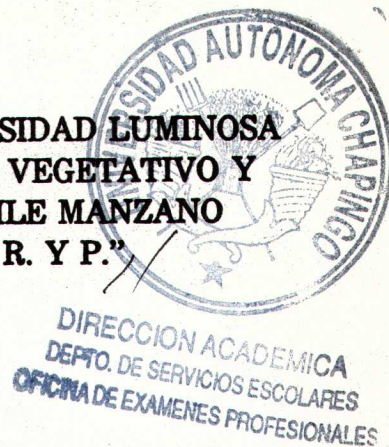




UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

"INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD LUMINOSA
EN EL COMPORTAMIENTO VEGETATIVO Y
REPRODUCTIVO DEL CHILE MANZANO
Capsicum pubescens R. Y P."



T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
P R E S E N T A
BIOL PABLO CLAUDIO ROJAS LARA



CHAPINGO, ESTADO DE MEXICO. NOVIEMBRE DE 1997,

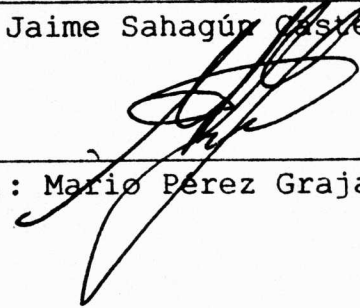
"INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD LUMINOSA EN EL COMPORTAMIENTO
VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DEL CHILE MANZANO *Capsicum*
pubescens R. y P."

Tesis realizada por Pablo Claudio Rojas Lara 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

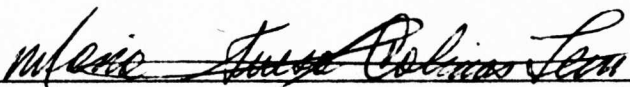

DIRECTOR: Dra. Ma. Teresa Colinas León


Asesor: Dr. Jaime Sahagún Castellanos

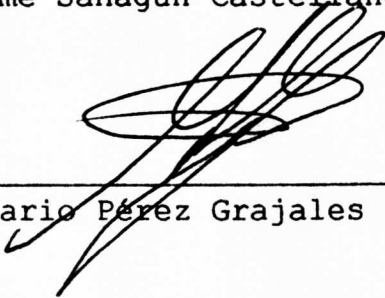

Asesor: M.C.: Mario Pérez Grajales

"INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD LUMINOSA EN EL COMPORTAMIENTO
VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DEL CHILE MANZANO **Capsicum**
pubescens R. y P."

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Pablo
Claudio Rojas Lara autor de la presente tesis de Maestría
en Ciencias en Horticultura estuvo constituido por:


Presidente: Dra. Ma. Teresa Colinas León


Asesor: Dr. Jaime Sahagún Castellanos


Asesor: M.C.: Mario Pérez Grajales

DEDICATORIA

A mi Esposa Silvia y mis hijos Pablo y Balam, por su apoyo y comprensión.

A mi Papá y Sar por sus esfuerzos que han realizado por brindarnos educación.

A mi mamá por ser mi madre.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Departamento de Fitotecnia, por el apoyo recibido para mi formación académica.

A mis asesores:

Dra. Teresa Colinas León

Dr. Jaime Sahagún Castellanos

M.C. Mario Pérez Grajales

Por su dedicación y paciencia durante la elaboración de este trabajo de tesis.

A los Profesores de la Maestría en Horticultura, quienes han dedicado su tiempo y empeño para educarnos.

A mi tía Teresa Margarita Rojas Vargas por permitirme utilizar su terreno para la construcción del invernadero.

GRACIAS

CONTENIDO	pp
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	
2.1 Objetivos	2
2.2 Hipótesis	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	
3.1 Origen y distribución	4
3.2 Clasificación y descripción botánica	5
3.3 Relación planta-ambiente	9
3.4 Competencia	11
3.5 Luz solar	12
3.6 Irradiancia	14
3.7 Duración	15
3.8 Calidad	15
3.9 Sombreado	16
3.10 Estacionalidad	18
3.11 Sombreado en chile manzano	19
3.12 Plantas de sombra	20
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	
4.1 Sitio experimental	23

4.2	Material vegetal	23
4.3	Diseño experimental y de tratamientos	24
4.4	Variables evaluadas y toma de datos	25
4.5	Análisis estadístico	29
4.6	Desarrollo del experimento	31
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1	Descripción de los análisis de varianza por variable respuesta	35
5.2	Correlaciones de las variables respuesta	60
5.3	Análisis de regresión de las variables respuesta	76
VI.	CONCLUSIONES	82
VII.	SUGERENCIAS	83
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	84
IX.	APÉNDICE	90

INDICE DE CUADROS

pp

Cuadro 1. Sistema de clasificación climática de los estados productores de chile manzano	6
Cuadro 2. Sistema de clasificación taxonómica del chile manzano según Cronquist 1981	7
Cuadro 3. Cronograma de actividades	34
Cuadro 3A. Perfil del desarrollo vegetativo y reproductivo del chile manzano	90
Cuadro 4. Significancia de los efectos de los tratamientos en nueve variables en cada uno de seis muestreos	36
Cuadro 5. Comparación de medias (Tukey) de nueve variables en cada uno de seis muestreos	53
Cuadro 6. Significancias y pruebas de Tukey de las medias de los efectos de los tratamientos evaluados en nueve variables a los 148 días después del transplante	56

Cuadro 7. Correlaciones entre las variables evaluadas en el chile manzano durante el primero y segundo muestreos	69
Cuadro 8. Correlaciones entre las variables evaluadas en el chile manzano durante el tercero y cuarto muestreos	70
Cuadro 9. Correlaciones entre las variables evaluadas en el chile manzano durante el quinto y sexto muestreos	71
Cuadro 10. Correlación general entre las variables evaluadas en el chile manzano durante 148 días después del transplante	72
Cuadro 11. Correlación entre las variables evaluadas en el muestreo destructivo en el chile manzano	73

INDICE DE FIGURAS

pp

Figura 1. Arreglo de la parcela experimental y distribución de los tratamientos en el diseño en bloques al azar	25
Figura 2. Longitud del tallo principal	36a
Figura 3. Diámetro del tallo principal	38a
Figura 4. Número de ramas del tallo principal	39a
Figura 5. Longitud de las ramas del tallo principal	41a
Figura 6. Número de vástagos del tallo principal	42a
Figura 7. Longitud de los vástagos del tallo principal	43a
Figura 8. Número de ramas de los vástagos	44a
Figura 9. Longitud de las ramas de los vástagos	47a
Figura 10. Número de flores	49a

RESUMEN

Rojas Lara Pablo Claudio

Influencia de la intensidad luminosa en el comportamiento vegetativo y reproductivo del chile manzano *Capsicum pubescens* R y P

Se evaluó el comportamiento vegetativo y reproductivo del chile manzano *Capsicum pubescens* R y P en cinco niveles de irradiación (100, 70, 50, 30 y 10%) en términos de su efecto en la producción intensiva de esta especie. Esto se realizó en condiciones de invernadero con riego por goteo en el cerro de la Estrella, D.F. El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones, obteniéndose los análisis de varianza con sus respectivas pruebas de Tukey por muestreo. Se elaboraron seis matrices de correlación por muestreo y se obtuvieron las ecuaciones de regresión para las variables evaluadas incluyendo solo aquellas que fueron significativas ($\alpha=0.01$). El experimento se inició el 18 de agosto de 1996 llevando a cabo seis muestreos en pie tomando tres plantas al azar por unidad experimental y un

muestreo destructivo tomando nueve plantas al azar por tratamiento. El desarrollo de las plantas del tratamiento testigo fue afectado por la solarización, el tratamiento del 10% de irradiación creció por debajo de su nivel de saturación fotosintética mientras que los tratamientos del 30 al 70 % favorecieron el desarrollo vegetativo de las plantas.

Palabras clave: Chile manzano, *Capsicum pubescens*, irradiación, sombreado, luz.

Influence of light intensity on vegetative and reproductive behavior of chile manzano *Capsicum pubescens* R and P

ABSTRACT

In order to obtain the effect in the intensive production of chile manzano *Capsicum pubescens*, R and P, vegetative and reproductive behavior was evaluated exposing the plants to five light radiations levels (100, 70, 50, 30 and 10%). The experiment started on August 18, 1996 and was performed in cerro de la Estrella, Mexico City, in greenhouse conditions and using dripping irrigation. The experiment design consisted of random blocks, with three repetitions the analysis of variance was obtained with respective Tukey's test for sampling. Six correlation matrices were realized and regression equations resulted for the variables evaluated included only with significance ($\alpha=0.01$). Six samplings were taken from the stem of three random plant from experimental unit . A destructive sampling was taken from nine random plants from treatment The development of the control treatment plants was affected by sun light, the plants under the 10% radiation

treatment presented growth under their level of photosynthetic saturation, the 30-70% radiation treatments, facilitated the vegetative development.

Key words: Chile manzano, *Capsicum pubescens*, irradiation, shading, light.

I. INTRODUCCION

En la dieta del mexicano el chile (del nahuatl **chilli**) ha tenido una marcada preferencia. Aunque muchos chiles son nativos de México, otros vienen de Sudamérica. Rastros de variedades cultivadas y silvestres han sido encontrados en cuevas de Tehuacán, Puebla y en Ocampo, Tamaulipas. Existen evidencias que demuestran que su cultivo es anterior al del jitomate y al maíz. El chile tuvo un uso preponderante entre los antiguos mexicanos, quiénes no creían estar comiendo si entre sus alimentos no figuraba; también lo usaban como pago del tributo al Tlatoani. Actualmente, el chile se consume en verde, en seco, en conserva, como condimento, como platillo principal y en muchas otras formas. Además de dar sabor a las comidas, tiene cualidades nutricionales por su contenido de vitaminas A, C y algunas del complejo B (Hinojosa, 1984).

El chile manzano *Capsicum pubescens* R y P es una especie introducida de Sudamérica a México (Greenlaef, 1986) ocupando poco a poco su respectiva importancia económica y alimenticia (Eshbaugh, 1993). Generalmente se le encuentra en huertos familiares, en regiones con altitudes de 1700 a los 2400 msnm entre los que se encuentran algunos lugares templados y fríos como

Michoacán, Querétaro Estado de México y Chiapas (Pérez, et al., 1996).

El chile al igual que otros cultivos resulta seriamente afectado por las condiciones ambientales durante todo su desarrollo, ocasionando diferencias en su comportamiento de un lugar a otro (Hinojosa, 1984).

Al chile manzano se le encuentra cultivado a escala semicomercial con diferentes niveles de sombreado natural sombra y con altas humedades relativas manifestando variación en su expresión agronómica. Con el fin de optimizar su expresión se requiere encontrar el mejor nivel de sombreado. Por tal motivo en el presente trabajo se plantean los siguientes objetivos e hipótesis:

II. OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1 Objetivos

- a) Evaluar el efecto de diferentes intensidades de luz durante el desarrollo vegetativo y reproductivo de la planta del chile manzano.
- b) Determinar el nivel de irradiación (100, 70, 50, 30, 10% de la luz solar), óptimo que permita la mejor expresión de las características vegetativas y reproductivas de la planta.

2.2 Hipótesis

- a) Existe un nivel de irradiación que proporciona la mejor expresión en el comportamiento vegetativo y reproductivo del chile manzano.
- b) Existe un nivel de irradiación que favorece el desarrollo, evaluado en base a varios parámetros: la longitud del tallo, diámetro del tallo, número de ramas del tallo, longitud de las ramas del tallo, número de vástagos, número de ramas de los vástagos, longitud de la raíz, diámetro de la raíz, peso seco del follaje, peso seco de la raíz y número de flores.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 Origen y distribución

El chile manzano es originario de América del Sur y pertenece a la especie *pubescens*, su nombre técnico obedece a que tiene el tallo y las hojas completamente cubiertos de vellosidades o pubescencias (Pozo, 1983).

Esta especie ha ocupado poco a poco su respectiva importancia económica y alimenticia, recibiendo diferentes nombres de acuerdo a la localidad donde se cultiva, por ejemplo: rocoto en Perú, locoto en Bolivia, manzano y perón en México (Wiersema, 1997).

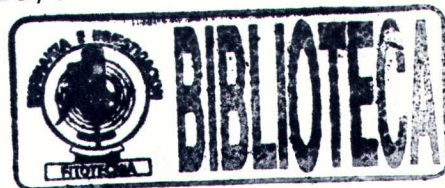
Es un chile muy particular, ya que solamente se adapta a lugares frios donde, inclusive puede tolerar heladas. Florece y fructifica a temperaturas de 5 a 15°C, en las cuales, la mayoría de los chiles apenas alcanzan a sobrevivir e inclusive puede tolerar heladas, aún bajo esas temperaturas se comporta como una planta perenne. Llega a alcanzar alturas de hasta 3 m, pero requiere una estación larga sin heladas mayor a 120 días pudiendo vivir más de 10 años. El rango de calor acumulado que se requiere para su desarrollo es de 30000 a 60000 unidades de calor Scoville (Eshbaugh, 1993 y Wiersema, 1997).

Pudiera pensarse que todos los chiles manzano que se cultivan en México tienen el mismo origen, ya que no se han observado diferencias entre cultivos en lugares tan distantes y aislados como: Pátzcuaro, Michoacán; Pinales de Amoles, Querétaro y La Grandeza, Chiapas. Esas tres localidades están situadas arriba de los 2000 msnm, donde se cultiva este tipo de chile manteniendo su dispersión y uso en lugares que presentan el mismo clima (Pozo, 1983).

Otros lugares donde se cultiva son: San Cristobal de las Casas, Motosintla y la Grandeza, Chiapas; Sultepec, Coatepec Harinas, Temaxcaltepec, Tenancingo, Ixtlahuaca y Villa Guerrero, en el Estado de México; Zacapoxtla y Atlixco en Puebla; Zitácuaro y Pátzcuaro en Michoacán (Pérez et al., 1996). Estos son lugares que muestran cierta similitud climática (Cuadro 1).

3.2 Clasificación y descripción botánica

Existe cierta confusión acerca de la definición del género, ya que se incluyen taxas de frutos no pungentes. Forma una línea genética descrita primero por Ruíz López y Pavón, en 1794 (Eshbaugh, 1993). Presenta grandes flores púrpuras o blancas infundidas al igual que taxas silvestres como *C. eximium* (de Bolivia y del norte de Argentina), *C. cardenasii* (Bolivia) y *C. tovarii* (Perú).



Cuadro 1. Sistema de clasificación climática de los estados productores de chile manzano.

ESTADO	CLIMA	TEMPERATURA (°c)	Pp (mm)	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	ALTITUD msnm
S.Cristobal de las Casas	C(w)	14.4	1186.8	16° 45'	92° 38'	2120
Motozintla	A(w)	15.0	802.1	15° 22'	92° 15'	1260
Atlixco	ACw	21.9	857.5	18° 54'	98° 26'	1840
Zacapoaxtla	C(m)	15.3	1255	19° 52'	97° 35'	1800
Pátzcuaro	C(m)	17.7	785	19° 31'	101° 36'	2140
Zitácuaro	C(w)	17.7	725.4	19° 26'	100° 22'	1940
Sultepec	AC(w)	19.5	1500	18° 51'	99° 58'	2300
Coatepec Harinas	C(w)	19.1	1025.5	18° 55'	99° 46'	2260
Temascaltepec	AC(w)	19.1	1025.5	19° 3'	100° 2'	1740
Villa Guerrero	C(w)	12.6	785.5	18° 58'	99° 38'	2160
Tenancingo	AC(w)	19.1	1025.5	18° 58'	99° 36'	2020

Tomado de García (1968).

A(w) cálido subhúmedo con lluvias en verano.

AC(w) semicálido subhúmedo con lluvias en verano.

C(w) templado subhúmedo con lluvias en verano.

C(m) semifrío subhúmedo con abundantes lluvias en verano.

Pp. Precipitación pluvial.

Es la única especie entre las domesticadas que habita elevaciones medias en los Andes. Dos de los mayores problemas en la transferencia de la especie a otras regiones incluye: 1) Sus requerimientos de crecimiento en lugares fríos, libres de heladas y una gran estación de crecimiento y 2) El fruto es carnososo, lo cual conduce a un

rápido deterioro y daño. Su domesticación se originó en Bolivia siendo *C. eximium* y *C. cardenasii* los posibles ancestros del pool genético (Eshbaugh, 1993). La clasificación taxonómica se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Sistema de clasificación taxonómica del chile manzano según Cronquist 1981*

REINO	VEGETAL
DIVISION	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	MAGNOLIOPSIDA
SUBCLASE	ASTERIDAE
ORDEN	SOLANALES
FAMILIA	SOLANACEAE
GENERO	<i>Capsicum</i>
ESPECIE	<i>pubescens</i>

*tomado de Jones (1988).

El tallo del chile manzano es leñoso, su hábito de crecimiento es arbustivo puede ser compacto o erecto, tiene abundante pubescencia, es de color verde y presenta una coloración púrpura en los primeros nudos, su ramificación es pseudodicotómica. La hoja es simple sin estípulas, su forma es cordada con ápice acuminado, de borde liso, con abundante pubescencia, la nervadura es reticulada perinerve, es peciolada y su filotaxia es alterna dística. La flor es hermafrofito, actinomorfo débilmente zigomorfo,

pentámera de color violeta y excepcionalmente blanca, su centro es blanco, el cáliz es gamosépalo y la corola gamopétala, el androceo con cinco estambres de la misma longitud, insertos en el tubo de la corola y alternos con los lóbulos también de color morado, las anteras se abren longitudinalmente o por medio de poros terminales. El gineceo constituido por un pistilo compuesto de dos carpelos, a veces dividido por un septo falso, con dos lóculos, óvulos numerosos, placentación axilar, ovario súpero, estilo terminal. En las axilas de la planta se encuentra un pedicelo aunque pueden presentarse dos o hasta tres en la misma planta; cuando existen tres, el central se encuentra en un estado fenológicamente más avanzado. La posición del pedicelo en antesis que comúnmente se observó es la semierecta. El fruto es una baya de color verde en estado inmaduro y en estado maduro puede ser amarillo, anaranjado o rojo; su longitud es de cinco cm con un diámetro de cuatro cm, su forma varía dependiendo del número de lóculos que presente cuando tiene uno o dos, su forma es de pera (perón) y cuando tiene tres o cuatro su forma es de manzana o acampanada. La forma del margen del cáliz es dentado y presenta una constricción anular en la unión con el pedúnculo, la forma del fruto en unión con el pedúnculo es truncada o acorazonada, no presenta cuello en

la base del fruto , la forma del ápice es hundido u obtuso, es hundido cuando presenta tres o cuatro lóculos y es obtuso con uno o dos lóculos, presenta una ligera corrugación al observarse un corte transversal; es un fruto persistente y su pungencia es alta. La semilla es color negro, su forma es circular de borde ligeramente ondulado, de testa corrugada, mide cerca de cinco mm de diámetro y en un gramo se encuentran aproximadamente 430 semillas y en cada lóculo del fruto se tienen alrededor de 50 semillas, el embrión es curvo dentro del endospermo (Pérez, et al., 1996).

