration of the nursery period on the quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) seedlings. Journal of the Korean Society for . Horticultural Science. 35: (1) 1-11.

- Cisneros L, M. E. 1988. Susceptibilidad del daño por frío en aguacate (*Persea americana* L.) Tesis Profesional. Departamento Agroindustrial. UACH. Chapingo, Méx. 86 pp
- Contreras M, E. 1996. Efecto del metanol y auxinas, sobre procesos fisiológicos y componentes del rendimiento en jitomate (*Lycopersicum sculentum* Mill.). Tesis M.C. Horticultura. UACH. Chapingo, Méx. 129 pp.
- Czarnowski M; S. Cebula. 1994. Solar spectral irradiance in cultivated plants under cover in a submontane region. III. Sweet pepper plants in the plastic tunnels. *Folia Horticulturae*. 6: (2) 25-34.
- Daubenmire R, F. 1988. Ecología vegetal. Ia. Ed. Primera edición en inglés 1979. Ed. Limusa. México, D.F. 425 pp.
- Dae J. And W.F. Campbell. 1978. Response of tomato plants to stressful temperatures. *Plant Phisiol*. 67:26-29.
- Denisen E, L. 1987. Fundamentos de Horticultura. Ed. Limusa. México, D: F: 604 pp.
- Dennis, F. G. Jr. 1986. Aple. En: S. P. Monselise (Ed). CRC Handbook of fruit set development. CRC Press Boca Ratón Florida.
- Edmod J, B.; T. L. Senn; F. S. Adrews. 1967. Principios de Horticultura. Ed. CECSA. México, D. F. 575 pp.
- Escalante E, J. S. 1980. Efecto del sombreado artificial sobre el rendimiento y sus componentes en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Michoacán T2-A-3. Tesis M.C. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Méx. 78 pp.

- Gómez L, J. C. 1989. Estudio de adaptabilidad de 5 cultivares de chile morrón (*Capsicum annuum* L.), en Marín, N. L. en la primavera de 1988. Tesis profesional. Fac. Agronomía. UANL. 76 pp.
- García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen, para adaptarlo a la República Mexicana. UNAM. Méxco. 192 pp.
- Giulivo C; A. Pitacco; G. J. López. 1993. Effect of water stress on canopy architecture of *Capsicum annuum* L. International symposium on irrigation of horticultural crops. Almeria, Spain. 23-27 Nov. 1992. Acta Horticulturae. No. 335: 197-203.
- Gonzalez I, A. 1991. El jitomate (*Lycopersicum esculentum* Hill). Aspectos relevantes para su cultivo en México. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, Méx. 708 pp.
- Graham H. A. H; D. R. Decoteau. 1995. Regulation of bell pepper seedling growth with end of day supplemental fluorescent light. HortScience. 30: (3) 487-489.
- Guenkov G, 1974. Fundamentos de la horticultura Cubana. Ed. Organismos. Instituto Cubano del libro. La Habana, Cuba. 355 pp.
- Gulati, J. M. L; M.M. Mishra; J.C. Paul; G.S. Sahu. 1995. Production potential of chilli (*Capsicum annuum* L.) under levels of irrigation and nitrogen. Indian Journal of Agronomy. 40: (1) 145-146.
- Heiser, D. V. and Pickershill D. 1969. Names for the cultivated *Capsicum* species (Solanacea). Taxon. 18:277-283.

- Higuera C, P. 1979. Fenología de la floración de chile ancho, mulato y pasilla (*Capsicum annuum* L.) subespecie *grosun* y *longum* bajo condiciones de invernadero. Tesis profesional. ITESM. Unidad Queretaro. 79 pp.
- Huerres P, C. y L.N. Caraballo 1985. Hortalizas. Fac. Ciencias Agrícolas. Universidad de las Villas Cuba. 34 - 39 pp.
- Hussey, C. 1966. Growth and development in the young tomato III. The effect of night and day temperature on vegetative growth. J.Exp.Bot. 16: 373 - 385. Resumen en Hort.Abst. 36:142.
- IBPGR. International Board for Plant genetic Resources. 1983. Genetic Resources of *Capsicum* IBPGR, Secretariat Rome. P. 5.
- Ito , N.; H. Mayase; T. Satake and I. Nishiyama. 1970. Male sterility caused by cooling treatment at meiotic stage in rice plants. III. Male normalities at anthesis. Proc. Crop. Sci. Jap. 39:60 - 64.
- Iwahori, S. 1966. High temperature injuries in tomato IV. Development of normal flower buds, treated with high temperature. Jap. Soc. Hort. Sc. 34:3341 Resumen en Hort. Abst. 36:142.
- Jaafar H; C.R. Black; J.G. Atherton. 1994. Water relations, dry matter distribution and reproductive development of sweet pepper (*Capsicum annuum*). Efficiency of water use in crop systems. Reading, UK. 6 - 8 July 1994. Aspects of Applied Biology. No. 38: 299-306.
- James W, O. 1967. Introducción a la Fisiología vegetal. Ed. Omega. España. 242 pp.

- Jeong C.S; K.C. Yoo; M. Nagaoka; S. Imada. 1995. Effect of light intensities, night temperatures and CO₂ treatments on production of mature-green peppers. Journal of the Korean Society for Horticultural Science. 36: (2) 211-217.
- Jiménez M., J. N. 1989. Aspectos generales sobre la germinación de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.). Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, Méx. 71 pp.
- Juárez M, F. 1998. Visita a cuatro regiones productoras de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) en México. Reporte de estancia en campo. Maestría en Ciencias en Horticultura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, Méx. Agosto, 1998.
- Katerji N; M. Mastrorilli; A. Hamdy; G. J. López. 1993. Effects of water stress at different growth stages on pepper yield. International symposium on irrigation of horticultural crops. Almeria, Spain. 23-27 Nov. 1992. Acta Horticulturae. No. 335: 165-171.
- Krebs, C. J. 1978. Ecology. Ed. Internatioanl 2ª. Ed. USA. 678 pp.
- Knavel, D. E. 1977. The influence of N on pepper transplant growth and yielding potential of plant grown defferents levels of soil N. Jour. Amer. Soc. Hort. Sci. 102 (5):533-535
- Laborde C, J. A. 1982. Pasado y presente del chile en México. SARH-INIA México. Publicación especial No. 85. Folleto. 80 pp
- Lewis, D. 1953. Some factors effecting flowers productions in the tomato. Joyr. Hort. Sc. 28:207 - 219. Resúmen en Hort. Abst. 23:630.

- Lira S,R.H. 1994. Fisiología vegetal. Editorial Trillas. México, D. F. 237 pp.
- Long S, J. 1986. *Capsicum* y cultura. La historia. Fondo de cultura económica. México, D. F. 181 pp.
- Maroto B, J. V. 1989. Horticultura herbácea especial. 3ª edición ampliada Ed. Mundi - prensa. Madrid, España. 566 pp.
- Márquez S, F. 1974. El problema de la interacción genético - ambiental en genotecnia vegetal. Fitotecnia. Chapingo, Méx. 113 pp.
- _____ 1985. Genotecnia vegetal. Tomo I Ed. AGT Editor México, D. F. 357 pp.
- Miranda C, M. L. 1996. Efecto de la aplicación de baja temperatura en jitomate (*Licopersicum esculentum* L.). Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. UACh. Chapingo, Méx. 89 pp.
- Mosso O, M. R. 1994. Zonificación agroclimática para el cultivo de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) en la Sierra Norte de Puebla. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACh. Chapingo, Méx. 67 pp.
- Murillo J. 1989. El cultivo de chile en México. Monografía para la cátedra de horticultura. FES - Cuautitlán Izcalli, Méx. 102 pp.
- Nuez V, F.; R. Gil O. y J. Costa, G. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajies. Ed. Mundi - prensa. México. 607 pp.

- Palacios V, E. y A. Martínez G. 1978. Respuesta en el rendimiento de los cultivos a diferentes niveles de humedad del suelo. Un enfoque metodológico de investigación. SARH. C. P. Chapingo, Méx. 149 pp.
- Papadoulos, A. P. and H. Tiessen. 1983. Root and air temperatura affects on the flowering and yield of tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(5) 805-809.
- Park, S. K. and L. Jeong. 1977. The effects of shading on blossom and fruit drop in hot pepper (*Capsicum annuum* L.) Research. Reports on the Office rural Development. Horticulture Agri-Engineenig. 18: 1- 8.
- Pérez G, M.; R. Castro B. y M. Rivera Y. 1996. Distribución y descripción morfológica de colectas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) en México. Memorias del XVI Congreso de Fitogenética. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. p. 110.
-
1998. Guía para la producción intensiva de chile manzano. Boletín de divulgación No. 1 Programa Nacional de Investigación en Olericultura. Departamento de Fitotecnia. UACh. Chapingo, Méx. 17 p.
- Polowick, P.L. and V. K. Sawhney. 1985. Temperature effects on male fertility and flower and fruit development in *Capsicum annuum* L. Scientia Horticulture. 25 : 117-127.
- Pozo C., O. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en Chile. SARH-INIA. México. 20 pp.
- Raymond, A. T. G. 1989. Produccion de semillas de plantas hortícolas. Ed. Mundi - prensa. Madrid España. 330 pp.

- Resh H, M. 1972. Cultivos hidropónicos: nuevas técnicas de producción. Ed. Mundi - prensa. Madrid, España. 330 pp.
- Rivera Y, M. 1996. Colecta y caracterización de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.). Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, Méx. 57 pp.
- Robledo P, A. 1991. Aplicación de la biotecnología al cultivo de Chile (*Capsicum annum* L.). I. Efecto del origen del explante sobre la producción de capsaisinoides y la respuesta morfogénica In vitro. Tesis M.C. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Méx. 101 pp.
- Rodriguez M, R. 1988. Evolución del sistema reproductivo de *Capsicum annum* L. Tesis M.C. Centro de Genética. C. P. Montecillos, Méx. 113 pp.
- Rojas D, J. S. 1991. Evaluación de cuatro cultivares de chile serrano (*Capsicum annum* L.) bajo dos densidades de población en Martín, N.L. en el ciclo primavera - verano. Tesis profesional. UANL. Méx. 87 pp.
- Rojas L, P. C. 1997. Influencia de la intensidad luminosa en el comportamiento vegetativo y reproductivo de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) Tesis M. C. en Horticultura. UACH. Chapingo, Méx. 90 pp.
- Rylski, Y; B. Alono; L. Karmi; Z. Zaidman; K. E. Cockshull (Ed.); Y. Tuzel (Ed.); A. Gull. 1994. Flowering fruit development and quality under diferentes enviromental conditions in tomato and pepper crops. Second symposium on protected cultivation of splanacea in mild winter climates. Adana, Turkey 13 - 16 april 1993. Acta horticulture. 366: 45 - 55.
- Ryugo, K. 1988. Fruit Culture. Its Science and Art. John Wiley and Sons. New York.