3.3 Relación planta-ambiente

La planta es el resultado de la relación entre su constitución genética y el ambiente, por lo que, cualquier modificación de los factores ambientales, origina que la planta tenga una respuesta diferente (Allard, 1975).

Algunos de los factores del ambiente son más susceptibles de modificarse, tales como la humedad y la fertilidad del suelo; esto a través de las labores culturales. Por otro lado, existen factores como la temperatura, la humedad ambiental y el fotoperíodo, que relativamente pueden modificarse pero en menor grado, debido a esto, se establecen fechas de siembra adecuadas

para que el cultivo tenga un mejor desarrollo (Allard, 1975 y Billing, 1968 citado por Solórzano, 1980).

Los organismos vivos y su ambiente inerte (abiótico) están inseparablemente ligados y actúan recíprocamente entre sí, por lo que, los principios del desarrollo del ecosistema revisten importancia en las relaciones entre el hombre y la naturaleza, por lo que la estrategia de la producción máxima agronómica entra en conflicto con dicho desarrollo (Odum, 1986).

Anderson (1978), define la Fenología como el estudio de los eventos involucrados en el desarrollo total de los cultivos. Al crecimiento lo define como el incremento en tamaño de la planta o parte de la planta y al desarrollo como la diferenciación de las células para producir nuevos órganos. Por lo tanto, la importancia de la Fenología radica en que permite conocer la respuesta de los seres vivos al ambiente y la variación de éstas a lo largo de su período de vida. Así mismo también es importante desde el momento que permite conocer cuales son los períodos o etapas críticos para las plantas cultivadas determinando los cultivos y especies idóneos para una zona dada de acuerdo a su calendario fenológico.

3.4 Competencia

Los principales factores por los que compiten las plantas son: el espacio, la luz, el agua y los nutrientes. Esencialmente la competencia es un proceso pasivo. Un competidor exitoso debe ser capaz no solo de sobrevivir, sino de completar su ciclo de vida más rápido y eficazmente (Bidwell, 1979). La competencia es uno de los fenómenos que constituyeron el proceso de la sucesión y que puede definirse como la lucha por el medio. Por su mayor resistencia a los factores hostiles o su mayor exigencia dentro de un medio desfavorable, una planta puede dominar a otra o acabar por expulsarla. Cuando la lucha termina en un equilibrio, la competencia se transforma en dominio o subordinación. La competencia interespecífica se verifica entre especies y la competencia intraespecífica se lleva a cabo entre los individuos de una misma población o especie (Krebs, 1978).

La competencia directa entre plantas trae como resultado carencias de agua y minerales, bajo estas circunstancias las plantas poseedoras de la capacidad para producir un sistema radical más extenso o más eficiente son probablemente las que compiten con éxito (Bidwell, 1979).

Probablemente la competencia más importante entre las plantas sea por el factor luz, materia prima de la fotosíntesis, aunque también en doseles foliares densos por el CO₂. La tolerancia a la sombra es un factor importante en la competencia particularmente para las plántulas y plantas en desarrollo (Bidwell, 1979).

La competencia se da por los recursos disponibles en el medio donde se desarrollan los organismos, para las plantas la luz, los nutrientes y el agua son recursos importantes por los que compiten aunque también lo hacen por los polinizadores (Krebs, 1978).

3.5 Luz solar

La energía que emplean las plantas para sintetizar productos inorgánicos y convertirlos en alimentos, provienen 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 el agua, se forman diversos tipos de azúcares que son la resultante de este proceso y componente de las partes comestibles de las especies vegetales (Castaños, 1993).

Thomas y Mitchel, citados por Escalante (1980), señalan que bajo condiciones de buena humedad en el suelo y

disponibilidad de nutrientes, el factor que limita la producción de los cultivos es la intensidad luminosa, debido a su interferencia principalmente en altas densidades de población, ésto ocasiona que el gradiente de luz entre el ápice y la base de la planta decline progresivamente.

Las plantas en general pueden dividirse en dos grupos: especies tolerantes a la sombra y especies no tolerantes a la sombra. Las plantas tolerantes tienen una tasa baja de fotosíntesis y por tanto una tasa de crecimiento baja con respecto a las especies no tolerantes. Las especies vegetales se han ido adaptando para vivir en cierta clase de hábitats involucrando ciertas características que los previenen para evitar ocupar otros hábitats, siendo la luz uno de los factores que principalmente tienen que ver con estas adaptaciones, por ejemplo la germinación en la sombra esta asociada con el ataque por hongos a las plántulas (Krebs, 1978).

Dentro de las características más importantes de la luz se encuentran: su intensidad, duración y calidad. Las plantas reaccionan de diferente manera a cada componente (Bohinski, 1978).

3.6 Irradiancia (Intensidad luminosa)

La irradiancia (IR), se refiere al flujo de energía incidente por unidad de superficie. La irradiancia es el término radiométrico correcto para lo que comunmente denominamos intensidad de luz (Jones en Coombs y Hall, 1988).

La irradiancia puede variar a lo largo de la superficie terrestre por diversas causas entre las que destacan: nubosidad, latitud, altitud, etc. Las necesidades de luz de las plantas son diferentes para llevar a cabo sus funciones algunas requieren de cantidades muy altas, mientras que otras sólo requieren cantidades muy bajas (Bohinski, 1978).

Schwabe en 1971 citado por Salisbury y Ross (1994), indica que las bajas intensidades de luz para plantas no tolerantes a la sombra, el sombreado es una condición desfavorable que generalmente no permite la floración continua y menos permite su iniciación. Sin embargo, aunque el sombreado puede inhibir la floración, el crecimiento vegetativo puede continuar. En las plantas no tolerantes al sombreado, las bajas intensidades de luz o sombreados profundos pueden detener el crecimiento, predisponiéndolas a fuertes ataques fungosos.

3.7 Duración

Boodleg en 1981 citado por Salisbury y Ross (1994) definió el fotoperíodo como la longitud del tiempo que la luz del sol brilla sobre las plantas en el día, y que tiende a cambiar con la estación del año, la altitud y la latitud.

Algunas variedades de tabaco y de maíz persistían en un vigoroso estado vegetativo durante el verano y en el invierno, por lo que la floración y la elongación de los tallos era controlada por la longitud relativa del día y de la noche. Sin embargo, el efecto sobre las plantas es básicamente a través de la duración de la obscuridad y su acción sobre el desarrollo de las plantas por medio de la fotosíntesis y respiración. Los períodos largos de luz favorece la fotosíntesis y reduce el consumo de energía por la respiración nocturna, de ahí que la mayor parte de la actividad fotosintética se orienta al máximo desarrollo en longitudes de día largo (Aquino, 1987).

3.8 Calidad

La luz fluorescente, tiene un rango de emisión a longitudes de onda corta, entre 400 y 700 nanómetros, siendo su máxima emisión alrededor de los 600; lo cual indica que está en el espectro del color rojo. La luz

incandescente por el contrario es muy poco eficiente en la radiación fotosintéticamente activa, tiene vida corta y un alto contenido de rojo lejano, ya que su rango de emisión está entre los 600 y 1200 nanómetros (Bohinski, 1978).

La luz del rojo lejano es necesaria para el desarrollo normal de las hojas al menos en la mayoría de las especies (Aquino, 1987).

Del 80 al 90% del flujo fotónico fotosintético (FFF) lo absorbe una hoja representativa del dosel. El resto (en su mayor parte longitudes de onda del verde y rojo lejano), se transmiten a las hojas inferiores o al suelo o se refleja a sus alrededores (Salisbury y Ross, 1994).

3.9 Sombreado

Cada comunidad vegetal tiene un patrón especial y característico para exponer sus superficies fotosintéticas, por lo tanto para interceptar el flujo fotónico para activar la fotosíntesis (Nobel y Long, en Coombs, Hall, Long y Scurlock, 1988).

Al provocar cambios en las condiciones ambientales (por ejemplo disminución de la intensidad luminosa por efecto del sombreado), es de esperarse que la planta responda a ese cambio. Su duración se ve reflejada en el

desarrollo de la planta, dependiendo de la magnitud de su aparato fotosintético (área foliar), la asimilación de bióxido de carbono, etc (Escalante, 1980).

Además de la fotosíntesis, la radiación solar influye también sobre el crecimiento y desarrollo de la planta a lo que se han llamado respuestas fotomorfogénicas y fototrópicas (Jones, en Coombs y Hall, 1988).

La variación de la intensidad luminosa incidente, para motivo de estudio de campo, puede manipularse por medio de sombreados artificiales. El efecto del sombreado artificial sobre la planta, depende de la combinación de los siguientes factores:

- a) Grado de sombreado, se refiere al porcentaje de intercepción de luz en relación con el testigo (sin sombrear) y va en relación opuesta a la intensidad de luz incidente en el testigo.
- b) Duración del sombreado, se refiere al intervalo de tiempo en el cual las plantas son sometidas al sombreado (días, semanas, etc.).
- c) Epoca de aplicación de sombreado en el cultivo, es la etapa fenológica del cultivo en que el sombreado es aplicado (Escalante, 1980).

3.10 Estacionalidad

El desarrollo de un organismo ocurre en el espacio y en el tiempo. Los parámetros básicos del ambiente en cuanto a la energía radiante son controlados por las características astronómicas de la tierra con su ecuador inclinado a 23.5° con respecto al plano de su órbita alrededor del sol. Las latitudes norte y sur del ecuador, la rotación diaria y las estaciones originadas por el ecuador inclinado, determinan la elevación del sol sobre el horizonte en cualquier punto de la superficie terrestre a cualquier hora del día y a cualquier día del año. La elevación del sol sobre el horizonte determina primero la longitud del trayecto atmosférico que deben atravesar los rayos del sol para alcanzar un punto de la superficie terrestre y, segundo el área de superficie horizontal que será irradiada por una sección transversal dada por los rayos del sol. Mientras mayor sea la superficie irradiada por esta sección transversal el clima será más frío (invierno). Cuando la elevación del sol está en el cenit y el ángulo de la trayectoria diaria haga con el horizonte sea más agudo, más corto es el día en invierno sumando el efecto de la contaminación ocasionada por el ser humano o el sombreado de las plantas. La disminución de la elevación solar como la mayor trayectoria por la atmósfera las

irradiaciones al medio día y por unidad de área son mucho menores en invierno en comparación con la época de primavera-verano en esta época se incrementa la luz roja lejana ya que como es más largo el camino atmosférico directo por el que pasan los rayos del sol, mayor es la cantidad de ondas cortas (luz azul) que desaparecen por dispersión de la atmósfera y por la contaminación (Salisbury y Ross, 1994).

3.11 Sombreado en chile manzano

En experiencias recientes se ha utilizado el maíz para proporcionar sombra, a las plantas de chile manzano. Cuando se transplantó el chile en etapas tempranas de desarrollo de la planta de maíz se murieron las plantas del primero, ya que la sombra proporcionada por el maíz era insuficiente para protegerlo. Sin embargo, cuando se transplantaron 50 días después de establecer el cultivo del maíz, las plántulas del chile manzano que contaban con 12 hojas verdaderas se desarrollaron adecuadamente. Lo anterior sugiere que existen niveles muy específicos de intensidad lumínica en las diferentes fases fenológicas por las que atraviesa la planta de chile manzano. El chile manzano en los huertos semicomerciales siempre está acompañado de un árbol de durazno o de aguacate que le proporciona sombra. Hay ocasiones que se le encuentra debajo de la vegetación

natural en zonas montañosas generalmente presentando problemas con *Phytophthora capsici* (Pérez et al., 1997).

3.12 Plantas de sombra

Las plantas de sombra presentan tasas fotosintéticas mucho menores bajo una luz brillante que las especies que crecen en lugares brillantes. En segundo lugar, sus respuestas fotosintéticas se saturan con irradiancias mucho menores que otras especies. En tercer lugar, con niveles de irradiancias muy bajos, estas plantas casi siempre fotosintetizan a tasas superiores que otras especies. Finalmente sus puntos de compensación lumínica son inusualmente bajos. Estas características hacen que crezcan con mayor lentitud en sus hábitats naturales, sombreados, si bien sobreviven en donde especies con puntos de compensación lumínica superiores no podrían captar la suficiente luz y morirían.

Algunas plantas parecen ser especies de sombra obligadas, otras son plantas de sol obligadas. Pero la mayoría son plantas de sol o de sombra facultativas. Las C-3 facultativas así como ciertas plantas de sol C-4, se adaptan un poco a la sombra al producir características morfológicas y fotosintéticas similares a las plantas de sombra. De esta forma, sus puntos de compensación lumínica

disminuyen (respirando con más lentitud) y la fotosíntesis se satura a niveles de irradiancia más bajos. Estas plantas desarrollan gradualmente la capacidad de crecer en la sombra, aunque este crecimiento es lento. La adaptación inversa, de sombra a sol, es menos común. Las plantas de sombra casi nunca se pueden mover a la luz directa del sol sin que se inhiba la fotosíntesis o mueran las hojas más antiguas en cuestión de días. Cuando se tranplantan plántulas de especies de sombra a sitios abiertos éstas se tornan cloróticas y mueren. Esto es resultado de un fenómeno conocido como solarización, una inhibición de la fotosíntesis dependiente de la luz y que es seguida de una decoloración causada por el oxígeno de los pigmentos del cloroplasto. Ciertos pigmentos carotenoides protegen a las plántulas de la solarización absorbiendo el exceso de energía luminosa que se libera en forma de calor en vez de transferirse a las clorofilas. Pero en ocasiones esta protección es insuficiente, si se sombrean dichas plántulas, su tasa de sobrevivencia es mucho mayor. Después de madurar ya no son dañadas por niveles elevados de luz fotoinhibiéndose (Salisbury y Ross, 1994).

La pubescencia constituye un elemento adicional en la difusión del vapor de agua y como reflector, así la energía radiante impuesta sobre la hoja es reducida y por lo tanto,

baja la temperatura de la hoja protegiendo al mesófilo
contra posibles daños de radiaciones ultravioletas B
(Karabourniotis et al., 1992).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Sitio experimental

El trabajo se llevó a cabo en condiciones de invernadero en el cerro de la Estrella D. F., México. El invernadero tuvo las siguientes características: fue un invernadero tipo túnel construido con estructura metálica, cubierta de plástico tipo uv-2, de 30 m de largo, 10 m de ancho y 3 m de altura. Contó con dos ventanas laterales corredizas de 15 m de largo por un m de ancho cada una, cerradas con malla antiáfida y plástico uv-2, una del lado norte y la otra del lado sur. Dentro del invernadero se montaron nueve mangueras de 1/4" por 30 m de largo con goteros de 4 l/h colocados a 25 cm de distancia entre uno y otro, éstas se conectaron a su vez a una manguera de 1 1/4" por 45 m de largo. Las mangueras de 1/4" se conectaron a la de 1 1/4" por medio de conectores de cobre; ésta a su vez se acopló a una bomba de gasolina de 4 h.p. la cual servía para succionar el agua contenida en tinacos que en total almacenaban 4000 l y por medio de este sistema de goteo se proporcionó la fertigación a las plantas.

4.2 Material Vegetal

Las plántulas que se utilizaron en el presente trabajo fueron obtenidas en el municipio de Ixtlahuaca, Estado de

México. Dicho material presentaba buenas condiciones de sanidad y vigor con una altura promedio de 15 cm.

4.3 Diseño experimental y de tratamientos

4.3.1 Diseño de tratamientos

El trabajo consistió del factor de estudio irradiación en chile manzano con cinco niveles, mismos que a continuación se indican:

NIVELES	IRRADIACION	TRATAMIENTOS
	(%)	
1	100	T1
2	70	T2
3	50	T3
4	30	T4
5	10	T5

4.3.2 Diseño experimental

El diseño experimental y de tratamientos empleado en este trabajo fue en bloques al azar con tres repeticiones. El arreglo de la parcela experimental y la distribución en los bloques se presenta en la figura 1. La unidad experimental consistió de 15 plantas arregladas en tres surcos de tres m de largo por un m de ancho y 0.50 m entre plantas.

Figura 1. Arreglo de la parcela experimental y distribución de los tratamientos en los bloques.

BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
T5 (10%)	T2 (70%)	T1 (100%)
T3 (50%)	T4 (30%)	T4 (30%)
T4 (30%)	T5 (10%)	T5 (10%)
T1 (100%)	T3 (50%)	T2 (70%)
T2 (70%)	T1 (100%)	T3 (50%)

4.4 Variables evaluadas y toma de datos

4.4.1 Variables evaluadas

Variables

Unidad

Abreviatura

1. Longitud del tallo principal, LT	cm
2. Diámetro del tallo principal, DT	cm
3. Número de ramas del tallo principal, NR	unidades
4. Longitud de ramas del tallo principal, LR	cm
5. Número de vástagos, NV	unidades
6. Longitud de los vástagos, LV	cm
7. Número de ramas de los vástagos, NRV	unidades
8. Longitud de las ramas de los vástagos, LRV	cm
9. Número de flores, NF	unidades
10. Diámetro de la raíz principal, DR	cm
11. Longitud de la raíz, RL	cm
12. Peso seco de la raíz, PSR	g
13. Peso seco del follaje, PSF	g

LT: durante los seis muestreos se midió la longitud del tallo principal desde la base de la planta a nivel del suelo hasta el último nudo, mediante un flexómetro (cm).

DT: Se midió el diámetro del tallo principal durante los seis muestreos con ayuda de un vernier a partir de cinco cm arriba del cuello del tallo principal (cm).

NR: Se registró el número total de ramas existentes en el tallo principal durante los seis muestreos (unidades).

LR: se midió la longitud de las ramas mayores de cinco cm contenidas en el tallo principal durante los seis muestreos (cm).