- SAGAR. 1996. Centro de estadística agropecuaria. Anuario estadístico de la producción agrícola en los Estados Unidos Mexicanos. Tomo I 601 pp.
- Sahagún C, J. 1992. El ambiente, el genotipo y su interacción. Revista Chapingo. 79 - 80:5 - 12.
- Salisbury R, y F. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Ed. Grupo Interamericano. 4ª. Ed. México. D. F. 346 pp.
- Serrano C, Z. 1978. Tomate, pimiento y berengena. Publicación de extensión agrícola No. 27. Madrid, España. Pag. 161 - 212.
- Shifriss C; M. Pilowsky ; B. Aloni. 1994. Variation in flower abscission of peppers under stress shading conditions. Euphytica. 78: (1-2) 133-136.
- Smith, P.G. and C. B. Heiser. 1957. Taxonomy of *Capsicum chinense* Jacq. and the geographical distribution in the cultivated capsicum species. Bull. Torrey Bot. Club. 84:413-420.
- Suzuki, T.; H. Fujiwake and K. Iwai. 1980. Intracellular localization of *Capsicum* and its analogues, capsaicinoid in capsicum fruit. Y microscopic investigation of the structure of the placenta of *Capsicum annuum* var. *annuum* cv. Karayatsubusa. Plant and Cell Physiol. 21(5):839 - 853.
- Takagaki M; S. Sato; T. Ito. 1993. Effect of high temperature treatment on growth and net photosynthetic rate of four pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. Japanese Journal of Tropical Agriculture. 37:(3) 191-196.

Terán S. G; R. K. Mait; E. J. G. Almanza; P. J. L. Hernández. (1994). Photoperiodic response of wild chili "chile piquin" (*Capsicum annuum* var. *aviculare* Dierb.) *Phyton* Buenos Aires. 56: 113-118.

Tisdale S, L. y N. Werner. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Ed. UTEHA S. A. de C. V. México. 760 pp.

Valadez L, A. 1989. Producción de hortalizas. Ed. Limusa. Mexico D.F. 297 pp.

Wareing, P. F. and A.G. Thompson. 1985. Rapid effects of red light on hormone levels. Edit. Springer - Verlag. N.Y. 367 pp.

Yaqub, C. M. and Smith, P. G. 1971. Nature and inheritance of self-incompatibility in *Capsicum pubescens* and *C. cardensi*. *Hilgardia*. 40:459-470.

Yoshioka, H. 1986. Translocation and distribution of photosynthesis in tomato plants. *JARQ. Japan Agricultural Research Quarterly*. 19:(4) 266-270.

7. APENDICE

Cuadro A13. Analisis de varianza ($p=0.05$) para frutos de chile manzano de un l6culo (F1L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, M6x. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	0.20	0.10	0.11	0.896	NS
T	1	2.70	2.70	2.96	0.088	NS
S	2	0.61	0.30	0.34	0.713	NS
H	1	4.03	4.03	4.43	0.037	*
T*S	2	2.15	1.07	1.18	0.311	NS
T*H	1	0.53	0.53	0.59	0.446	NS
S*H	2	3.01	1.5	1.66	0.196	NS
T*S*H	2	0.01	0.008	1.01	0.990	NS
ERROR	106	96.60	0.911			
TOTAL	119	109.86				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa

T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A14. An6lisis de varianza ($p=0.05$) para frutos de chile manzano con dos l6culos (F2L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, M6x. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	332.08	166.04	1.59	0.208	NS
T	1	6049.20	6049.20	58.04	0.0001	**
S	2	1111.65	555.82	5.33	0.006	**
H	1	108.30	108.30	1.04	0.310	NS
T*S	2	30.05	15.02	0.14	0.865	NS
T*H	1	770.13	770.13	7.39	0.007	**
S*H	2	116.25	58.12	0.56	0.574	NS
T*S*H	2	208.71	104.35	1.00	0.370	NS
ERROR	106	11047.31	104.21			
TOTAL	119	19773.70				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa

T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A15. Análisis de varianza ($p=0.05$) para frutos de chile manzano con tres lóculos (F3L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	24.53	12.26	0.10	0.902	NS
T	1	2832.40	2832.40	23.78	0.0001	**
S	2	1023.35	511.67	4.30	0.0161	*
H	1	500.20	500.20	4.20	0.0429	*
T*S	2	2180.11	1090.05	9.15	0.0002	**
T*H	1	696.00	696.00	5.84	0.0173	*
S*H	2	3755.11	1877.55	15.77	0.0001	**
T*S*H	2	537.01	268.50	2.25	0.1099	NS
ERROR	106	12623.36				
TOTAL	119	24172.12				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A16. Análisis de varianza ($p=0.05$) para frutos de chile manzano con cuatro lóculos (F4L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	92.68	46.34	1.98	0.1434	NS
T	1	97.20	97.20	4.15	0.0442	*
S	2	366.21	183.10	7.82	0.0007	**
H	1	12.03	12.03	0.51	0.4752	NS
T*S	2	344.15	172.07	7.34	0.0010	**
T*H	1	168.03	168.03	7.17	0.0086	**
S*H	2	151.81	75.90	3.24	0.0431	*
T*S*H	2	49.81	24.90	1.06	0.3490	NS
ERROR	106	2483.51	23.42			
TOTAL	119	3765.46				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A17. Análisis de varianza ($p=0.05$) para tamaño de fruto de chile manzano (TF).
Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	161.30	80.65	1.80	0.171	NS
T	1	948.83	948.83	21.13	0.0001	**
S	2	298.32	149.16	3.32	0.0399	*
H	1	40.59	40.59	0.90	0.3439	NS
T*S	2	48.33	24.16	0.54	0.5855	NS
T*H	1	91.59	91.59	2.04	0.1562	NS
S*H	2	160.88	80.44	1.79	0.1718	NS
T*S*H	2	228.08	114.04	2.54	0.0837	NS
ERROR	106	4760.82	44.91			
TOTAL	119	6738.77				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A18. Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con un lóculo (SPN1L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	41.57	20.78	0.52	0.5945	NS
T	1	72.07	72.07	1.81	0.1812	NS
S	2	150.61	75.30	1.89	0.1557	NS
H	1	72.07	72.07	1.81	0.1812	NS
T*S	2	163.55	81.77	2.06	0.1331	NS
T*H	1	85.00	85.00	2.14	0.1468	NS
S*H	2	163.55	81.77	2.06	0.1331	NS
T*S*H	2	150.61	75.30	1.89	0.1557	NS
ERROR	106	4216.92	39.78			
TOTAL	119	5115.99				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A19. Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización manual en frutos de chile manzano con un lóculo (SPM1L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	120.57	60.28	0.75	0.4745	NS
T	1	60.20	60.20	0.75	0.3885	NS
S	2	78.81	39.40	0.49	0.6136	NS
H	1	60.20	60.20	0.75	0.3885	NS
T*S	2	179.61	89.80	1.12	0.3307	NS
T*H	1	161.00	161.00	2.00	0.1597	NS
S*H	2	179.61	89.80	1.12	0.3307	NS
T*S*H	2	78.81	39.40	.049	0.6136	NS
ERROR	106	8513.12	80.31			
TOTAL	119	9431.99				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A20. Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con dos lóculos (SPN2L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	822.08	411.04	1.30	0.2780	NS
T	1	27968.53	27968.53	88.16	0.0001	**
S	2	1797.05	898.52	2.83	0.0633	NS
H	1	20.00	30.00	0.09	0.7591	NS
T*S	2	1556.11	778.05	2.45	0.0909	NS
T*H	1	300.83	300.83	0.95	0.3324	NS
S*H	2	975.05	487.52	1.54	0.2198	NS
T*S*H	2	2007.91	1003.95	3.16	0.0462	*
ERROR	106	33628.11	317.24			
TOTAL	119	69085.70				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A21. Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización manual en frutos de chile manzano con dos lóculos (SPM2L). Observados bajo condiciones de invernadero Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	538.45	269.22	0.45	0.6372	NS
T	1	18327.40	18327.40	30.81	0.0001	**
S	2	3302.06	1651.03	2.78	0.0669	NS
H	1	279.07	279.07	0.47	0.4949	NS
T*S	2	1357.86	678.93	1.14	0.3233	NS
T*H	1	106.86	106.40	0.18	0.6732	NS
S*H	2	255.80	127.90	0.21	0.8069	NS
T*S*H	2	2198.86	1099.43	1.85	0.1626	NS
ERROR	106	63062.04	594.92			
TOTAL	119	89427.99				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A22. Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con tres lóculos (SPN3L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	4545.61	2272.80	4.88	0.0094	**
T	1	4928.00	4928.00	10.59	0.0015	**
S	2	129.35	64.67	0.14	0.8704	NS
H	1	72.07	72.07	0.15	0.6947	NS
T*S	2	747.61	373.80	0.80	0.4507	NS
T*H	1	291.40	291.40	0.63	0.4306	NS
S*H	2	181.35	90.67	0.19	0.8233	NS
T*S*H	2	929.21	464.60	1.00	0.3720	NS
ERROR	106	49343.28	464.50			
TOTAL	119	61167.92				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A23. Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización manual en frutos de chile manzano con tres lóculos (SPM3L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	3856.70	1928.35	4.06	0.0199	NS
T	1	13335.20	13335.20	28.11	0.0001	**
S	2	133.26	66.63	0.14	0.8691	NS
H	1	10.20	10.20	0.02	0.8837	NS
T*S	2	213.26	106.63	0.22	0.7991	NS
T*H	1	15.40	15.40	0.03	0.8573	NS
S*H	2	2932.46	1466.23	3.09	0.0496	*
T*S*H	2	141.86	70.93	0.15	0.8613	NS
ERROR	106	50292.19	474.45			
TOTAL	119	70930.59				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A24. Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con cuatro lóculos (SPN4L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	3233.83	1616.91	3.54	0.0324	*
T	1	255.20	255.20	0.56	0.4562	NS
S	2	157.91	78.95	0.17	0.8413	NS
H	1	612.00	612.00	1.34	0.2494	NS
T*S	2	3866.01	1933.00	4.24	0.0170	*
T*H	1	1098.07	1098.07	2.41	0.1238	NS
S*H	2	3822.81	1911.40	4.19	0.0177	*
T*S*H	2	994.65	497.32	1.09	0.3400	NS
ERROR	106	48368.06	456.20			
TOTAL	119	62408.59				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A25. Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de semillas de polinización manual en frutos de chile manzano con cuatro lóculos (SPM4L). Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	5397.35	2698.67	3.14	0.0473	*
T	1	0.20	0.20	0.00	0.9876	NS
S	2	4835.01	2417.50	2.81	0.0645	NS
H	1	1976.40	1976.40	2.30	0.1323	NS
T*S	2	2207.71	1103.85	1.28	0.2810	NS
T*H	1	525.00	525.00	0.61	0.4361	NS
S*H	2	2130.21	1065.10	1.24	0.2936	NS
T*S*H	2	11278.71	5639.35	6.56	0.0021	**
ERROR	106	91067.34	859.12			
TOTAL	119	119417.99				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A26. Análisis de varianza ($p=0.05$) de peso de fruto (PF) de chile manzano. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	102.02	51.04	1.92	0.151	NS
T	1	136.84	136.84	5.15	0.025	*
S	2	150.31	75.15	2.83	0.236	NS
H	1	43.78	43.078	1.65	0.202	NS
T*S	2	88.02	44.01	1.66	0.195	NS
T*H	1	28.65	28.65	1.08	0.201	NS
S*H	2	134.81	67.40	2.54	0.083	NS
T*S*H	2	131.24	65.62	2.47	0.089	NS
ERROR	106	2816.88	26.57			
TOTAL	119	3632.59				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A27. Análisis de varianza ($p=0.05$) para número de frutos (NF) de chile manzano. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	414.05	207.02	0.68	0.51	NS
T	1	20306.00	20306.00	66.42	0.0001	**
S	2	5400.35	2700.17	8.83	0.0003	**
H	1	1463.00	1463.00	4.79	0.0309	*
T*S	2	4986.51	2493.25	8.16	0.0005	**
T*H	1	118.00	118.00	0.39	0.5357	NS
S*H	2	7039.11	3519.55	11.51	0.0001	**
T*S*H	2	1447.01	723.50	2.37	0.0987	NS
ERROR	106	32406.84	305.72			
TOTAL	119	73580.92				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A28. Análisis de varianza ($p=0.05$) para rendimiento (REN) de chile manzano. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F	SIG.
BLO	2	11064.64	5532.32	.004	0.9581	NS
T	1	13846919.35	12846919.35	107.25	0.0001	**
S	2	759714.75	379857.37	2.94	0.0571	NS
H	1	54081.30	54081.30	0.42	0.5189	NS
T*S	2	392770.68	196385.64	1.52	0.2232	NS
T*H	1	14570.64	14570.64	0.11	0.7376	NS
S*H	2	1202096.71	301048.36	4.66	0.0115	*
T*S*H	2	206983.47	103491.73	0.80	0.4513	NS
ERROR	106	13685536.88				
TOTAL	119	30173738.43				