NV: Durante los seis muestreos se registró el número total de vástagos (brotes laterales) existentes en la planta (unidades).

LV: Se midió la longitud de los vástagos mayores de cinco cm localizados en la planta durante los seis muestreos (cm).

NRV: A partir del segundo muestreo se contó el número de ramas mayores de cinco cm existentes en los vástagos desde la primera bifurcación (unidades).

LRV: A partir del segundo muestreo se midió la longitud de las ramas de los vástagos mayores de cinco cm que se contabilizaron previamente (cm).

NF: Las flores se contabilizaron a partir de su aparición durante el tercer muestreo, se registraron el número de flores formadas en toda la planta (unidades).

DR: El muestreo destructivo se llevó a cabo al finalizar el experimento se midió el diámetro de la raíz con base en la raíz principal y a cinco cm abajo del cuello (cm).

RL: Se midió la longitud de la raíz principal a cinco cm abajo del cuello (cm).

PSR: Se tomaron con base en el peso seco total del sistema radicular al terminar el experimento (g).

PSF: Esta variable se cuantificó al finalizar el experimento en un muestreo destructivo, se tomó en cuenta de acuerdo al follaje total de cada planta (g).

4.4.2 Toma de datos

Los muestreos de plantas en pie se realizaron con base en tres plantas tomadas al azar por unidad experimental y se efectuaron mensualmente, a partir de los 15 días después

del segundo transplante hasta completar seis muestreos. Se tomaron los datos correspondientes a las siguientes variables: longitud del tallo principal (LT), diámetro del tallo principal (DT), número de ramas del tallo principal (NR), longitud de las ramas del tallo principal (LR), número de vástagos (NV), longitud de los vástagos (LV), número de ramas de los vástagos (NRV), longitud de las ramas de los vástagos (LRV), número de flores (NF). Se etiquetaron cada una de las plantas seleccionadas para facilitar su localización dentro de la parcela experimental. En cada etiqueta se anotó el número de bloque, el número de tratamiento y el número de planta.

Durante el sexto muestreo se realizó un muestreo destructivo para obtener información del desarrollo de las plantas seleccionándolas al azar. Se consideraron tres plantas por unidad experimental. Las variables cuantificadas fueron: diámetro de la raíz principal (DR), longitud de la raíz (RL), peso seco de la raíz (PSR), peso seco del follaje (PSF). Cada una de las plantas fue colocada en bolsas de papel para evitar pérdidas de humedad, se utilizaron dos bolsas una para follaje y otra para el sistema radicular. Para la obtención del peso seco, se colocó el material en la estufa de secado Gailenkamp Oven BS una temperatura de 70° C por cinco días para partes

vegetativas y ocho días en el caso de la raíz, una vez transcurrido el tiempo requerido en cada caso se procedió a pesar cada estructura en la balanza analítica.

4.5 Análisis estadístico

Los datos obtenidos en el presente experimento se ordenaron por muestreo y por cada variable evaluada realizándose un análisis de varianza por muestreo, teniendo como base el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} , es el valor observado en el tratamiento j y en el bloque i .

μ , es el valor medio general.

β_i , es el efecto aleatorio asociado al bloque i .

τ_j , es el efecto producido por el tratamiento j .

ε_{ij} , es el error asociado al bloque i en el tratamiento j .

Se efectuó la comparación múltiple de medias usando la prueba de Tukey, para determinar si existían diferencias

estadísticamente significativas ($\alpha=0.05$) entre los efectos de los tratamientos.

Además, se realizó el análisis de correlación entre cada dos de las variables evaluadas, con el propósito de conocer el grado de asociación que éstas tienen entre sí.

Con el fin de representar la forma de la respuesta de algunas variables con respecto a las demás variables, se realizó un análisis de regresión múltiple teniendo como base el siguiente modelo:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad n > p + 1$$

donde:

y_i , variable respuesta, $i = 1, 2, \dots, n$, es la suma de su valor esperado

β_0 , ordenada al origen

β_p , parámetros desconocidos $p=1, 2, \dots, m$

x_{ip} , variables independientes $i=1, 2, \dots, n$; $p=1, 2, \dots, m$

Al efectuar el análisis de regresión se ajustaron a un modelo matemático la respuesta de cada una de las variables estudiadas. Se estimó el coeficiente de regresión (R^2), eliminando las variables no significativas ($\alpha=0.01$). Se eliminaron las variables no significativas, ya que el

aporte que hacen al modelo son casi nulos. Por lo que la suma de cuadrados del error (SCE) casi no disminuye, pero los grados de libertad del error disminuyen en uno, en consecuencia al estimar el cuadrado medio del error (CMDR) resulta ser mayor. Por lo tanto el mejor modelo estimado es aquel con el menor cuadrado medio del error o cuadrado medio de desviaciones de la regresión (CMDR).

4.6 Desarrollo del experimento

La preparación del terreno se efectuó 15 días antes del transplante. Esta consistió de un barbecho y surcado. La intensidad de luz fue alterada por el uso de malla negra de sombra Rafiplas ® hecha de polipropileno que actuó como filtro neutro.

Una vez colocada la malla de sombreado que correspondió a cada tratamiento (10, 30, 50 y 70% de irradiación) y sin malla para el testigo, el 18 de julio se inició el transplante de 225 plántulas 15 por unidad experimental, a una distancia entre plantas de 50 cm y entre surcos de 1 m, para evitar enfermedades fungosas, se aplicó Ridomil Forte ® y como fertilizante se usó triple 17 éstos se aplicaron en la cavidad donde se estableció cada plántula; el fungicida se volvió a aplicar durante el primer riego. Del 15 al 18 de agosto se llevó a cabo un

nuevo transplante para reponer las plántulas que murieron por enfermedad principalmente por ahogamiento y secadera. Las plántulas del testigo no resistieron, ya que el exceso de calor y de luz provocaron que las plántulas se mostraran cloróticas y necrosadas muriendo posteriormente, por lo cual, se tuvieron que transplantar plantas de mayor tamaño el 19 de agosto.

Se efectuaron otras tres aplicaciones de fertilizante a los 24, 54 y 114 días después del retransplante con dosis de 17-17-17 kg por hectárea de N-P-K. El fertilizante se disolvió en agua en tambos de 200 l y se aplicó por medio de las mangueras de goteo.

La frecuencia del riego estuvo ligada a las condiciones y necesidades del cultivo, así como al estado del tiempo. Se trató de evitar carencias y excesos de agua, de manera general se aplicaron dos riegos por semana equivalentes a 400 l de agua cada uno.

Para mantener el terreno experimental libre de malezas, evitando la competencia y manteniendo la uniformidad en las plantas cultivadas se realizaron escardas superficiales tratando de destruir las malas hierbas. Se realizaron aporques de forma paralela al momento de aplicar la fertilización con ayuda de un azadón.

Durante el desarrollo del cultivo se detectaron cuatro plagas: el minador de la hoja *Liriomyza sp.*, al inicio del cultivo, la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum*, el pulgón *Myzus persicae*, y la araña roja *Tetranychus telarius*, a los 48 días después del retransplante. El ataque de la araña roja fue significativo sobre las plantas testigo. El minador de la hoja se controló con Dimetoato ® y Endosulfan ® a razón de 1 ml por litro de agua. Las demás plagas se trataron de controlar con Endosulfan y el Dimetoato, sin embargo, no fueron suficientes, por lo cual, se aplicó Tamaron 600 ® a razón de 1.5 ml por l de agua por semana. Sólo la mosca blanca no se logró eliminar del cultivo. *Phytophthora sp.* se constituyó como el principal patógeno que atacó al cultivo. Para controlar la infección se aplicaron Ridomil Bravo 60 PH ® y Tecto 60 ® de manera regular una vez por mes; se evitaron los excesos de agua en el suelo, se trató de ventilar el invernadero desde tempranas horas del día. Se realizó el tutoreo de las plantas debido a que su follaje tendía a postrarse en el suelo. Para ello se utilizó rafia con postes colocados a 2 m uno de otro y en ambos lados de la planta. El primer hilo estuvo a 30 cm del suelo, el segundo a 20 cm del anterior y un tercer hilo a 20 cm del segundo. En el Cuadro 3 se

presenta un cronograma de las actividades realizadas en este experimento.

Cuadro 3. Cronograma de actividades del experimento.

DIA	ACTIVIDAD
1	TRANSPLANTE
12	PRIMERA FERTILIZACION Y APORQUE
25	MUERTE POR MARCHITEZ Y AHOGAMIENTO
29	RETRANSPLANTE Y APLICACION DE RIDOMIL BRAVO ®
46	DESHIJE A UNA PLANTA
49	APORQUE
53	PRIMERA MEDICION Y FERTILIZACION
66	SEGUNDA MEDICION
68	ATAQUE DE PULGON, MOSCA BLANCA Y ARAÑA ROJA
80	TERCERA MEDICION
83	FERTILIZACION Y APORQUE
112	CUARTA MEDICION
118	TUTOREO
139	QUINTA MEDICION
143	FERTILIZACION Y APORQUE
177	SEXTA MEDICION

V. RESULTADOS Y DISCUSION

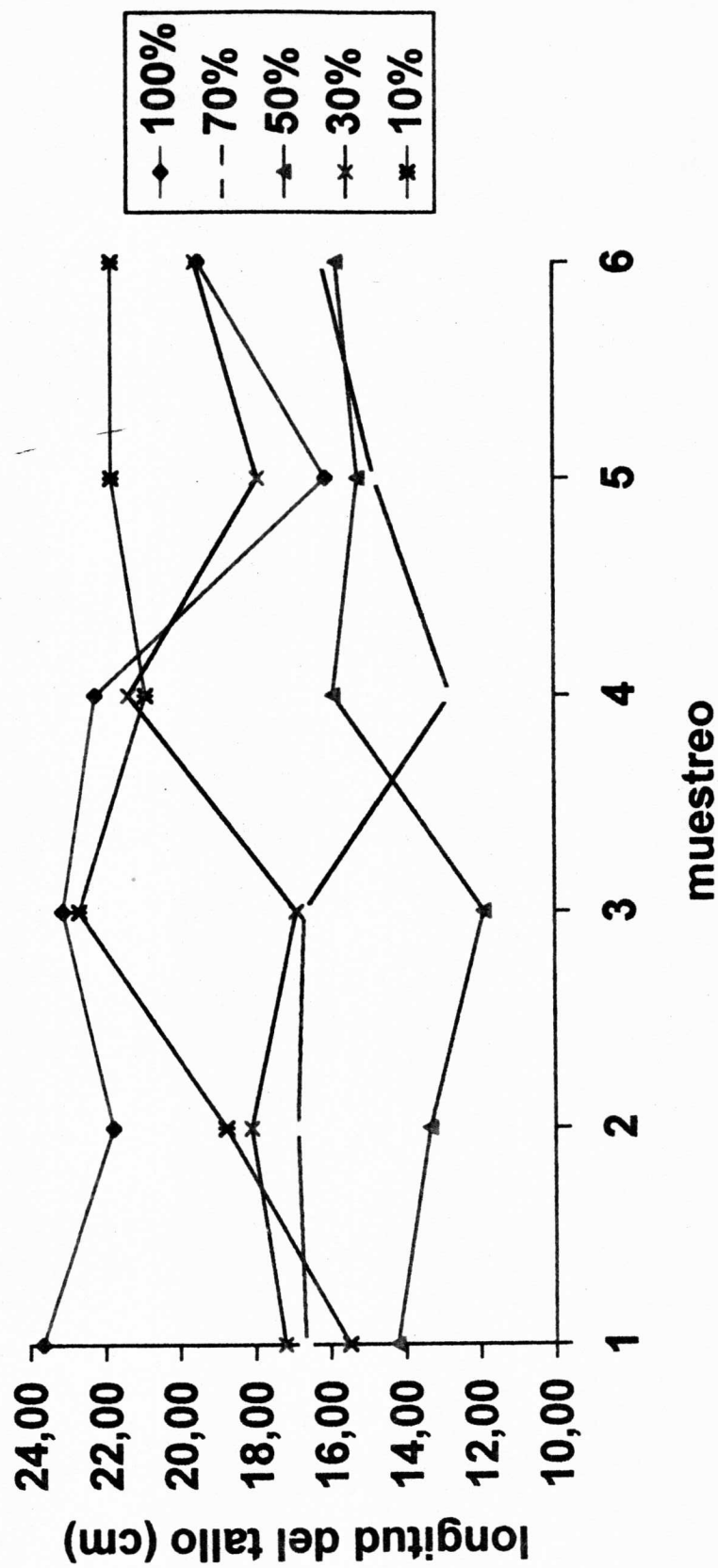
5.1 Comportamiento de las variables durante el desarrollo del cultivo

5.1.1 Longitud del tallo principal (LT)

La longitud del tallo se incrementó lentamente en los días subsecuentes al transplante, mostrando diferencias significativas ($\alpha=0.05$) al inicio del experimento (Cuadro 4). Las plantas del testigo (100%) fueron transplantadas de mayor tamaño ya que resultaron afectadas por el alto nivel de irradiación en esta época del año, limitando su desarrollo. Semejantes efectos fueron reportados para *Aucuba japonica* (Andersen et al., 1991) y como lo mencionan Salisbury y Ross (1994) las plantas al madurar disminuyen su susceptibilidad a niveles elevados de luz. Sin embargo, al finalizar el experimento este tratamiento no mostró un incremento de la longitud del tallo de manera significativa con respecto a los demás tratamientos (Figura 2).

La longitud del tallo presentó diferencias estadísticamente significativas ($\alpha=0.05$) entre tratamientos del primer muestreo hasta el cuarto muestreo en relación al testigo (Cuadro 4). Posteriormente, ya no existieron estas diferencias debido a que este tratamiento no incrementó su longitud en tanto que los demás tratamientos siguieron un

Figura 2. Longitud del tallo principal



crecimiento normal. Contrario al comportamiento del trigo (Hinojosa, 1984) y *Arabidopsis*, (Eskins, 1992) que condiciones de alta irradiación favorece su desarrollo.

Cuadro 4. Significancia de los efectos de los tratamientos en nueve variables en cada uno de seis muestreos.

VARIABLE	M U E S T R E O					
	1	2	3	4	5	6
Longitud del tallo	*	NS	*	*	NS	NS
c.v.	18	20		22	22	31
Diámetro del tallo	NS	NS	NS	*	NS	NS
c.v.	14	15	12	12	16	10
Número de ramas del tallo principal	NS	NS	*	NS	NS	NS
c.v.	73	69	54	69	40	30
Longitud de las ramas del tallo principal	NS	NS	NS	NS	NS	NS
c.v.	88	72	104	70	53	33
Número de vástagos	*	NS	NS	NS	NS	NS
c.v.	51	52	198	18	23	32
Longitud de los vástagos	*	*	NS	NS	NS	NS
c.v.	68	53	82	57	38	33
Número de ramas de los vástagos	-	NS	NS	*	*	*
c.v.		105	173	32	36	29
Longitud de las ramas de los vástagos	-	NS	NS	*	*	*
c.v.		92	162	71	48	21
Número de flores	-	-	NS	NS	NS	NS
c.v.			217	136	111	33

NS = No hay diferencias significativas

* = Diferencias significativas con $\alpha = 0.05$

Por otra parte la prueba de Tukey (Cuadro 5), muestra que el testigo es el que presentó la mayor longitud hasta el cuarto muestreo, mientras que los demás tratamientos

fueron estadísticamente iguales durante todo el experimento ($\alpha = 0.05$).

Al final se encontró cierta tendencia del tratamiento 5 (10%) a un mayor incremento de la longitud del tallo con respecto a los demás tratamientos incluso del testigo. La longitud máxima fue de 21.773 cm seguido del tratamiento 4 (70%) con 19.553 cm, tratamiento 1 (100%) 19.44 cm, tratamiento 2 (30%) con 16.163 cm y por tratamiento 3 (50%) con 15.773 cm el testigo se comportó de manera semejante a *A. japonica* (Andersen et al., 1991) y *Kalmia latifolia* L. (Brand, 1997) donde la alta irradiación limitó su crecimiento. Mitchell (1996), indicó que algunas especies que crecen en invernaderos con bajos niveles de irradiación se elongan y desarrollan tallos débiles por ejemplo, soya (*Glycine max* Mer), jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) y papa (*Solanum tuberosum*, L.) Este resultado en el chile manzano favoreció la competencia ejercida por los vástagos laterales sobre el tallo principal los cuales al desarrollarse formaron la estructura principal de la planta. En el tratamiento 5 (10%) debido a que la planta estuvo por debajo de su nivel de saturación fotosintética y de su punto de compensación lumínica, el tallo dió una respuesta flexora buscando la orientación hacia los rayos

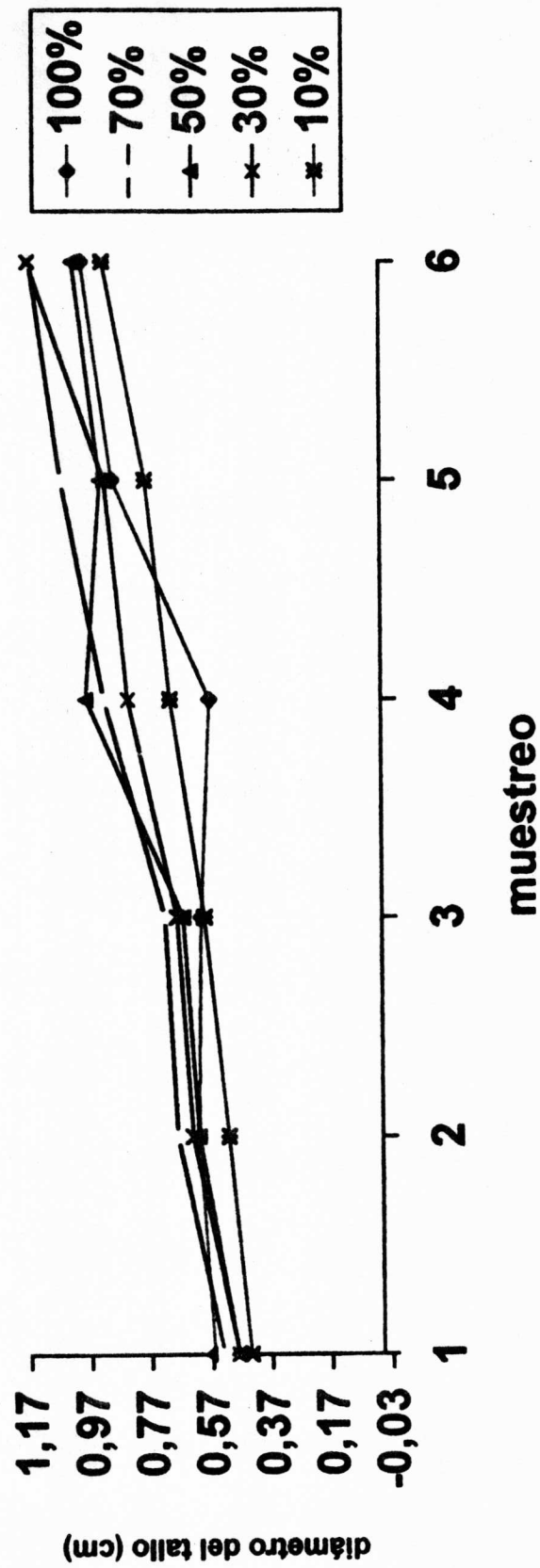
de luz permitiendo que los tallos fueran largos y rectos (Salisbury y Ross, 1994 y Mitchell, 1996).