* = $p \leq 0.05$ ** = $p \leq 0.01$ NS = No significativa
T = Temperatura S = Sombra H = Humedad del sustrato

Cuadro A29. Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - humedad en el sustrato, de la variable frutos de chile manzano con dos lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

T	H=70%	T	H=80%
20°C	26.16 a	20°C	33.13 a
30°C	17.03 b	30°C	13.86 b

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

T = Temperatura H = Humedad en el sustrato

Cuadro A30. Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - sombra, de la variable frutos de chile manzano con tres lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

T	S=0%	T	S=30%	T	S=70%
20°C	44.80 a	20°C	33.35 a	20°C	30.55 a
30°C	23.40 b	30°C	32.05 a	30°C	24.10 b

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

T = Temperatura S = Sombra

Cuadro A31. Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - humedad en el sustrato, de la variable frutos de chile manzano con tres lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero.. Chapingo, Méx. 1998.

T	H=70%	T	H=80%
20°C	36.60 a	20°C	35.86 a
30°C	22.06 b	30°C	30.96 a

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

T = Temperatura H = Humedad en el sustrato

Cuadro A32. Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción sombra - humedad en el sustrato, de la variable número de frutos de chile manzano con tres lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

S	H=70%	S	H=80%
70%	33.15 a	30%	39.40 a
0%	28.85 a	0%	39.35 a
30%	26.00 a	70%	21.50 b
Dms	8.19		8.19

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

S = sombra H = humedad en el sustrato. Dms = Diferencia mínima significativa

Cuadro A33. Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - sombra, de la variable número de frutos de chile manzano con cuatro lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

T	S=0%	T	S=30%	T	S=70%
20°C	10.00 a	30°C	6.15 a	20°C	2,70 a
30°C	3.50 b	20°C	4.80 a	30°C	2.45 b

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

T = Temperatura S = Sombra

Cuadro A34. Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - humedad en el sustrato, de la variable número de frutos de chile manzano con cuatros lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

T	H=70%	T	H=80%
20°C	6.70 a	30°C	5.53 a
30°C	3.53 b	20°C	4.96 a

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

T = Temperatura H = Humedad en el sustrato

Cuadro A35. Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción sombra - humedad en el sustrato, de la variable número de frutos de chile manzano con cuatro lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

S	H=70%	S	H=80%
0%	6.75 a	30%	7.30 a
30%	3.65 a	0%	6.75 a
70%	3.45 a	70%	1.70 b
Dms	3.62		3.62

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

S = sombra H = humedad en el sustrato. Dms = Diferencia mínima significativa

Cuadro A36. Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción sombra - humedad en el sustrato, de la variable número de semillas de polinización manual en frutos de chile manzano con tres lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

S	H=70%	S	H=80%
70%	55.55 a	0%	54.05 a
30%	49.65 a	30%	49.70 a
0%	41.10 a	70%	44.30 a
Dms	16.36		16.36

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

S = sombra H = humedad en el sustrato. Dms = Diferencia mínima significativa

Cuadro A37. Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - sombra, de la variable número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano con cuatro lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

T	S=0%	T	S=30%	T	S=70%
30°C	20.40 a	30°C	14.25 a	20°C	18.80 a
20°C	6.30 b	20°C	6.95 a	30°C	6.15 a

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

T = Temperatura S = Sombra

Cuadro A38. Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción sombra - humedad en el sustrato, de la variable número de semillas de polinización natural en frutos de chile manzano de cuatro lóculos. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

S	H=70%	S	H=80%
30%	18.00 a	0%	18.95 a
70%	17.45 a	70%	7.50 a
0%	7.75 a	30%	3.70 a
Dms	16.02		16.02

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

S = sombra H = humedad en el sustrato. Dms = Diferencia mínima significativa

Cuadro A39. Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción temperatura - sombra, de la variable número de frutos de chile manzano. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

T	S=0%	T	S=30%	T	S=70%
20°C	84.35 a	20°C	72.50 a	20°C	59.85 a
30°C	40.40 b	30°C	58.30 b	30°C	39.95 b

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

T = Temperatura S = Sombra

Cuadro A40. Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción sombra - humedad en el sustrato, de la variable número de frutos de chile manzano. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

S	H=70%	S	H=80%
70%	57.00 a	30%	76.15 a
0%	55.55 a	0%	69.20 a
30%	54.65 a	70%	42.80 b
Dms	13.13		13.13

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

S = sombra H = humedad en el sustrato. Dms = Diferencia mínima significativa

Cuadro A41. Prueba de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para la interacción sombra - humedad en el sustrato, de la variable rendimiento de fruto de chile manzano. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

S	H=70%	S	H=80%
70%	1219.91 a	30%	1412.75 a
0%	1206.64 a	0%	1310.85 a
30°%	1161.91 a	70%	992.24 b
Dms	269.94		269.94

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas.

S = sombra H = humedad en el sustrato. Dms = Diferencia mínima significativa

Cuadro A42. Lecturas tomadas con fotómetro portátil en diferentes días y horas, de la Intensidad de luz (footcadle) en los tratamientos de chile manzano. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

Fecha	Cubículo a 20°C			Cubículo a 30°C			Exterior	Hora del día
	% Sombra			% Sombra				
	0	30	70	0	30	70		
5-jul-98	3698	3156	2482	4392	3714	2112	5003	14:50
8-jul-98	1603	1508	770	2464	2318	1232	3676	10:10
10-jul-98	3688	2788	1432	3636	3612	1538	4672	13:45
22-jul-98	4022	3660	2088	4190	3316	2380	5303	12:00

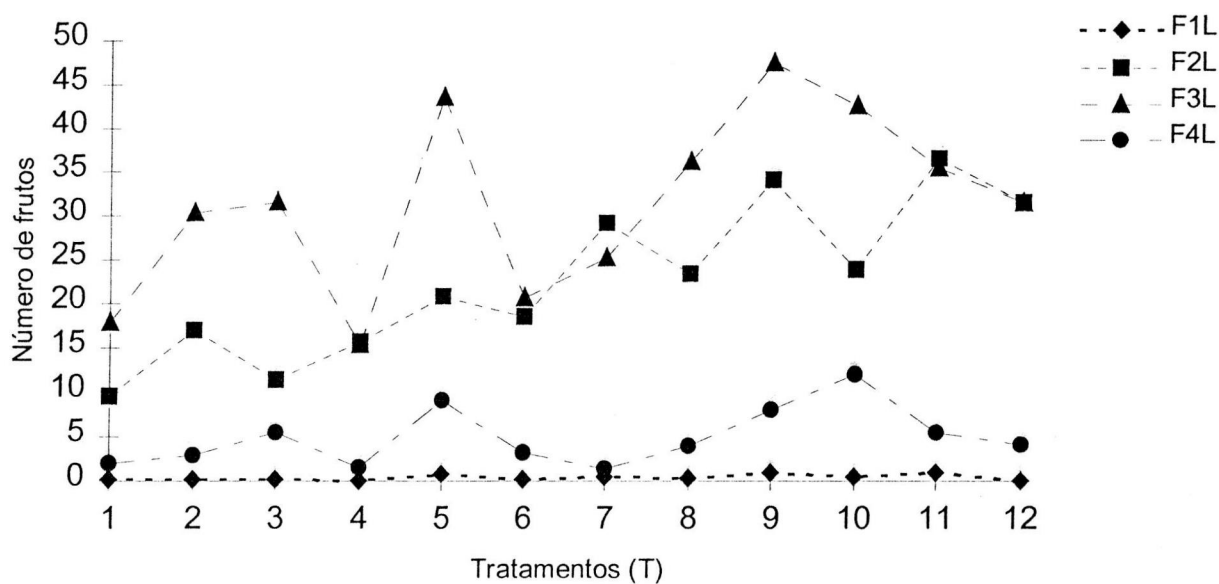


Fig. A15. Número de frutos de chile manzano con diferente número de lóculos. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx., 1998.

F1L= Frutos con un lóculo F3L= Frutos con tres lóculos
 F2L= Frutos con dos lóculos F4L= Frutos con cuatro lóculos
 T1=30°C, 70% sombra, 80% humedad del sustrato
 T2=30°C, 70% sombra, 70% humedad del sustrato
 T3=30°C, 0% sombra, 80% humedad del sustrato
 T4=30°C, 0% sombra, 70% humedad del sustrato
 T5=30°C, 30% sombra, 80% humedad del sustrato
 T6=30°C, 30% sombra, 70% humedad del sustrato
 T7=20°C, 70% sombra, 80% humedad del sustrato
 T8=20°C, 70% sombra, 70% humedad del sustrato
 T9=20°C, 0% sombra, 80% humedad del sustrato
 T10=20°C, 0% sombra, 70% humedad del sustrato
 T11=20°C, 30% sombra, 80% humedad del sustrato
 T12=20°C, 30% sombra, 70% humedad del sustrato