5.1.2 Diámetro del tallo principal (DT)

Se observó un crecimiento constante del diámetro del tallo en todos los tratamientos desde el transplante hasta finalizar el experimento. De acuerdo con el Cuadro 4, a diferencia de la longitud del tallo aquí no existió efecto del tratamiento testigo por plantarlo de mayor talla (Figura 3) sino que fue creciendo conforme se incrementaban las ramificaciones tanto del tallo principal como de los vástagos.

Se encontraron diferencias estadísticas significativas únicamente durante el cuarto muestreo ($\alpha=0.05$) entre los efectos de los tratamientos (Cuadro 4). Como se puede observar en el Cuadro 5, el tratamiento 3 (50%) alcanzó el mayor diámetro seguido de los tratamientos 2 (70%), 4 (30%) y 5 (10%). El máximo diámetro de tallo obtenido fue de 1.16 cm para tratamiento 2 (70%) y el tratamiento 4 (30%) semejante a lo reportado en el índice de crecimiento por Andersen et al. (1991), para *A. japonica* y en el primer año del cultivo y por Brand (1997) en *K. latifolia* L. Esto se debió a que las plantas con niveles bajos de irradiación pudieron ramificarse alcanzando los niveles adecuados para

Figura 3. Diámetro del tallo principal



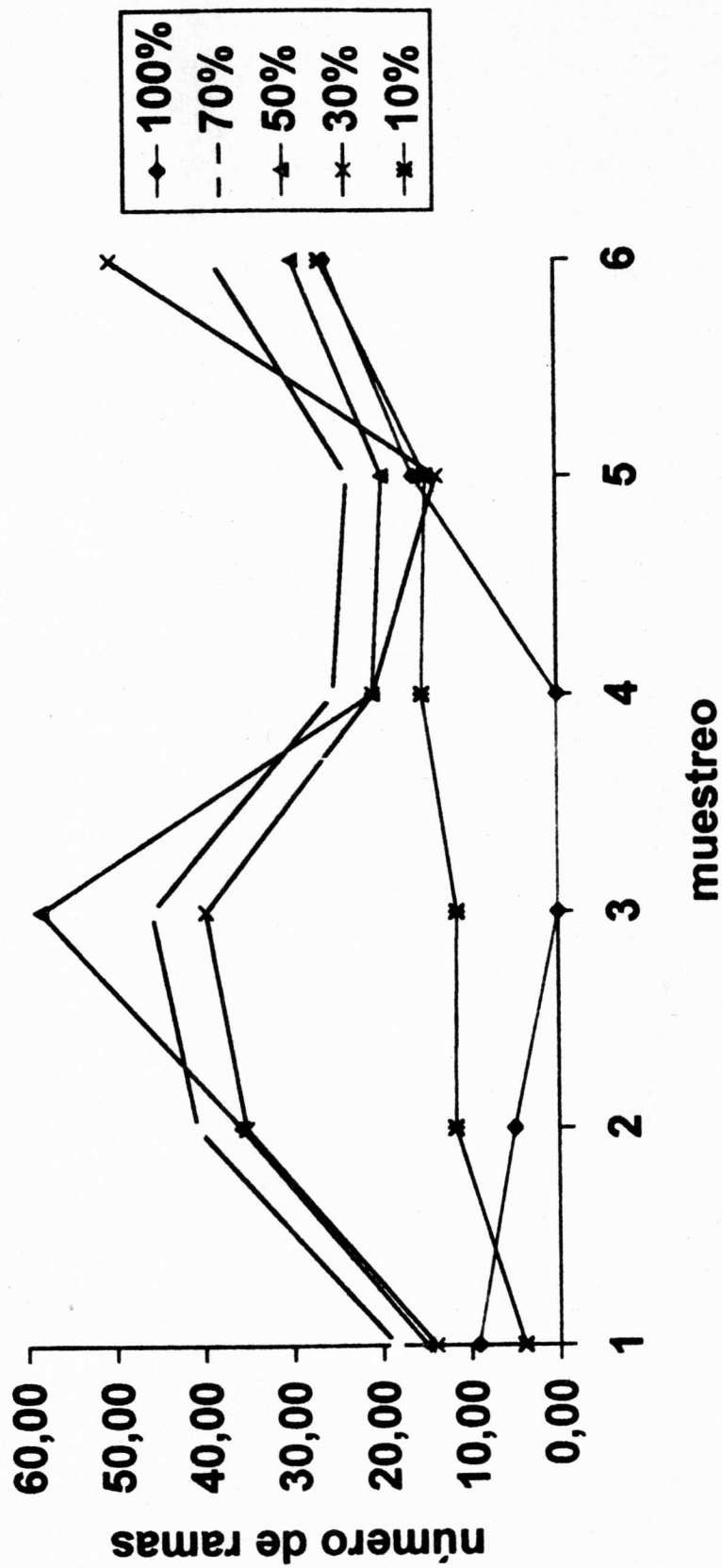
una óptima formación de fotosintatos y llevar a cabo un mejor desarrollo de sus estructuras.

6.1.3 Número de Ramas del Tallo Principal (NR)

Se presentó un incremento acelerado desde el inicio hasta el tercer muestreo en los tratamientos 4 (30%), 3 (50%) y 2 (70%). El testigo (100%) detuvo su crecimiento desde el segundo muestreo, sus ramas fueron afectadas por la falta de nutrientes ya que las hojas se tornaron cloróticas y necrosadas al estar expuestas a una alta irradiación, fotoinhibiéndose (Salisbury y Ross, 1994). El sombreado dió un color más oscuro a las hojas que aquellas que son expuestas al sol mostrando una apariencia saludable como en *K. latifolia* y *Eunymus* (Brand, 1997). Se dió un pequeño incremento en el número de ramas del quinto al sexto muestreo considerando el efecto favorable de la estación invernal al disminuir la irradiación. El tratamiento 5 (10%) fue el único que incrementó sus ramificaciones de una manera constante durante el desarrollo del experimento (Figura 4).

De acuerdo al análisis estadístico el número de ramas sólo mostró diferencias significativas ($\alpha=0.05$) durante el tercer muestreo (Cuadro 4). En la prueba de Tukey (Cuadro 5) puede observarse que el tratamiento 3 (50%) tuvo más

Figura 4. Número de ramas del tallo principal



ramas (58) seguido por los tratamientos 2 (70%) con 46 ramas, 4 (30%) con 39 y el 5 (10%) con 11 ramas. El número de ramas al finalizar el experimento fue de 50.2, 38.6, 29.7 correspondientes a los tratamientos 4 (10%), 2 (70%) y 3 (50%), respectivamente.

Durante el desarrollo de las plantas se presentaron ciertos incrementos en el desarrollo de las las estructuras dedido a la disminución de la irradiación efecto de la estacionalidad (Hinojosa, 1984).

El número de ramas al inicio del experimento se fue incrementando de manera normal como en *K. latifolia* L. (Brand, 1997), sin embargo, los brotes laterales también fueron surgiendo compitiendo posteriormente con las ramificaciones principales al final del experimento observándose la disminución de éstas ramificaciones. La exposición constante de la luz afecta a plantas que crecen en condiciones de irradiaciones altas como el jitomate (*L. esculentum*, Mill) y la papa (*S. tuberosum*, L.) ocasionando clorosis internerval, manchas necróticas, pérdida súbita de la actividad fotosintética, disminuyendo los contenidos de almidón y afectando las membranas de los cloroplastos (Cushman et al., 1996), en *Chrysalidocarpus lutescens* los altos niveles de irradiación daña las ramas disminuyendo la

concentración de la clorofila, mientras que en *Chamaedorea elegans*, Mart, los niveles altos de irradiación no les afecta (Reyes et al., 1996 a y b).

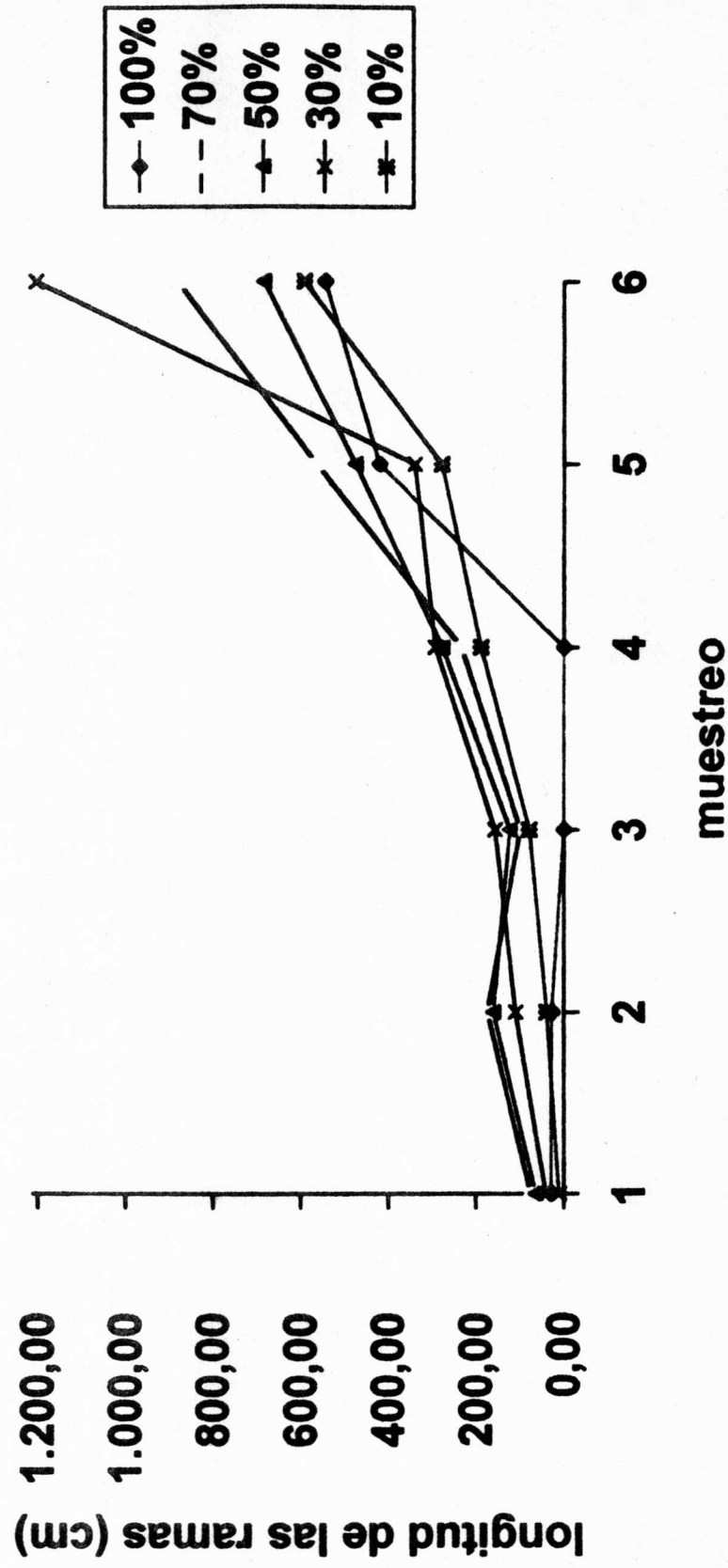
6.1.4 Longitud de las Ramas del Tallo Principal (LR)

La longitud de las ramas se incrementó de manera acelerada y constante desde el primer muestreo para los tratamientos excepto para el testigo que no mostró ningún crecimiento de las ramas, sino a partir del quinto muestreo (Figura 5).

Como se puede observar en el Cuadro 4, la variable longitud de las ramas no mostró diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$), durante el experimento entre los tratamientos. En la prueba de Tukey (Cuadro 5), se observa que los tratamientos son estadísticamente iguales, la máxima longitud de ramas que se logró fue para el tratamiento 4 (30%) con 12.04 m, seguido del tratamiento 2 (70%) con 8.82 m y el menor crecimiento de las ramas fue para el tratamiento 1 (100%) con 5.44 m. Brand (1997), reportó un crecimiento de las ramas de *K. latifolia*, L., contrario durante el segundo año de crecimiento.

Conforme maduraron las plantas fueron creciendo incrementando su longitud a partir del cuarto muestreo, fue el tratamiento 4 (30%) el que alcanzó una mayor expresión

Figura 5. Longitud de las ramas del tallo principal



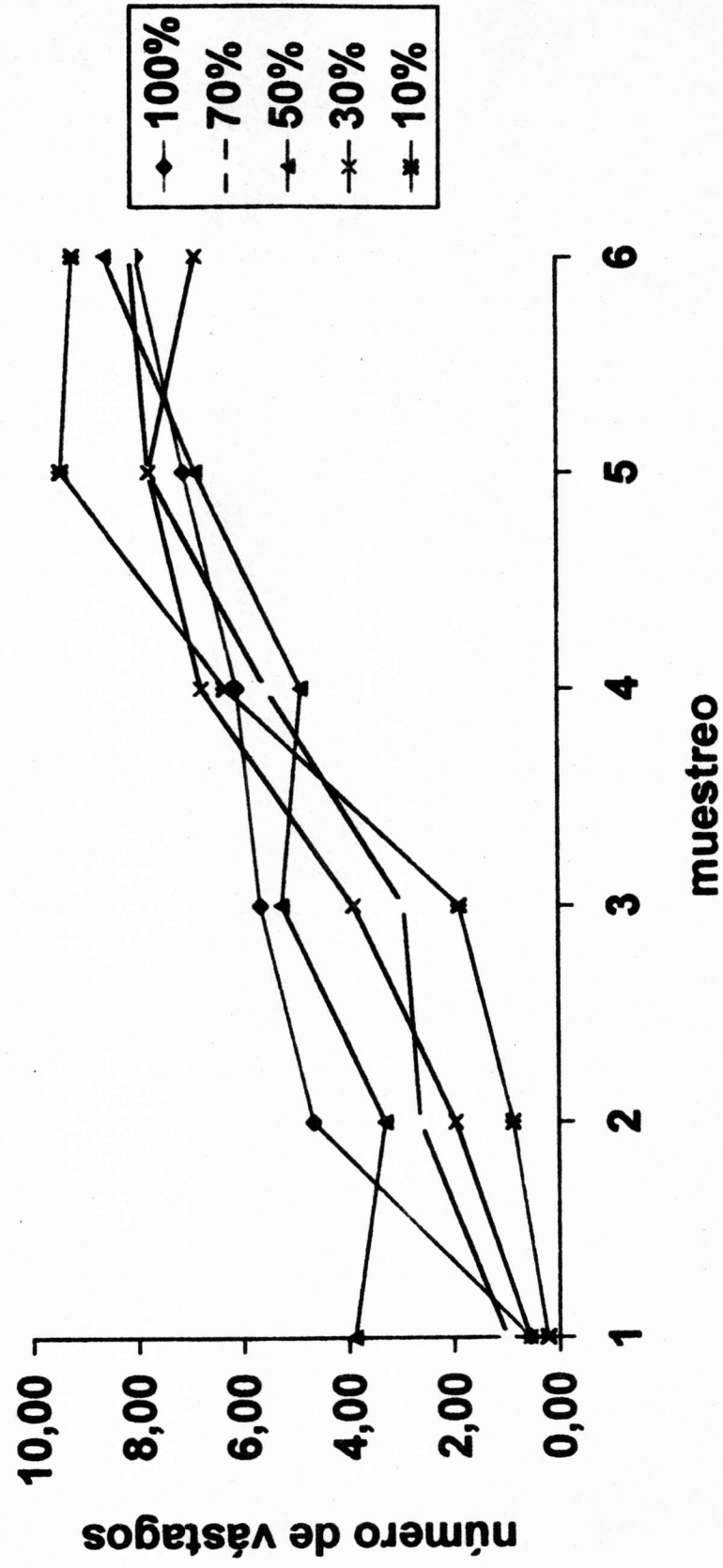
de sus características vegetativas de la longitud de las ramas con 12.04 m ($\alpha=0.05$). Esto se debió al hecho de que al estar más sombreadas las plantas fueron tratando de buscar niveles de luz adecuados para saturar sus pigmentos mostrando el efecto favorable del fototropismo como en la soya (*G. max*, Mer), jitomate (*L. esculentum*, Mill) y papa (*Solanum tuberosum*, L.) {Mitchell, 1996}.

6.1.5 Número de Vástagos del Tallo Principal (NV)

El número de vástagos se incrementó lentamente hasta el tercer muestreo, principalmente en el tratamiento 1 (100%). Durante los últimos muestreos el número aumentó más rápido en los demás tratamientos (Figura 6).