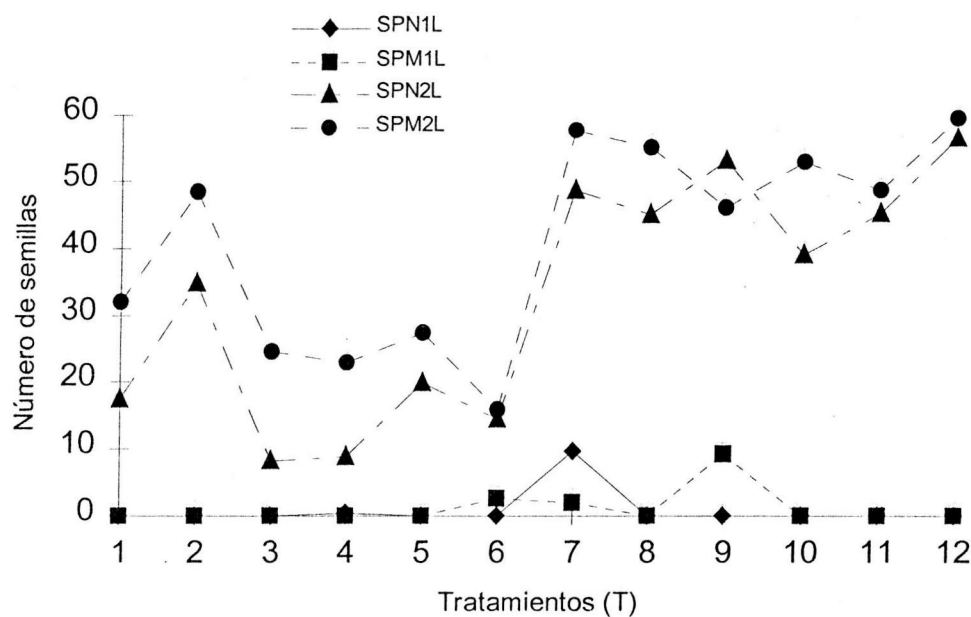


Fig. A16. Número de semillas de polinización natural y manual en frutos de chile manzano con uno y dos lóculos, observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

SPN1L=Semillas de polinización natural en frutos de uno lóculos

SPM1L=Semillas de polinización manual en frutos de uno lóculos

SPN2L=Semillas de polinización natural en frutos de dos lóculos

SPM2L=Semillas de polinización manual en frutos de dos lóculos

T1=30°C, 70% sombra, 80% humedad del sustrato

T2=30°C, 70% sombra, 70% humedad del sustrato

T3=30°C, 0% sombra, 80% humedad del sustrato

T4=30°C, 0% sombra, 70% humedad del sustrato

T5=30°C, 30% sombra, 80% humedad del sustrato

T6=30°C, 30% sombra, 70% humedad del sustrato

T7=20°C, 70% sombra, 80% humedad del sustrato

T8=20°C, 70% sombra, 70% humedad del sustrato

T9=20°C, 0% sombra, 80% humedad del sustrato

T10=20°C, 0% sombra, 70% humedad del sustrato

T11=20°C, 30% sombra, 80% humedad del sustrato

T12=20°C, 30% sombra, 70% humedad del sustrato

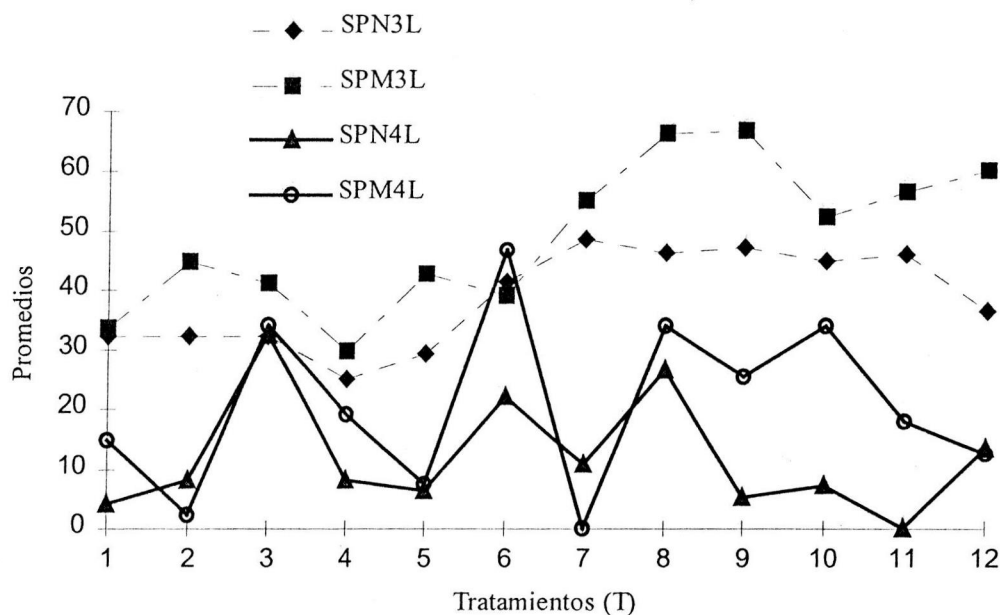


Fig. A17. Número de semillas de polinización natural y manual en frutos de chile manzano con tres y cuatro lóculos. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998.