Como se observa en el Cuadro 4, sólo en el primer muestreo se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($\alpha=0.05$), siendo el tratamiento 3 (50%) el que mayor número de vástagos presentó (4), seguido del tratamiento 2 (70%) con un vástago, los tratamientos 1 (100%) y 4 (30%) con 0.55 y finalmente el tratamiento 5 (10%) con 0.22 vástagos. Posteriormente no se encontraron diferencias entre ellos y también se observó que el máximo número de vástagos fue de 9.2, correspondiente al tratamiento 5 (10%), seguido por 8.6 y 8.1 vástagos para los tratamientos 3 (50%) y 2 (70%), respectivamente (Cuadro

Figura 6. Número de vástagos

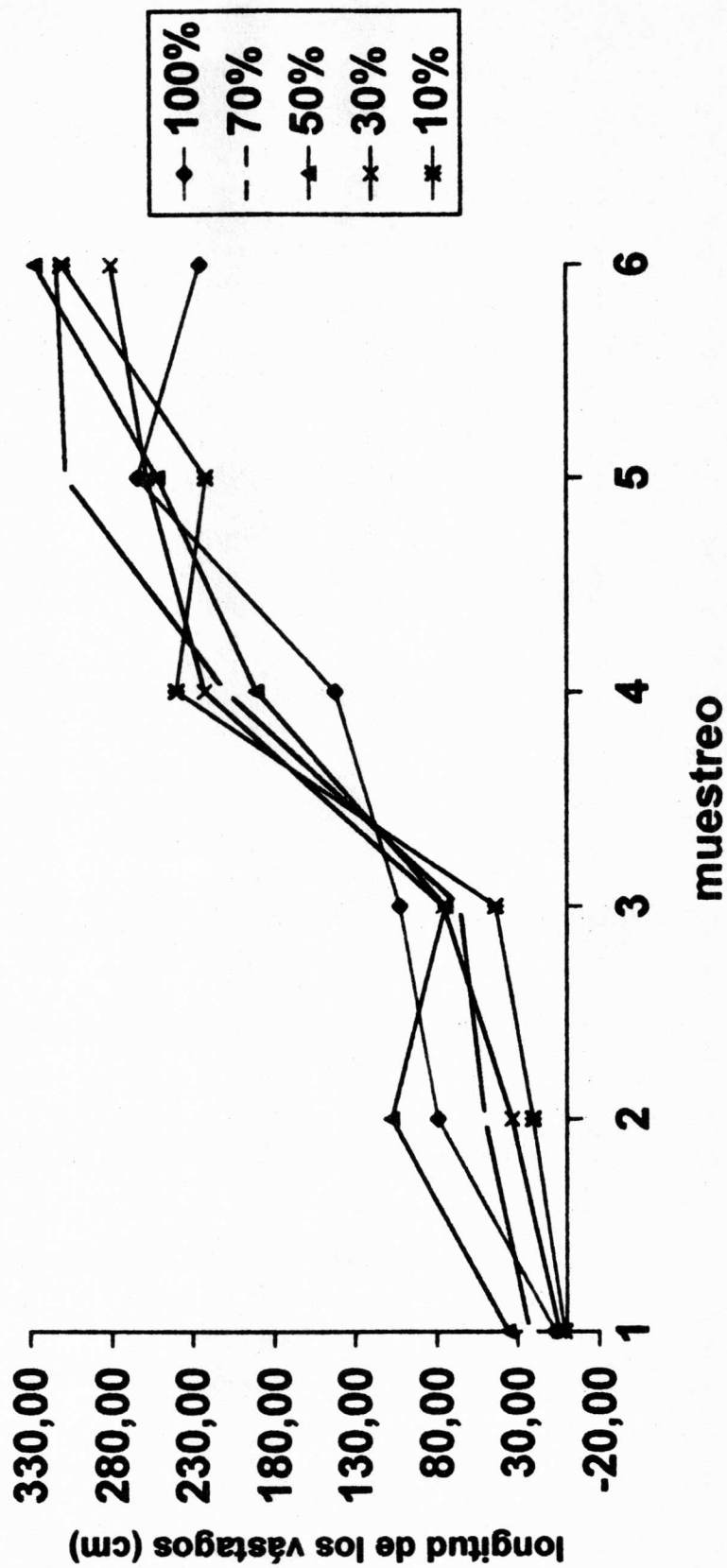


5). Los vástagos al inicio del experimento se presentaron como simples brotes laterales; al ir madurando la planta, éstos se fueron observando como plantas independientes. La formación de un mosaico foliar de las hojas del dosel proporcionaron protección a las hojas inferiores durante los primeros meses. En los meses de la época invernal además se favoreció el crecimiento de los tratamientos por las bajas irradiaciones (Salisbury y Ross, 1994). En *K. Latifolia* (Brand, 1997), *Ch. elegans* y *Chrysalidocarpus lutescens*, Wendl, al aumentar la sombra aumentan el número de vástagos y la filotaxia se presenta por efecto del sombreado (Reyes et al., 1996 a y b).

6.1.6 Longitud de los Vástagos del Tallo Principal (LV)

Esta variable presentó un crecimiento constante desde el segundo muestreo hasta concluir el experimento (Figura 7). En el Cuadro 4 se nota que se tuvieron diferencias estadísticamente significativas ($\alpha=0.05$) del primero al segundo muestreo. La prueba de Tukey, mostró que el mayor tamaño de los vástagos fue para el tratamiento 3 (50%) con 36 cm estadísticamente igual al tratamiento 2 (70%) con 22.5 cm durante el primer muestreo y estadísticamente diferente con los tratamientos 1 (100%) con 6.5 cm, 4 (30%) con 4.6 y con el tratamiento 5 (10%) con 1.5 cm durante el

Figura 7. Longitud de los vástagos



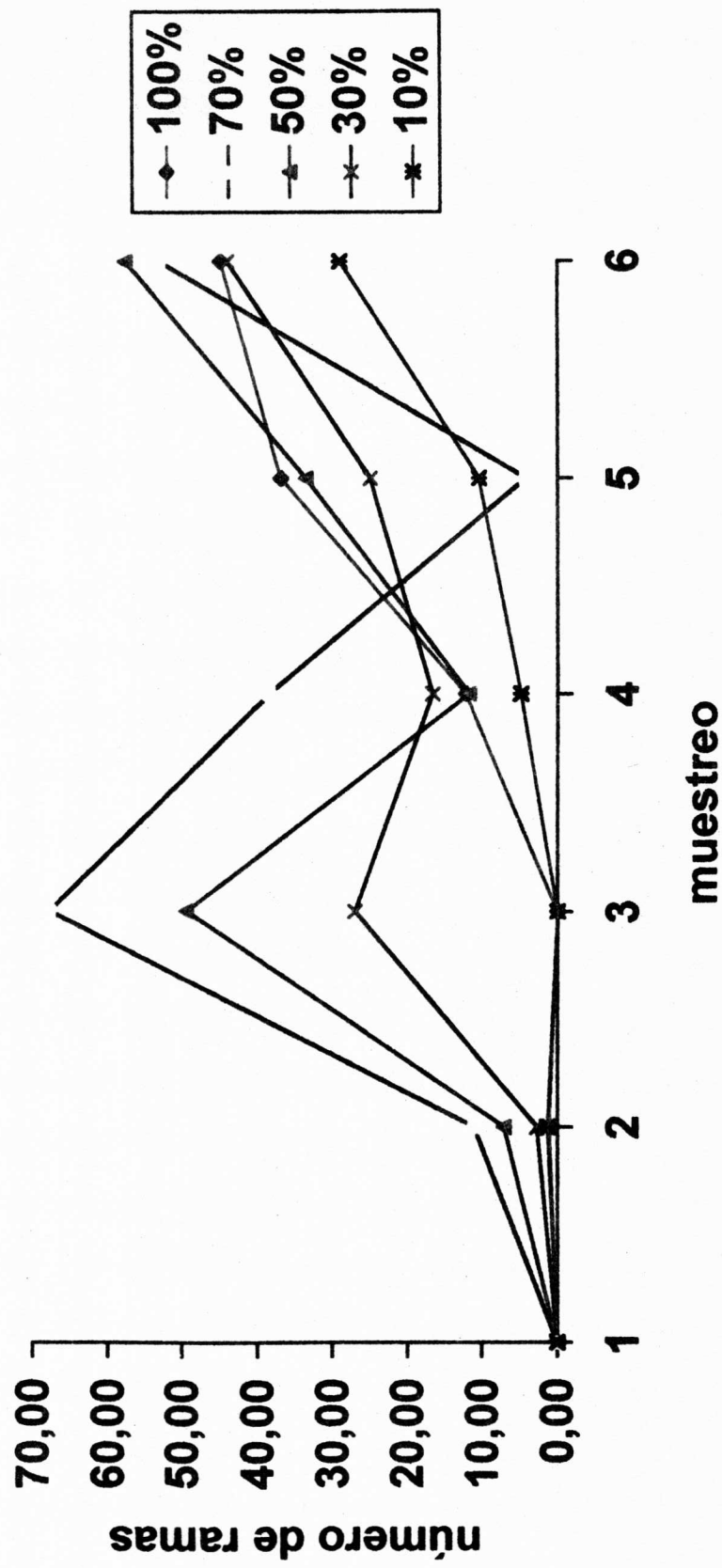
segundo muestreo. En el tercer muestreo también se encontró que el tratamiento 3 (50%) es el que tiene la mayor longitud con 1.1 m, seguido de los tratamientos 1 (100%), 2 (70%) y 4 (30%) con 79, 50 y 33.5 cm, aunque no presentaron diferencias significativas entre ellos ($\alpha=0.05$). Sin embargo, éstos tratamientos (excepto el 3), no presentaron diferencias estadísticamente significativas con el tratamiento 5 (10%) {Cuadro 5}.

La mayor longitud de los vástagos al finalizar el experimento fue de 3.3 correspondiente al tratamiento 3 (50%) seguido de los tratamientos 2 (70%) y 5 (10%) con 3.13 y 3.1 m respectivamente. La mayor longitud se expresó en el tratamiento 3 (50%) ya que, desde el inicio del experimento se incrementó aprovechando un período mayor de irradiación y por lo tanto tuvieron mayor aporte de fotosintatos. Reyes et al. (1996 a y b) reportaron que en *Ch. elegans* y *Ch. lutescens* el nivel de irradiación afecta la concentración de carbohidratos creciendo mejor con un 60% de irradiación.

6.1.7 Número de Ramas de los Vástagos (NRV)

La ramificación de los vástagos se inició hasta el segundo muestreo (Figura 8). El número de ramas de los vástagos fue una variable que presentó diferencias

Figura 8. Número de ramas de los vástagos



estadísticamente significativas ($\alpha=0.05$), entre los efectos de los tratamientos del cuarto al quinto muestreos (Cuadro 4). La prueba de Tukey mostró que el tratamiento 2 (70%) mostró un número mayor de ramas (38) con respecto a los demás tratamientos así los tratamientos 4 (30%), 1(100%), 3 (50%) y el 5 (10%) estadísticamente iguales presentaron: 16.6, 12.2, 11.7 y 4.7 ramas, respectivamente durante el tercer muestreo ($\alpha=0.05$). En el cuarto muestreo el tratamiento con más ramas de los vástagos fue el 2 (70%) con 42 estadísticamente igual a los tratamientos 1 (100%), 3 (50%) y 4 (30%) con 37, 34, y 25 ramas en los vástagos, respectivamente. Estos últimos tres tratamientos se encontraron a su vez iguales estadísticamente al tratamiento 5 (10%) que presentó 10 ramas en los vástagos, así mismo éste tratamiento fue diferente estadísticamente ($\alpha=0.05$) del tratamiento 2 (70%). En el quinto muestreo el tratamiento 3 (50%) fue el que tuvo mayor número de ramas de los vástagos con 58 estadísticamente igual ($\alpha=0.05$) a los tratamientos 2 (70%), 1 (100%) y 4 (30%) quienes presentaron 53, 45 y 44 ramas, éstos tres últimos a su vez son estadísticamente iguales con el tratamiento 5 (10%) quien presentó 29 ramas en los vástagos. Los tratamientos 3 (50%) y el 5 (10%) sin embargo, resultaron diferentes

estadísticamente ($\alpha=0.05$), {Cuadro 5}. Al inicio los vástagos se fueron incrementando paulatinamente conforme la irradiación permitió una mejor saturación de las hojas en las ramas del tallo principal. En el caso del tratamiento testigo hubo una fotoinhibición por el exceso de irradiación durante los meses de mayor intensidad (de junio a octubre). Sin embargo, en los meses de invierno al disminuir los niveles de irradiación permitió que los vástagos en este tratamiento continuaran su desarrollo, semejantes resultados son presentados por *Ch. elegans* y *Ch. lutescens*, (Reyes et al., 1996 a y b), *A. japonica* (Andersen et al., 1991) y *K. latifolia* (Brend, 1997), quienes al aumentar los niveles de irradiación disminuyen sus ramificaciones. Mientras que en los tratamientos 3 (50%) y 2 (70%) desde que inician el desarrollo de los brotes laterales su desarrollo fue incrementándose teniendo un período largo de aporte de fotosintatos para la planta. Los tratamientos 4 (30%) y 5 (10%) sufrieron el caso contrario del testigo siendo la luz un factor limitante para su crecimiento. Los bajos niveles de irradiación impidieron que las hojas se saturaran y los fotosintatos fueron insuficientes para la planta, ya que, como lo mencionan Reyes, et al. (1996 a) para *Ch. elegans* y Mitchel (1996) en el caso del jitomate, papa y soya, los bajos

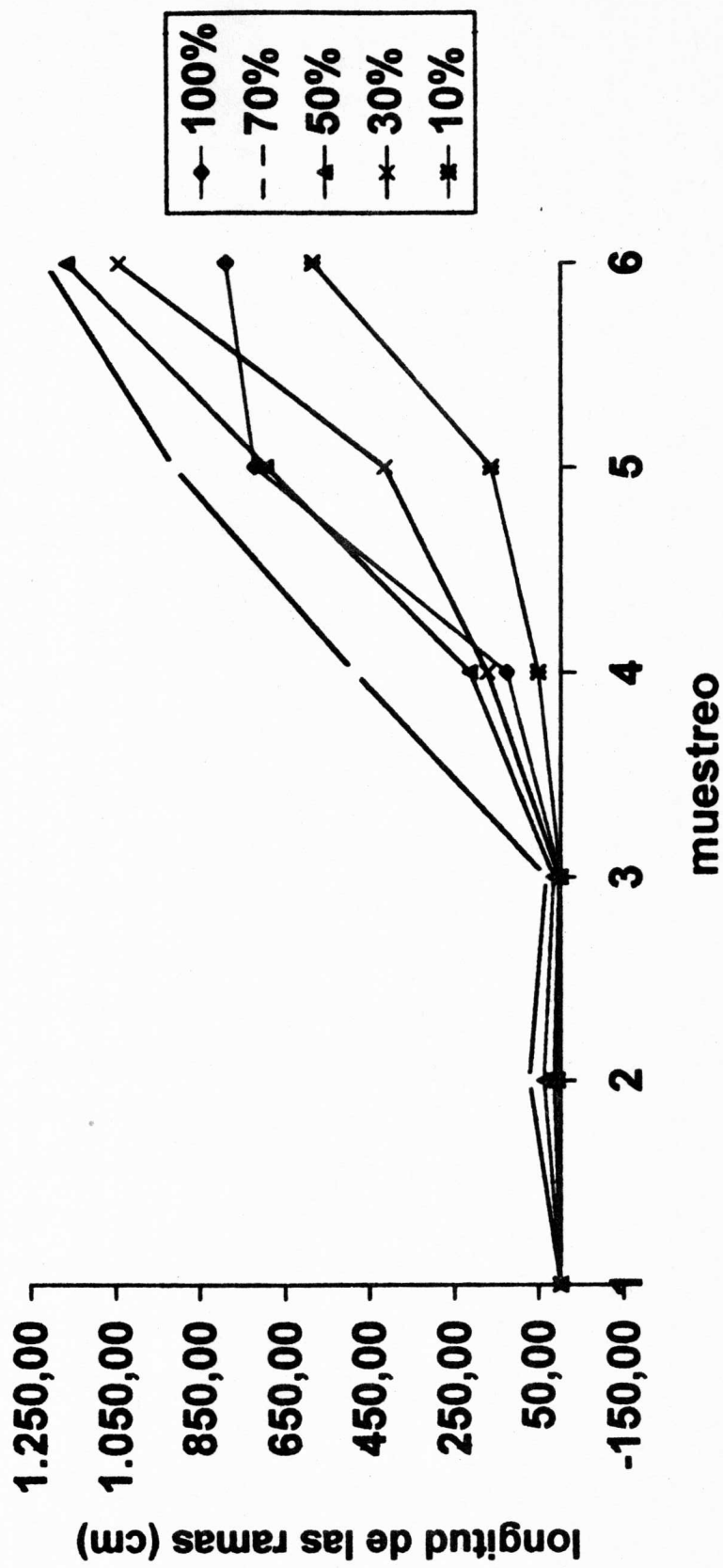
niveles de irradiación afecta la concentración de carbohidratos en las ramas de éstas plantas sobre todo en el invierno.

6.1.8 Longitud de las Ramas de los Vástagos (LRV)

Las ramificaciones de los vástagos se presentaron a partir del segundo muestreo, incrementándose rápidamente en los tratamientos 4 (30%), 3 (50%) y 2 (70%). En los tratamientos 1 (100%) y 5 (10%) su desarrollo se volvió más lento durante el tercer muestreo, reestableciéndose el ritmo normal a partir del cuarto muestreo (Figura 9).

La longitud de las ramas de los vástagos mostró diferencias estadísticamente significativas ($\alpha = 0.05$) del cuarto a quinto muestreo (Cuadro 4). Siendo el tratamiento 2 (70%) el de mayor incremento de acuerdo con la prueba de Tukey, y el tratamiento 5 (10%) el de menor desarrollo. En el cuarto muestreo el tratamiento 2 (70%) fue el de mayor longitud con 4.9 m seguido por el tratamiento 3 (50%) con 2.1 m, el tratamiento 4 (30%) con 1.7 m, el tratamiento 1 (100%) con 1.3 m y por último el tratamiento 5 (10%) con 0.52 m. Los tratamientos 2 (70%), 3 (50%), 4 (30%) y 1 (100%) son estadísticamente iguales así como los tratamientos 1 (100%), 3 (50%), 4 (30%) y 5 (10%), mientras que los tratamientos 2 (70%) y 5 (10%) son estadísticamente

Figura 9. Longitud de las ramas de los vástagos



diferentes ($\alpha=0.05$), {Cuadro 5}. En el quinto muestreo el tratamiento 2 (70%) fue el de mayor longitud con 9.1 m estadísticamente igual ($\alpha=0.05$) a los tratamientos 1 (100%) con 7.2 m, 3 (50%) con 7 m, 4 (30%) con 4.2 m éstos últimos tres son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$) a su vez con el tratamiento 5 (10%) que presentó una longitud de 1.7 m. Finalmente éste tratamiento fue diferente estadísticamente ($\alpha=0.05$) del tratamiento 2 (70%).

La longitud máxima de las ramas de los vástagos fue de 12.2 m correspondiente al tratamiento 2 (70%). Para los tratamientos 3 (50%), 4 (70%), testigo y 5 (10%), las longitudes fueron 11.7, 10.5, 8 y 6 m respectivamente. Los tratamientos 2 (70%), 3 (50%), 4 (30%) y 1 (100%) fueron estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$) así como los tratamientos 1 (100%), 4 (30%) y 5 (10%), sin embargo, los tratamientos 2 (70%), 3 (50%) con respecto al tratamiento 5 (10%) fueron estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$). El brote y desarrollo de las ramas de los vástagos se iniciaron a partir del segundo muestreo, ya que todo el aporte fotosintético fue dedicado al crecimiento de las ramas del tallo principal como en *Ch. elegans* (Reyes et al., 1996 a), en *K. latifolia* (Brand, 1997) y *A. japonica* (Andersen et al., 1991). Una vez que los vástagos crecieron fueron desarrollando sus

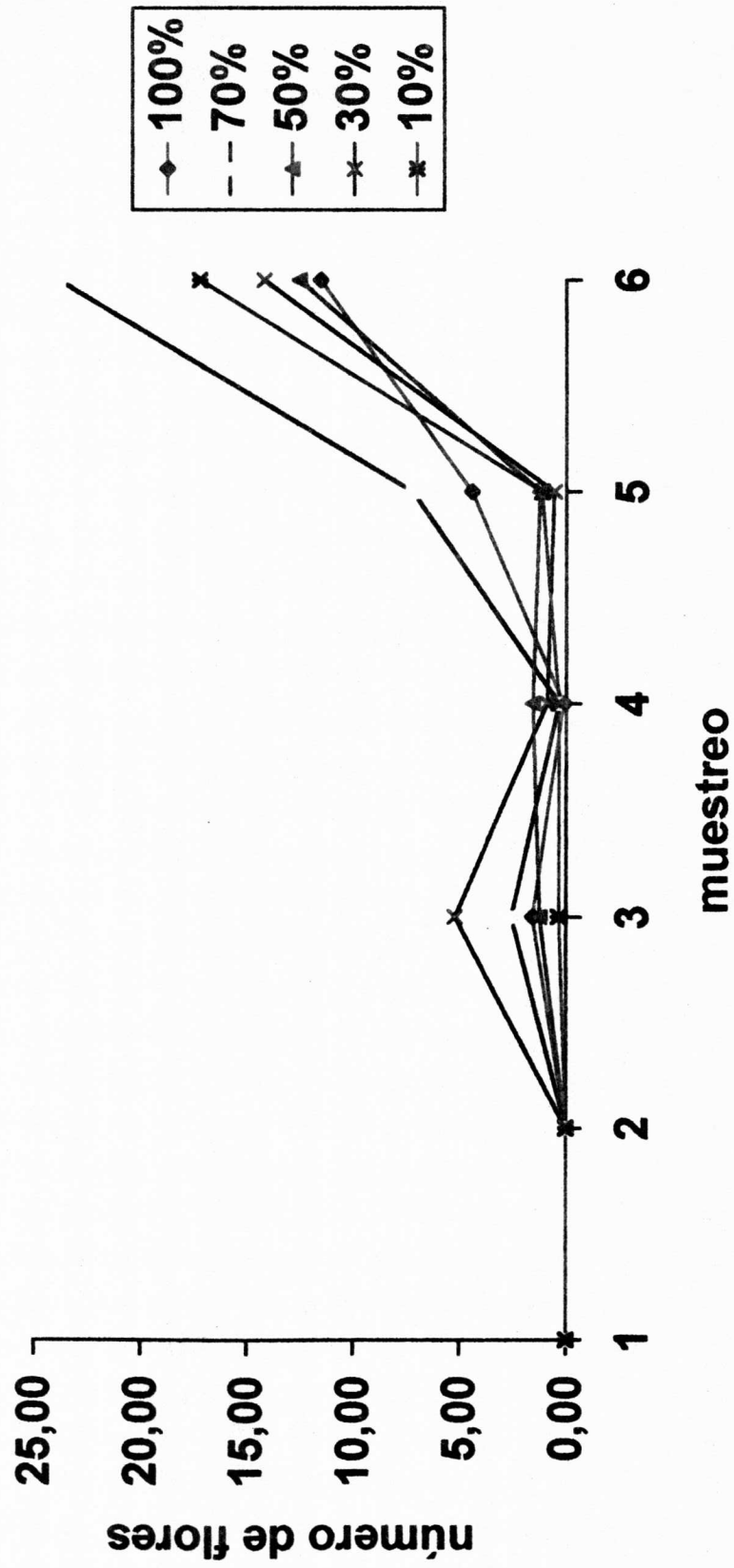
ramas gracias al efecto de mosaico foliar de las ramas del tallo principal durante el segundo y tercer muestreo protegiendo las partes inferiores contra los excesos de irradiación. Del cuarto muestreo al sexto que correspondió a la época invernal la sensibilidad fue favorecida por el efecto de la estacionalidad (Hinojosa, 1984). Las ramas de los vástagos compitieron con las ramas del tallo principal superándolas pasando a constituir la estructura principal de la planta. Con niveles de irradiación del 30 al 70% el número de ramas se incrementó como en *K. latifolia* (Brand, 1997), en *Ch. elegans* (Reyes et al., 1996 a). En crisantemo (Schoellhorn et al., 1996) así como en jitomate, papa y la soya (Mitchell, 1996), por el contrario el número de ramas se incrementó conforme se incrementaron los niveles de irradiación.

6.1.9 Número de flores (NF)

La aparición de las primeras flores fue a partir del tercer muestreo excepto para el tratamiento 5 (10%) que presentó floración hasta el cuarto muestreo (Figura 10).

De acuerdo con el Cuadro 4, no existieron diferencias estadísticamente significativas ($\alpha=0.05$), entre los efectos de los tratamientos. En cuanto al número máximo de flores, este fue para el tratamiento 2 (70%) con 44 flores, seguido

Figura 10. Número de flores



por los tratamientos 3 (50%), 4 (30%), 5 (10%) y 1 (100%) con 17, 14, 13 y 12 flores, respectivamente (Cuadro 5). La evaluación del número de flores no se continuó hasta la producción de frutos, debido a una helada que se presentó en el mes de enero de 1997 donde la mayoría de las plantas murieron.

En cuanto a las variables longitud de la raíz (RL), diámetro de la raíz (RD), peso seco de la raíz (RPS) y peso seco del follaje (PSF) no tuvieron diferencias significativas en el sexto muestreo ($\alpha=0.05$).

Con respecto a la variable peso seco de la raíz el tratamiento 4 (30%) mostró el mayor peso seco con 110 g seguido de los tratamientos 5 (10%) con 90 g, los tratamientos 1 (100%) y 2 (70%) cada uno con 67 g y el tratamiento 5 (10%) con 47 g semejante a lo presentado por Andersen et al. (1991) en *A. japonica*. La mayor longitud de la raíz se tuvo en el tratamiento 1 (100%) con 38 cm seguido del tratamiento 2 (70%) con 33 cm, 3 (50%) con 32 cm, 4 (30%) con 31 cm y finalmente el tratamiento 5 (10%) con 27 cm. El diámetro máximo fue para el tratamiento 1 (100%) con 1.65 cm continuando con los tratamientos 2 (70%), 3 (50%), 4 (30%) y 5 (10%) con 1.5, 1.5, 1.3 y 1.2 cm, respectivamente (Cuadro 5). Como se observa el

tratamiento testigo fue el que tuvo un mayor desarrollo de su raíz debido a que el suelo de este tratamiento estuvo expuesto más tiempo a los altos niveles de irradiación por lo que hubo una mayor pérdida de agua y la raíz tuvo que buscar agua a mayores profundidades. El tratamiento 5 (10%), por el contrario, la evaporación del agua en el suelo fue menor y su raíz se desarrolló menos. El mayor incremento en biomasa se tuvo en los tratamientos del 30 al 70% (Cuadro 5).

En cuanto a la variable peso seco del follaje el tratamiento 2 (70%) tuvo 300 g, seguido por los tratamientos 4 (30%), con 269 g, 3 (50%) con 221.5 g, 1 (100%) con 209 g y el tratamiento 5 (10%) con 206 g (Cuadro 5). Su comportamiento fue semejante a lo presentado en el desarrollo de la raíz. Andersen et al (1991) reportó similares resultados para *A. japonica* en los tratamientos del 29, 47, 69 y 100% de irradiación pero en el caso de *K. latifolia* (Brand, 1997) sucedió lo contrario ya que el peso seco del follaje se incrementó directamente con la irradiación, en el segundo año del cultivo.

La respuesta de crecimiento de los brotes laterales se dió gracias a la protección contra la solarización tanto de la malla de sombra como al efecto del mosaico foliar

mejorando la respuesta fotosintética de los tratamientos 2 (70%), 3 (50%) y 4 (30%) como en *A. japonica* (Andersen et al., 1991). Esto se debió a que las hojas del dosel absorbieron gran parte de la incidencia lumínica disminuyendo el paso hacia las partes inferiores. En el caso del testigo no fue suficiente esta protección, como no lo fue la fototaxia para evitar la solarización de las hojas, aumentando la susceptibilidad de la planta al ataque de cualquier patógeno (Salisbury y Ross, 1994). En los tratamientos 4 (30%) y 5 (10%) también existió un efecto adverso, las plantas en estos tratamientos sufrieron el efecto de un sombreado profundo, dando ramas largas, rectas y delgadas efecto del fototropismo. En los meses que corresponden a la época invernal de días cortos las plantas del tratamiento 1 (100%) principalmente, fueron favorecidas por la baja incidencia lumínica permitiéndoles desarrollar sus estructuras vegetativas. Esto permitió que las plantas con mejor desarrollo florecieran rápidamente y las que tuvieron que afrontar la solarización anterior tardaron más tiempo para florecer. La estación invernal, a pesar de favorecer el desarrollo vegetativo fue poco favorable para la respuesta de la floración (Cuadro 6).

Cuadro 5. Comparación de medias (Tukey) de nueve variables en cada uno de seis muestreos. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).

VARIABLE	TRAT	M U E S T R E O S					
		1	2	3	4	5	6
Longitud del tallo (cm)	100	23.663 a	21.773	23.110 a	32.220 a	16.070	19.440
	70	16.660 ab	16.887	16.667 ab	12.777 b	14.773	16.163
	50	14.220 b	13.327	11.883 c	15.887 b	15.217	15.773
	30	17.220 ab	18.107	16.88 abc	21.333 ab	17.887	19.553
	10	15.497 ab	18.777	22.663 ab	20.887 ab	21.773	21.773
Diámetro del tallo (cm)	100	0.5633	0.6133	0.6067	0.5767 c	0.893	0.9900
	70	0.5333	0.6800	0.7200	0.9233 ab	1.060	1.1633
	50	0.4833	0.6133	0.6633	0.9833 ab	0.933	1.0200
	30	0.4867	0.6367	0.6833	0.84 abc	0.917	1.1667
	10	0.4400	0.5100	0.5900	0.7 bc	0.780	0.9200
Número de ramas del tallo	100	9.220	5.00	0 b	0	16.107	26.107
	70	18.440	40.77	45.88 ab	25.220	23.553	38.663
	50	14.997	35.77	58.33 a	20.777	19.663	29.720
	30	13.997	35.31	39.70 ab	20.773	13.440	50.220
	10	3.993	11.66	11.44 ab	15.220	14.663	26.553
Longitud de las ramas del tallo (cm)	100	28.72	26.53	0	0	420.8	544.4
	70	74.17	174.03	98.66	233.8	564.6	882.4
	50	63.40	160.40	123.00	277.6	475.1	685.7
	30	39.94	108.83	156.44	293.7	340.4	1203.7
	10	11.66	37.47	77.42	189.3	278.9	592.1
Número de vastagos	100	0.553b	4.633	5.67	6.110	7.110	7.997
	70	0.997b	2.633	29.44	5.553	7.777	8.110
	50	3.883a	3.300	52.55	4.887	6.883	8.610
	30	0.553b	1.967	3.89	6.773	7.773	6.883
	10	0.220b	0.867	1.89	6.333	9.443	9.220

continuación

Longitud de los vástagos (cm)	100	6.50 b	79.20 ab	103.00	142.55	264.44	225.55
	70	22.55 ab	50.27 ab	65.55	210.00	308.44	313.39
	50	35.96 a	107.97 a	74.55	191.22	251.88	326.89
	30	4.61 b	33.53 ab	75.94	222.77	258.33	280.55
	10	1.50 b	20.43 b	43.89	240.44	222.11	310.44
Número de ramas de los vástagos	100		1.10	0	12.220 b	36.887 ab	44.89 ab
	70		11.10	67.78	38.443 a	42.110 a	53.11 ab
	50		7.10	49.50	11.777 b	33.550 ab	57.66 a
	30		2.67	27.00	16.663 b	24.887 ab	44.11 ab
	10		1.30	0	4.777 b	10.443 b	29.00 b
Longitud de las ramas de los vástagos (cm)	100		9.83	0	126.1 ab	723.8 ab	791.4 ab
	70		71.37	32.33	486.7 a	914.2 a	1214.2 a
	50		37.07	16.55	213.9 ab	695.4 ab	1165.9 a
	30		14.33	2.55	173.3 ab	416.3 ab	1044.7 ab
	10		6.87	0	52.2 b	165.0 b	586.1 b
Peso seco de la raíz (g)	100						67
	70						67
	50						90
	30						110
	10						47
Longitud de la raíz (cm)	100						38.3
	70						32.6
	50						32.3
	30						31.0
	10						27.0
Diámetro de la raíz (g)	100						1.65
	70						1.46
	50						1.49
	30						1.32
	10						1.20

continuación

Peso seco del follaje (g)	100				209
	70				300
	50				221
	30				269
	10				206
Número de flores	100	1.553	0.110	4.443	11.55
	70	2.553	0.333	7.220	43.89
	50	1.220	1.553	1.220	17.55
	30	5.220	0.887	0.553	14.22
	10	0	0.333	1.100	12.55

Cuadro 6. Significancias y pruebas de Tukey de las medias de los efectos de los tratamientos evaluados en nueve variables a los 148 días después del transplante

VARIABLE	N I V E L D E I R R A D I A C I O N (%)				
	100	70	50	30	10
LT (cm) * cv=23	22.713 a	15.654 dc	14.384 d	18.497 bc	20.228 ab
DT (cm) cv= 29	0.7072	0.8467	0.7828	0.7883	0.6567
NR * cv= 70	9.405 b	32.089 a	29.876 a	28.907 a	13.922 b
LR (cm) cv= 123	167.1	325.7	287.6	350.4	195.9
NV cv= 189	6.341	12.683	18.704	5.321	4.878
LV (cm) cv= 81	140.58	170.30	169.32	151.85	141.50
NRV * cv= 96	18.582 b	40.803 a	27.385 ab	18.127 b	9.776 b
LRV (cm) cv= 142	275.2	450.1	356.4	278.6	135.2
NF cv=185	2.942	5.110	2.758	3.480	3.111

* Diferencias significativas entre tratamientos con $\alpha = 0.05$

cv es el coeficiente de variación

LT= longitud del tallo principal. DT= diámetro del tallo principal. NR= número de ramas del tallo principal. LR= longitud de las ramas del tallo principal. NV= número de vástagos. LV= longitud de los vástagos. NRV= número de ramas de los vástagos. LRV= longitud de las ramas de los vástagos. NF= número de flores.

Se realizó un análisis de varianza utilizando todos los datos registrados durante los seis muestreos (Cuadro 6). La longitud del tallo en el tratamiento 1 (100%) fue el que tuvo la mayor longitud (22.7 cm), seguido por los tratamientos 5 (10%), 4 (30%), 2 (70%), 3 (50%) con 20.2, 18.5, 15.6 y 14.4 cm, respectivamente. El número de ramas del tallo principal no presentaron diferencias

estadísticamente significativas ($\alpha=0.05$) entre los tratamientos 2 (70%), el 3 (50%) y el 4 (30%) quienes tuvieron 32, 30 y 29 ramas respectivamente. Los tratamientos 1 (100%) y 5 (10%) con 9 y 14 ramas tampoco tuvieron diferencias estadísticamente significativas ($\alpha=0.05$); sin embargo, entre el primer conjunto y el segundo sí tuvieron diferencias significativas ($\alpha=0.05$). En cuanto al número de ramas de los vástagos el de mayor número fue para el tratamiento 2 (70%) con 41 ramas igual estadísticamente ($\alpha=0.05$) con el tratamiento 3 (50%) que tuvo 27 ramas. El tratamiento 2 (70%) mostró diferencias significativas ($\alpha=0.05$) con los tratamientos 1 (100%), 4 (30%) con 18 ramas cada uno y 5 (10%) con 10 ramas, pero el tratamiento 3 no las presentó con ellos.

El tratamiento del 70% de irradiación es el que presentó mayor diámetro del tallo con 0.8 cm y el de menor diámetro fue para el tratamiento 5 (10%) con 0.65 cm. La máxima longitud de las ramas del tallo principal fue para el tratamiento 4 (30%) con 3.5 m seguido de los tratamientos 2 (70%), 3 (50%), 5 (10%) y 1 (100%) con 3.3, 2.9, 2 y 1.7 m, respectivamente. El mayor número de vástagos se encontró en el tratamiento 3 (50%) con 19 vástagos precediendo a los tratamientos 2 (70%), 1 (100%), 4 (30%) y

5 (10%) que tuvieron 13, 6, 5 y 4.8 vástagos según la prueba de Tukey. La variable longitud de los vástagos encontró su mayor valor en el tratamiento 2 (70%) con 170 cm. Los tratamientos 3 (50%) tuvo 1.7 m, 4 (30%) con 1.5 m, 5 (10%) con 1.42 m, y el tratamiento 1 (100%) con 1.41 m. La máxima longitud de las ramas de los vástagos se encontró en el tratamiento 2 (70%) con 4.5 m, continuando con los tratamientos 3 (50%) con 3.6 m, 4 (30%) con 2.8 m, 1 (100%) con 2.7 m y 5 (10%) con 1.3 m. Por último se observa que el número de flores fue mayor en el tratamiento 2 (70%) con 5 flores seguido por los tratamientos 4 (30%), 5 (10%), 1 (100%) y 3 (50%) con 3.5, 3, 2.9, 2.7, respectivamente.

El tratamiento que más favoreció el desarrollo de la longitud del tallo fue el tratamiento del 10% seguido del tratamiento del 30% de irradiación.