SPN3L=Semillas de polinización natural en frutos de tres lóculos

SPM3L=Semillas de polinización manual en frutos de tres lóculos

SPN4L=Semillas de polinización natural en frutos de cuatro lóculos

SPM4L=Semillas de polinización manual en frutos de cuatro lóculos

T1=30°C, 70% sombra, 80% humedad del sustrato

T2=30°C, 70% sombra, 70% humedad del sustrato

T3=30°C, 0% sombra, 80% humedad del sustrato

T4=30°C, 0% sombra, 70% humedad del sustrato

T5=30°C, 30% sombra, 80% humedad del sustrato

T6=30°C, 30% sombra, 70% humedad del sustrato

T7=20°C, 70% sombra, 80% humedad del sustrato

T8=20°C, 70% sombra, 70% humedad del sustrato

T9=20°C, 0% sombra, 80% humedad del sustrato

T10=20°C, 0% sombra, 70% humedad del sustrato

T11=20°C, 30% sombra, 80% humedad del sustrato

T12=20°C, 30% sombra, 70% humedad del sustrato

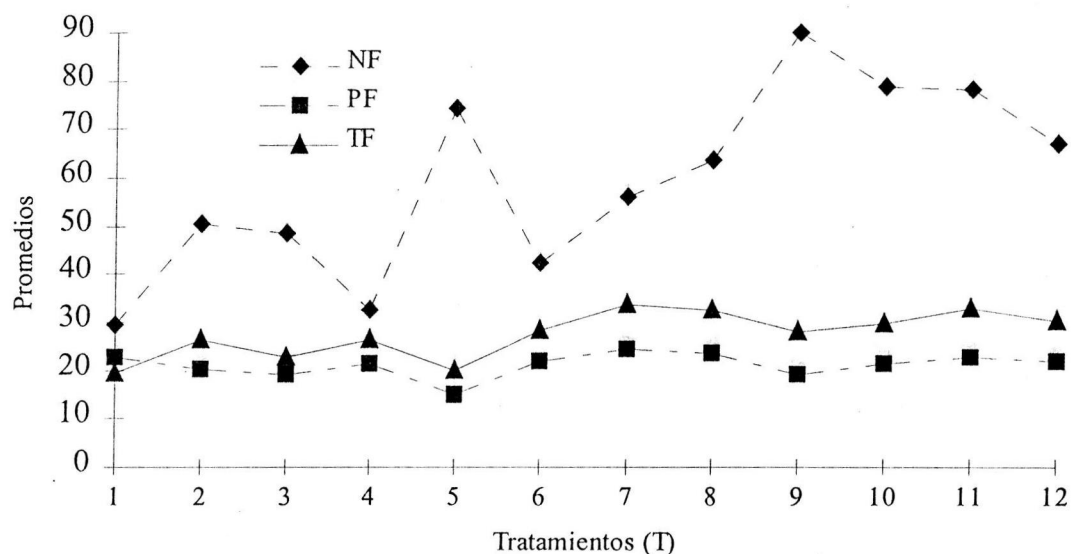


Fig. A18. Número (NF), peso (PF) y tamaño de frutos (TF), de chile manzano. Observados bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998

NF= Número de frutos PF= Peso de fruto TF= Tamaño de fruto

T1=30°C, 70% sombra, 80% humedad del sustrato

T2=30°C, 70% sombra, 70% humedad del sustrato

T3=30°C, 0% sombra, 80% humedad del sustrato

T4=30°C, 0% sombra, 70% humedad del sustrato

T5=30°C, 30% sombra, 80% humedad del sustrato

T6=30°C, 30% sombra, 70% humedad del sustrato

T7=20°C, 70% sombra, 80% humedad del sustrato

T8=20°C, 70% sombra, 70% humedad del sustrato

T9=20°C, 0% sombra, 80% humedad del sustrato

T10=20°C, 0% sombra, 70% humedad del sustrato

T11=20°C, 30% sombra, 80% humedad del sustrato

T12=20°C, 30% sombra, 70% humedad del sustrato

Cuadro A43. Correlaciones de variables evaluadas en chile manzano. Observadas bajo condiciones de invernadero. Chapingo, Méx. 1998

	F2L	F3L	F4L	TF	SPN2L	SPM2L	SPN3L	SPM3L	SPN4L	SPM4L	PF	NF	REN
T	-0.55310 **	-0.34231 **			-0.63627 **	-0.45270 **	-0.28384 **	-0.43359 **			-0.19409 *	-0.52533 **	-0.67743 **
S		-0.19965 *	-0.30886 **			0.18091				-0.20114 *			
H	0.19160 *												
F1L	0.18644 *	0.21508 *										0.26769 **	
F2L		0.33067 **			0.42209 **	0.35926 **	0.27237 **	0.33271 **				0.70905 **	0.68631 **
F3L			0.54830 **	-0.20249 *	0.27934 **		0.22959 *	0.32867 **			-0.27731 **	0.87692 **	0.65935 **
F4L										0.26569 **	-0.19558 *	0.52812 **	0.37200 **
SPN1L									0.21813 *				
SPN2L				0.35855 **		0.47961 **	0.45371 **	0.48892 **			0.23470 **	0.40853 **	0.55700 **
SPM2L							0.26201 **	0.43543 **				0.26989 **	0.33032 **
SPN3L								0.62625 **			0.22913 *	0.29540 **	0.43370 **
SPM3L				0.23728 **								0.37894 **	0.46786 **
SPN4L										0.32823 **			

* $P \leq 0.05$ ** $P \leq 0.01$

T= Temperatura H= Humedad del sustrato F2L= Frutos con dos lóculos F4L= Frutos con cuatro lóculos PF= Peso de fruto
 S= Sombra F1L= Frutos con un lóculo F3L= Frutos con tres lóculos TF= Tamaño de fruto REN= Rendimiento
 SPN2L=Semillas de polinización natural en frutos de dos lóculos
 SPM2L=Semillas de polinización manual en frutos de dos lóculos
 SPN3L=Semillas de polinización natural en frutos de tres lóculos
 SPM3L=Semillas de polinización manual en frutos de tres lóculos
 SPN4L=Semillas de polinización natural en frutos de cuatro lóculos
 SPM4L=Semillas de polinización manual en frutos de cuatro lóculos