El tratamiento del 70% de irradiación favoreció las variables número de ramas del tallo principal y la longitud de las ramas del tallo principal (LR) ocupando durante los seis muestreos los tres primeros lugares. El desarrollo del número de ramas de los vástagos y la longitud de las ramas de los vástagos en este tratamiento mostró primordialmente el primer sitio para el número de vástagos y para la longitud de los vástagos osciló entre el segundo y tercer

sitio. El número de flores en el tratamiento del 70% al inicio del experimento estuvo entre el segundo y tercer lugar al final del experimento ocupó el primer sitio e incluso se lograron amarrar dos de ellas.

Se observó que el número de flores durante el desarrollo de la planta, correspondieron con los los tratamientos que tuvieron el mayor desarrollo de las ramas del tallo principal, el número de ramas de los vástagos y la longitud de las ramas de los vástagos.

El tratamiento 2 (70%), favoreció el desarrollo vegetativo y la floración, tanto en la estación de primavera como durante el invierno. Las plantas en este tratamiento no sufrieron el efecto de la solarización, dedicando todos sus fotosintatos al crecimiento y al desarrollar de sus estructuras reproductivas. En *Arabidopsis* por el contrario se requiere una mayor irradiación para tener una mayor floración (Eskins, 1992). Los resultados de este experimento coinciden con los reportados por Brand (1997), es decir, que al disminuir los niveles de irradiación hasta el punto de saturación fotosintética, se disminuye la temperatura del dosel y de la superficie radicular permitiendo un mejor funcionamiento

y por tanto un mejor crecimiento de las plantas compensado por la reducción de la fotosíntesis bajo la sombra.

6.2 Correlación de las variables respuesta

Las matrices de correlación de cada muestreo y una general se dan en los cuadros 7, 8, 9, y 10. La significancia considerada fue de $\alpha = 0.01$.

6.2.1 Longitud del Tallo Principal (LT)

Durante el primer muestreo la longitud del tallo tuvo correlación significativa con el diámetro del tallo con 0.615 ($\alpha = 0.01$), con las variables número de ramas, longitud de las ramas tallo principal, número y longitud de los vástagos no hubo correlación significativa. En el segundo muestreo no se encontró correlación significativa entre la longitud del tallo y las demás variables estudiadas. En el tercer muestreo la correlación significativa se encontró con el número de ramas del tallo principal que fue de -0.674 ($\alpha = 0.006$). En el cuarto muestreo se encontró correlación negativa con el diámetro del tallo de -0.7 ($\alpha = 0.002$) y la longitud de las ramas de los vástagos -0.68 ($\alpha = 0.005$). En el quinto muestreo también se encontró correlación negativa con la variable número de ramas de los vástagos -0.63 ($\alpha = 0.01$). Finalmente

durante el sexto muestreo no existió correlación con ninguna de las restantes variables estudiadas.

El efecto de la longitud del tallo principal durante el experimento no fue contundente sobre las demás variables, pero si de éstas para con la longitud del tallo, como se aprecia en las correlaciones negativas. Existió una disminución en el incremento de su longitud con respecto al número de ramas del tallo principal, de los vástagos y la longitud de éstos. Esto se hace evidente debido a que el tallo no formó la estructura principal de la planta, sino que fueron los vástagos los favorecidos durante la competencia.

6.2.2 Diámetro del Tallo Principal (DT)

El diámetro del tallo presentó correlación positiva con las variables longitud del tallo de 0.615 ($\alpha = 0.01$), número de ramas con 0.623 ($\alpha = 0.01$), longitud de las ramas con 0.613 ($\alpha = 0.01$) en el primer muestreo. En el segundo muestreo tuvo correlación positiva con la variable longitud de las ramas con 0.635 ($\alpha = 0.01$). En el tercer muestreo no se encontró correlación significativa del diámetro del tallo con las demás variables. En el cuarto muestreo tuvo correlación positiva con las variables número y longitud de

las ramas con 0.67 ($\alpha=0.006$) y 0.788 ($\alpha=0.0005$). En el quinto muestreo se encontró correlación significativa con las variables número de ramas con 0.691 ($\alpha=0.004$), longitud de las ramas con 0.762 ($\alpha =0.001$). De nuevo en el sexto muestreo la variable longitud de las ramas presentó correlación significativa de 0.633 ($\alpha =0.01$). El diámetro del tallo se incrementó conforme se incrementó las ramas del tallo y de los vástagos, es decir, para soportar una estructura aérea mayor se requiere un tallo más fuerte.

Principalmente esta variable durante el experimento tuvo correlación significativa con las variables número de ramas y con la longitud de las ramas del tallo principal lo cual corresponde a un mayor aporte de fotosintatos, y una mayor demanda de nutrientes de la parte aérea de la planta.

6.2.3 Número de Ramas del Tallo Principal (NR)

La variable número de ramas presentó una correlación alta con el diámetro del tallo con 0.623 ($\alpha =0.01$), la longitud de las ramas 0.976 ($\alpha =0.0001$) en el primero muestreo. En el segundo muestreo se encontró correlación significativa con la longitud de las ramas del tallo principal 0.897 ($\alpha =0.0001$). En el cuarto muestreo el número de ramas tuvo correlación negativa con la variable

longitud del tallo -0.674 ($\alpha = 0.006$) y positiva con el número de vástagos con 0.639 ($\alpha = 0.01$). En el cuarto muestreo existió correlación positiva con el diámetro del tallo con 0.67 ($\alpha = 0.006$) y la longitud de las ramas con 0.816 ($\alpha = 0.0002$). De nuevo se presentó correlación con las variables diámetro del tallo y la longitud de las ramas con 0.691 ($\alpha = 0.004$) y 0.957 ($\alpha = 0.0001$), respectivamente en el quinto muestreo. Por último en el sexto muestreo se encontró correlación con la variable longitud de las ramas del tallo principal con 0.969 ($\alpha = 0.0001$). Además tiene una correlación baja con la variable diámetro del tallo principal de 0.691 ($\alpha = 0.004$) en el quinto muestreo, esto nos permite pensar que al incrementarse el número de ramas del tallo principal esperamos una mayor longitud de éstas y a su vez un tallo de mayor grosor para soportar mayor peso aéreo.

6.2.4 Longitud de las Ramas del Tallo Principal (LR)

La longitud de las ramas mostró correlación con el diámetro del tallo con 0.613 ($\alpha = 0.01$) y con el número de ramas con 0.976 ($\alpha = 0.0001$) como se mencionó anteriormente. En el segundo muestreo también presentó correlación con el diámetro del tallo con 0.635 ($\alpha = 0.01$), y con el número de

ramas 0.897 ($\alpha = 0.0001$). Durante el tercer muestreo no se presentó correlación significativa con ninguna variable. En el cuarto muestreo se encontró correlación significativa entre el diámetro y el número de ramas del tallo principal con 0.788 ($\alpha = 0.0005$) y 0.816 ($\alpha = 0.0002$), respectivamente. En el quinto muestreo también presentó correlación con las variables diámetro con 0.762 ($\alpha = 0.001$) y número de ramas del tallo con 0.957 ($\alpha = 0.0001$) además con la longitud de las ramas de los vástagos con 0.605 ($\alpha = 0.01$) y el número de flores con 0.656 ($\alpha = 0.007$). En el sexto muestreo se presentó correlación significativa con el diámetro del tallo con 0.633 ($\alpha = 0.01$), el número de ramas con 0.969 ($\alpha = 0.0001$) y correlación negativa con el número de vástagos de -0.614 ($\alpha = 0.01$). La presencia de un mayor número de ramas y una mayor longitud de ellas en las plantas involucra a su vez mayor cantidad de hojas en la misma, contribuyendo con esto a la formación de fotosintatos lo que permite que las plantas dediquen una buena cantidad de ellos para su reproducción.

6.2.5 Número de Vástagos (NV)

En el primer muestreo el número de vástagos presentó correlación significativa con la longitud de los vástagos

con 0.903 ($\alpha = 0.0001$). Durante el segundo muestreo sólo mostró correlación de 0.699 ($\alpha = 0.006$) con la longitud de los vástagos. En el tercer muestreo tuvo correlación con las variables número de ramas con 0.639 ($\alpha = 0.01$) y la longitud de las ramas de los vástagos con 0.693 ($\alpha = 0.004$). En el cuarto y quinto muestreo no presentó correlación con ninguna de las variables. Durante el sexto muestreo se encontró que tuvo correlación negativa con la longitud de las ramas del tallo principal con -0.614 ($\alpha = 0.01$) y positiva con la longitud de los vástagos con 0.788 ($\alpha = 0.0005$) y con el número de las ramas de los vástagos con 0.612 ($\alpha = 0.01$). Esto permitió que al aumentar el número y la longitud de los vástagos también se desarrollaron sus ramificaciones, ya que se mostraron más eficientes que las ramificaciones del mismo tallo principal como se muestra en la correlación negativa del sexto muestreo.

6.2.6 Longitud de los vástagos (LV)

Esta variable en el primer muestreo tuvo correlación significativa con el número de vástagos con 0.903 ($\alpha = 0.0001$). Del segundo al cuarto muestreo no se encontró correlación de la longitud de los vástagos con alguna de las variables estudiadas. En el quinto muestreo se encontró correlación significativa con el número de las ramas de los vástagos con 0.614 ($\alpha = 0.01$). Y durante el

sexto muestreo se obtuvo correlación de nuevo con el número de ramas de los vástagos con 0.636 ($\alpha = 0.01$), con el número de vástagos con 0.788 ($\alpha = 0.0005$) y con la longitud de las ramas de los vástagos con 0.604 ($\alpha = 0.01$). La longitud de las ramas se incrementó en proporción directa con respecto al incremento de los vástagos. Se permitió que sus ramificaciones se extiendieran más que las ramas del dosel pertenecientes al tallo principal, ya que estas sufrieron los efectos adversos de la solarización. Los vástagos al inicio debido a la protección del mosaico foliar pudieron madurar mejor comportándose como plantas individuales compitiendo con el tallo principal llegando a desplazarlo.

6.2.7 Número y longitud de las Ramas de los Vástagos (NRV y LRV)

La variable número de ramas de los vástagos presentó correlación significativa en el segundo muestreo con la longitud de las ramas de los vástagos con 0.952 ($\alpha = 0.0001$), posteriormente en el cuarto muestreo de nuevo con la variable longitud de las ramas de los vástagos con 0.877 ($\alpha = 0.0001$). En el quinto muestreo se tuvo correlación negativa significativa con la longitud del tallo principal

-0.634 ($\alpha = 0.01$) y positiva con la longitud de los vástagos, longitud de las ramas de los vástagos y el número de flores con 0.614 ($\alpha = 0.01$), 0.977 ($\alpha = 0.0001$) y 0.799 ($\alpha = 0.0006$), respectivamente. En el sexto muestreo se presentó correlación con el número y longitud de los vástagos con 0.612 ($\alpha = 0.01$) y 0.636 ($\alpha = 0.01$), con la longitud de las ramas de los vástagos 0.941 ($\alpha = 0.0001$).

La longitud de las ramas de los vástagos tuvo correlación con el número de ramas de los vástagos en el segundo muestreo con 0.952 ($\alpha = 0.0001$). En el tercer muestreo se presentó correlación con el número de los vástagos con 0.693 ($\alpha = 0.004$). En el cuarto muestreo la correlación significativa se encontró con número de ramas de los vástagos con 0.877 ($\alpha = 0.0001$) y fue negativa con la longitud del tallo con -0.68 ($\alpha = 0.005$). En el quinto muestreo se tuvo correlación con la longitud de las ramas del tallo principal, con el número de las ramas de los vástagos y el número de flores con 0.605 ($\alpha = 0.01$), 0.977 ($\alpha = 0.0001$) y 0.84 con ($\alpha = 0.0001$), respectivamente. En el sexto muestreo finalmente la correlación significativa fue con las variables longitud de los vástagos y número de las ramas de los vástagos con 0.604 ($\alpha = 0.01$) y 0.941

($\alpha=0.0001$). Esto es, el incremento del número y la longitud de las ramas de los vástagos esta determinado por el número y la longitud de los vástagos. También el mejor desarrollo de los vástagos permitió una mayor floración y por lo tanto, mayor probabilidad de amarre de flores. Se encontró que al desarrollarse los vástagos, la longitud del tallo principal no se incrementó debido al efecto de competencia.

6.2.8 Número de Flores (NF)

Respecto al número de flores, que iniciaron su aparición a partir del tercer muestreo tuvieron correlación positiva con la longitud de las ramas 0.656 ($\alpha =0.007$), con el número de ramas de los vástagos con 0.779 ($\alpha =0.0006$) y con la longitud de las ramas de los vástagos de 0.84 ($\alpha=0.0001$). Durante el sexto muestreo no mostraron correlación con alguna de las variables estudiadas.

En la correlación general se tuvo significancia con el diámetro del tallo principal de 0.66 ($\alpha =0.0001$), con la longitud de las ramas del tallo principal de 0.71 ($\alpha=0.0001$) y con la longitud de las ramas de los vástagos de 0.73 ($\alpha =0.0001$).

Los picos de floración se presentaron cuando las plantas alcanzaron su madurez y se vió favorecida por el

desarrollo de los vástagos. También se mostró que el tallo principal sólo se incrementó en grosor y no en longitud para soportar a las partes aéreas tanto de las ramificaciones del mismo tallo principal como de los vástagos.

Cuadro 7. Correlaciones entre las variables evaluadas en el chile manzano. La diagonal superior de la matriz corresponde a los resultados del primer muestreo y la diagonal de la parte inferior a los resultados del segundo muestreo

VARIABLE	LT	DT	NR	LR	NV	LV	NRV
LT	1.0	0.615	0.066	0.017	-0.35	-0.29	-
DT	0.143	1.0	0.623	0.013	-0.06	0.036	-
NR	0.61	0.563	1.0	0.015	0.83	0.89	-
LR	-0.24	0.03	0.976	1.0	0.27	0.402	-
NV	0.4	0.635	0.0001	0.358	1.0	0.14	-
LV	-0.325	0.01	0.0001	0.19	0.903	1.0	-
NRV	0.23	0.31	0.077	0.187	0.669	0.192	1.0
LRV	0.139	0.26	0.78	0.5	0.006	0.5	0.952
	-0.317	0.275	0.041	0.307	0.242	0.263	0.0001
	0.25	0.32	0.88	0.26	0.38	0.34	
	-0.376	0.061	0.577	0.423	0.176		
	0.16	0.82	0.02	0.11	0.53		
	-0.392	0.152	0.54	0.454			
	0.15	0.58	0.03	0.08			

El valor en la parte inferior de la celda es la significancia.

LT= longitud del tallo principal. DT= diámetro del tallo principal. NR=número de ramas del tallo principal. LR= longitud de las ramas del tallo principal. NV= número de vástagos. LV= longitud de los vástagos. NRV= número de ramas de los vástagos. LRV= longitud de las ramas de los vástagos.

Cuadro 8. Correlación entre las variables evaluadas en el chile manzano. La diagonal superior de la matriz corresponde a los resultados del tercer muestreo y la diagonal de la parte inferior a los resultados del cuarto muestreo.

VARIABLE	LT	DT	NR	LR	NV	LV	NRV	LRV	NF
LT	1.0	-0.394	-0.674	-0.273	-0.396	0.187	-0.491	-0.399	-0.005
		0.14	0.006	0.32	0.14	0.5	0.06	0.14	0.98
DT	-0.715	1.0	0.599	0.526	0.045	0.079	0.084	0.325	0.4
	0.002		0.018	0.04	0.87	0.77	0.76	0.23	0.13
NR	-0.350	0.670	1.0	-0.386	0.639	-0.278	0.132	0.63	0.117
	0.19	0.006		0.15	0.01	0.31	0.63	0.11	0.63
LR	-0.384	0.788	0.816	1.0	-0.352	0.22	0.158	-0.273	0.498
	0.38	0.0005	0.0002		0.19	0.43	0.57	0.32	0.06
NV	0.269	-0.329	0.141	-0.195	1.0	-0.481	-0.16	0.693	-0.189
	0.33	0.23	0.61	0.48		0.07	0.56	0.004	0.49
LV	-0.260	0.038	0.001	0.044	-0.193	1.0	0.336	-0.352	0.206
	0.35	0.89	0.95	0.87	0.49		0.22	0.19	0.46
NRV	-0.557	0.375	0.145	0.045	-0.113	0.214	1.0	0.192	-0.117
	0.03	0.16	0.6	0.87	0.68	0.44		0.5	0.42
LRV	-0.680	0.489	0.001	0.121	-0.131	0.177	0.877	1.0	-0.223
	0.005	0.06	0.95	0.66	0.64	0.52	0.0001		0.42
NF	-0.443	0.256	-0.231	-0.082	0.119	0.421	0.097	0.297	1.0
	0.09	0.35	0.4	0.77	0.67	0.11	0.73	0.28	

El valor en la parte inferior de la celda es la significancia.

LT= longitud del tallo principal.

DT= diámetro del tallo principal. NR= número de ramas del tallo principal. LR= longitud de las ramas del tallo principal. NV= número de vástagos. LV= longitud de los vástagos. NRV= número de ramas de los vástagos. LRV= longitud de las ramas de los vástagos. NF= número de flores.

Cuadro 9. Correlación entre las variables evaluadas en el chile manzano. La diagonal superior de la matriz corresponde a los resultados del quinto muestreo y la diagonal de la parte inferior a los resultados del sexto muestreo.

VARIABLE	LT	DT	NR	LR	NV	LV	NRV	LRV	NF
LT	1.0	-0.375	-0.403	-0.499	0.342	-0.513	-0.634	-0.561	-0.444
		0.16	0.13	0.06	0.21	0.05	0.01	0.03	0.09
DT	-0.322	1.0	0.691	0.762	-0.193	0.423	0.566	0.589	0.569
	0.24		0.004	0.001	0.5	0.11	0.02	0.02	0.02
NR	0.135	0.518	1.0	0.957	-0.23	0.182	0.439	0.466	0.541
	0.063	0.04		0.0001	0.41	0.51	0.1	0.07	0.03
LR	0.091	0.633	0.969	1.0	-0.282	0.31	0.59	0.605	0.656
	0.74	0.01	0.0001		0.3	0.26	0.02	0.01	0.007
NV	-0.436	-0.338	-0.587	-0.614	1.0	0.393	-0.221	-0.217	-0.158
	0.1	0.21	0.02	0.01		0.14	0.42	0.43	0.57
LV	-0.559	-0.131	-0.369	-0.347	0.788	1.0	0.614	0.556	0.449
	0.03	0.64	0.17	0.2	0.0005		0.01	0.03	0.09
NRV	-0.49	0.074	-0.294	-0.309	0.612	0.636	1.0	0.977	0.779
	0.68		0.28	0.26	0.01	0.01		0.0001	0.0006
LRV	-0.482	0.258	-0.117	-0.114	0.445	0.604	0.941	1.0	0.840
	0.07	0.35	0.62	0.68	0.09	0.01	0.0001		0.0001
NF	-0.346	0.347	0.070	-0.009	0.391	0.469	0.048	0.081	1.0
	0.2	0.2	0.8	0.9	0.14	0.07	0.86	0.77	

El valor en la parte inferior de la celda es la significancia.

LT= longitud del tallo principal. DT= diámetro del tallo principal. NR= número de ramas del tallo principal. LR= longitud de las ramas del tallo principal. NV= número de vástagos. LV= longitud de los vástagos. NRV= número de ramas de los vástagos. LRV= longitud de las ramas de los vástagos. NF=número de flores.

Cuadro 10 Correlacion general entre las variables evaluadas en el chile manzano durante 148 días después del transplante.

VARIABLE	LT	DT	NR	LR	NV	LV	NRV	LRV	NF
LT	1.0	-0.13 0.21	-0.24 0.02	-0.08 0.45	-0.18 0.08	-0.12 0.26	-0.31 0.002	-0.21 0.04	-0.089 0.40
DT		1.0	0.39 0.0001	0.84 0.0001	-0.08 0.45	0.72 0.0001	0.46 0.0001	0.77 0.0001	0.66 0.0001
NR			1.0	0.47 0.0001	0.36 0.0005	0.04 0.68	0.40 0.0001	0.16 0.12	0.27 0.007
LR				1.0	-0.12 0.25	0.58 0.0001	0.41 0.0001	0.72 0.0001	0.71 0.0001
NV					1.0	-0.10 0.33	0.12 0.25	-0.06 0.54	-0.05 0.63
LV						1.0	0.44 0.0001	0.77 0.0001	0.58 0.0001
NRV							1.0	0.61 0.0001	0.39 0.0001
LRV								1.0	0.73 0.0001
NF									1.0

El valor en la parte inferior de la celda es la significancia.

LT= longitud del tallo principal. DT= diámetro del tallo principal. NR= número de ramas del tallo principal. LR= longitud de las ramas del tallo principal. NV= número de vástagos. LV= longitud de los vástagos. NRV= número de ramas de los vástagos. LRV= longitud de las ramas de los vástagos. NF= número de flores.

Cuadro 11 Correlacion general entre las variables evaluadas en el muestreo destructivo en el chile manzano. Los resultados corresponden al muestreo destructivo.

VARIABLES	RPS	RL	RD	PSF
LT	-0.016	0.0436	0.0002	0.069
	0.87	0.68	0.99	0.517
DT	0.537	0.583	0.575	0.564
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NR	0.303	0.286	0.275	0.241
	0.003	0.006	0.008	0.02
LR	0.78	0.713	0.695	0.649
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NV	-0.029	-0.039	-0.033	-0.033
	0.70	0.713	0.75	0.75
LV	0.479	0.457	0.49	0.454
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
LRV	0.645	0.656	0.669	0.663
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NRV	0.382	0.381	0.401	0.392
	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001
NF	0.728	0.797	0.821	0.791
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
RPS	1.0	0.872	0.872	0.84
		0.0001	0.0001	0.0001
RL		1.0	0.977	0.93
			0.0001	0.0001
RD			1.0	0.883
				0.0001
PSF				1.0

El valor en la parte inferior de la celda es la significancia.
 LT= longitud del tallo principal. DT= diámetro del tallo principal. NR= número de ramas del tallo principal. LR= longitud de las ramas del tallo principal. NV= número de vástagos. LV= longitud de los vástagos. NRV= número de ramas de los vástagos. LRV= longitud de las ramas de los vástagos. NF= número de flores. RL= Longitud de la raíz principal. RD= Diámetro de la raíz principal. PSF= Peso seco del follaje. RPS= peso seco de la raíz.

6.2.9 Peso seco de la raíz principal (RPS)

El peso seco de la raíz, se correlacionó positivamente con la longitud de las ramas del tallo principal con 0.78 ($\alpha=0.0001$), la longitud de las ramas de los vástagos con 0.645 ($\alpha=0.0001$), el número de flores con 0.73 ($\alpha=0.0001$), la longitud de la raíz con 0.872 ($\alpha=0.0001$), el diámetro de la raíz 0.872 ($\alpha=0.0001$) y el peso seco del follaje 0.84 ($\alpha=0.0001$) {Cuadro 11}.

6.2.10 Longitud de la raíz principal (RL)

La longitud de la raíz tuvo correlación alta con las variables, longitud de las ramas del tallo principal 0.713 ($\alpha=0.0001$), la longitud de las ramas de los vástagos con 0.656 ($\alpha=0.0001$), número de flores con 0.8 ($\alpha=0.0001$), el peso seco de la raíz 0.872 ($\alpha=0.0001$), el diámetro de la raíz con 0.977 ($\alpha=0.0001$), y el peso seco del follaje con 0.93 ($\alpha=0.0001$).

6.2.11 Diámetro de la raíz principal (RD)

El diámetro de la raíz presentó correlación con la longitud de las ramas del tallo principal con 0.7 ($\alpha=0.0001$), la longitud de las ramas de los vástagos con 0.67 ($\alpha=0.0001$), el número de flores con 0.82 ($\alpha=0.0001$),

el peso seco de la raíz con 0.87 (α 0.0001), la longitud de la raíz con 0.98 (α 0.0001), y con el peso seco del follaje con 0.88 (α 0.0001).

6.2.12 Peso seco de follaje (PSF)

Por último el peso seco del follaje presentó correlación significativa con la longitud de las ramas del tallo principal con 0.65 (α 0.0001), la longitud de las ramas de los vástagos con 0.66 (α 0.0001), con el número de flores 0.8 (α 0.0001), el peso seco de la raíz 0.84 (α 0.0001), la longitud de la raíz con 0.93 (α 0.0001), y el diámetro de la raíz principal con 0.88 (α 0.0001).

El crecimiento del vegetativo dependió de manera directa de las condiciones en que se encontraron las raíces de la planta ya que es la que regula el flujo de nutrientes hacia la parte aérea de la planta. En el tratamiento testigo debido a los altos niveles de irradiación se careció de agua en la parte superficial por lo cual las raíces tuvieron que buscarla a mayor profundidad, mientras que las plantas del tratamiento del 10% de irradiación se desarrollaron menos ya que la disponibilidad del agua fue mayor. La raíz se incrementó tanto en longitud como en diámetro debido a que también el follaje se desarrolló

llevando a cabo sus procesos de síntesis y traslocación de nutrientes adecuadamente.

6.3 Análisis de regresión de las variables

Se obtuvieron las ecuaciones de regresión, utilizando los datos obtenidos durante los seis muestreos, con significancia de $\alpha=0.05$.

Como se puede observar en la ecuación de regresión 1 el diámetro del tallo principal (DT), se ve determinado de manera directa por el número de ramas (NR), longitud de las ramas (LR), longitud de los vástagos (LV) y la longitud de las ramas de los vástagos (LRV). Las variables que permanecieron en el modelo fueron las que proporcionaron el menor cuadrado medio del error de la regresión (CMDR) y el mayor coeficiente de la regresión (R^2), lo que permitió que el modelo fuera significativo con $\alpha=0.05$. Conforme se incrementa el número y longitud de las ramas de la planta se tuvo una mayor área fotosintética y disponibilidad de fotosintatos para el desarrollo de las plantas teniendo una estructura de soporte fuerte.

$$\text{DT} = 0.525 + 0.0014\text{NR} + 0.00033\text{LR} + 0.00051\text{LV} + 0.000097\text{LRV} \quad (1)$$

$$R^2 = 0.801$$

$$\text{CMDR} = 4.478$$

El número de ramas (NR) se incrementó de manera directa con respecto al diámetro del tallo principal (DT), longitud de las ramas del tallo principal (LR), número de vástagos (NV) y el número de ramas de los vástagos (NRV). Fue afectado de forma inversa por la longitud del tallo principal (LT), longitud de los vástagos (LV) y la longitud de las ramas de los vástagos (LRV), {ecuación 2}. El incremento de ramas del tallo principal se vió favorecida por el diámetro más que del incremento de la longitud de los tallos tanto del principal como de los vástagos, ya que fue el soporte de la planta y sirvió de paso de una mayor cantidad de nutrientes hacia la parte superior. Al tener disponibles los sustratos para realizar con eficiencia la fotosíntesis las ramas a su vez incrementaron su longitud. Los vástagos se beneficiaron por este efecto, sin embargo, conforme crecieron y se ramificaron entraron en competencia con las ramificaciones principales.

$$NR = 6.37 - 0.45LT + 24.64DT + 0.038LR + 0.322NV - 0.038LV + 0.283NRV - 0.026LRV \quad (2)$$

$$R^2 = 0.640$$

$$CMDR = 29818.1$$

La longitud de las ramas del tallo principal (LR) fue favorecida por el desarrollo de la longitud del tallo (LT), diámetro del tallo (DT), número de ramas del tallo

principal (NR), longitud de las ramas de los vástagos (LRV). Sin embargo, el número de vástagos (NV) y el número de ramas de los vástagos (NRV) influyeron de manera inversa (ecuación 3). La longitud de las ramas se vió apoyada por el desarrollo del tallo que proporcionó el aporte de nutrientes, que permitió una mejor ramificación, además el desarrollo de los vástagos llevó a competir con el tallo principal. El crecimiento de las ramificaciones del tallo principal a su vez favoreció que la planta llegara a su fase reproductiva incrementando el número de flores producidas.

$$\text{LR} = -446.82 + 4.32\text{LT} + 608.1\text{DT} + 6.1\text{NR} - 2.66\text{NV} - 1.77\text{NRV} + 0.235\text{LRV} + 8.62\text{NF} \quad (3)$$

$$R^2 = 0.814$$

$$\text{CMDR} = 9457611.94$$

La longitud de los vástagos (LV) se incrementó conforme aumentó el diámetro del tallo principal (DT) y la longitud de las ramas de los vástagos (LRV), el número de ramas del tallo principal (NR) decreció con el incremento de la longitud de los vástagos (ecuación 4). La longitud de los vástagos tuvo un mayor aporte de nutrientes conforme el diámetro del tallo se incrementó, la relación inversa con el número de ramas se debió a la competencia entre estas dos variables. El crecimiento de las ramas de los vástagos

tuvo un crecimiento en proporción directa con el tallo principal de los vástagos.

$$\text{LV} = -36.53 + 241.87\text{DT} - 1.369\text{NR} + 0.132\text{LRV} \quad (4)$$

$$R^2 = 0.659$$

$$\text{CMDR} = 1356516.52$$

El número de ramas de los vástagos no compitió con el número de ramas del tallo principal, sino con la longitud de estas. El número de ramas de los vástagos favoreció a su vez que se elongaran en los niveles de irradiación del 30 al 70%, permitiendo que sus hojas se saturaran adecuadamente y obtuvieron fotosintatos para continuar su crecimiento.

$$\text{NRV} = 2.36 + 0.636\text{NR} - 0.031\text{LR} + 0.048\text{LRV} \quad (5)$$

$$R^2 = 0.521$$

$$\text{CMDR} = 55795.05$$

La longitud de las ramas de los vástagos (LRV) fue favorecida por el desarrollo del diámetro del tallo (DT), longitud de las ramas (LR), número de vástagos (NV), longitud de los vástagos (LV), número de ramas de los vástagos (NRV), y decreció su desarrollo con el incremento de longitud de las ramas (LR), y el número de ramas del tallo principal (NR). El desarrollo de nuevas ramificaciones requirió un mayor aporte de nutrientes y un soporte mejor por lo cual el diámetro fue robusto aunque no

muy alto. El crecimiento de los vástagos permitió que las ramificaciones del tallo principal fueran largas y poco numerosas distribuyéndose los espacios para captar mejor la irradiación. Esto amarró un mayor número de flores objetivo principal para llevar a cabo su propagación.

$$\begin{aligned} \text{LRV} = & -272.27 + 438.54\text{DT} - 5.66\text{NR} + 0.29\text{LR} + 0.68\text{LV} + \\ & 5.53\text{NRV} + 16.83 \text{NF} \end{aligned} \quad (6)$$

$$R^2 = 0.826$$

$$\text{CMDR} = 16398889.54$$

Finalmente, observamos que aunque el modelo tuvo un coeficiente de regresión bajo, el número de flores se vió favorecido por el incremento de la longitud de las ramas tanto del tallo principal como de los vástagos. La planta como una unidad ella trató de optimizar su nicho ecológico, ramificándose rápidamente ocupando una mayor superficie aérea para captar las irradiaciones que llegaron pasar bajo la malla. En el suelo las raíces por el contrario se extendieron para lograr absorber la suficiente cantidad de agua en el tratamiento con mayor irradiación. El incremento de las ramificaciones permitió que se tuviera un mayor número de flores.

$$\text{NF} = -0.47 + 0.0074\text{LR} + 0.0066\text{LRV} \quad (7)$$

$$R^2 = 0.6$$

$$CMDR = 3515.41$$

De las variables estudiadas en condiciones de invernadero, sin ventilación forzada ni calefacción de los meses de julio a enero, aplicando riego por goteo de 400 l por semana, fertigación con triple 17, las plantas colocadas a 0.8 m entre ellas y a 1 m entre surcos para esta localidad se dan las siguientes:

VII. CONCLUSIONES

1. El alto nivel de irradiación al que están expuestas las plantas en el tratamiento testigo (100%), confirma la necesidad del sombreado para el chile manzano.

2. El tratamiento 2 (30%), permitió el desarrollo de las ramificaciones del tallo principal , sin embargo, el número de flores fue bajo.

3. Los tratamientos 3 (50%) y 4 (70%), permitieron el desarrollo de los vástagos, sus ramifiaciones y el número de flores.

4. El tratamiento 5 (10%), mantuvo a las plantas por debajo de sus niveles de saturación fotosintética, manifestando en sus ramificaciones el efecto del fototropismo.

5. Los vástagos formaron la estructura principal de la planta.

VIII. SUGERENCIAS

1. Para el cultivo intensivo bajo invernadero se sugieren humedades relativas cercanas al 70% y temperaturas entre los 25-30°C.

2. Aunque el chile manzano tolera bajas temepaturas, es afectado cuando éstas descienden súbitamente, se debe controlar la temperatura del invernadero con algún calentador.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Allard, R. W. 1975. Principles Of Plant Breeding. Editorial J.Willey. (Traducción al español Principios de la Mejora Genética de las Plantas) Ed. Omega, España 255 pp.
- Andersen, P.C., G.W. Knox and J.G. Norcini. 1991. Light intensity influences growth and leaf physiology of *Aucuba japonica* "variegata". Hort Sc. 26(12): 1485-1488.
- Anderson, W.K., Smith, R.C. y McWilliam, J.R. 1978. A Systems approach to the adaptation of sun flower to new environments: phenology and development. Field Crops Research 1:141-152.
- Aquino P., G. 1987. Efecto del fotoperíodo y termoperíodo en la brotación de dos especies de nopal silvestre (*Opuntia* sp.). Tesis Profesional U.R.U.Z.A. Bermejillo, Durango.

- Bidwell R., G.S. 1979. Fisiología Vegetal. Ed. A.G.T.
Editor, S. A. 717 pp.
- Bohinski, R.C. 1978. Bioquímica. Ed. Fondo Educativo
Interamericano, 2da. ed. México, D. F. Pág.: 454-457.
- Brand, M.H. 1997. Shade influences plant growth, leaf
color and chlorophyll content of *Kalmia latifolia* L.
cultivars. Hort Sc. 32 (2): 206-208.
- Castaños C., M. 1993. Manejo Simplificado de Horticultura.
Ed. U.A.Ch., 1a. ed. Chapingo, México.
- Coombs, J., D.O. Hall, S.P. Long, J.M. Scurlok, M.B. Jones,
P.S. Nobel, y S.P. Long. 1988. Técnicas en
Fotosíntesis y Bioproductividad. Ed. Futura, S.A.
U.N.E.P. y El Colegio de Postgraduados, 2da. ed.
Chapingo, México. 258 pp.
- Cushman, K.E. And T.W. Tibbitts. 1996. Size of tuber
propagule influences injury of *Kennebéc* potato plants
by constant light. Hort Sc. 31 (7): 1164-1166.
- Escalante E., J.S. 1980. Efecto del sombreado artificial
sobre el rendimiento y sus componentes en frijol
Phaseolus vulgaris, L. var. Michoacán 12-A-3. Tesis de

Maestría Colegio de Postgraduados. Montecillos,
México.

Eshbaugh, H.W. 1993. Pepper: History and exploitation of a
serendipitous, New Crop Discovery. Dir
INTERNET:[http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/capsicum)
1993/capsicum.

Eskins, K. 1992. Light-quality effects on *Arabidopsis*
development. red, blue, and far-red regulation of
flowering and morphology. *Physiologia Plantarum* 86:
439-444.

García, E. 1968. Los climas del Valle de México, Según el
Sistema de Clasificación Climática de Köppen
Modificado por la Autora. Instituto de Geografía.
U.N.A.M., México 246 pp.

Graybill, F.A. y N.K. Iyer. 1994. Regression Analysis.
Concepts and Applications. Duxbury Press 1a. ed.
pág.: 132- 159 y 251-261.

Greenleaf, H.W. 1986. Pepper Breeding. Edited by Mark J.
Basset Vegetable Crops Department. University of

Florida. Gainesville, Florida. A.V.I. Publishing Co.,
INC. Pág.: 69-123.

Hinojosa C., G.A. 1984. Fenología. Departamento de
Irrigación, U. A. Ch. Chapingo, México 64 pp.

Jones, B. 1988. Sistemática Vegetal. Ed. McGraw-Hill, 2da.
ed. México, D. F. 536 pp.

Krebs, Ch.J. 1978. Ecology. Ed. Harper International, 2da.
ed. U.S.A. 678 pp.

Martínez G., A. 1988. Diseños Experimentales. Ed. Trillas,
1a. ed. México, D. F. 756 pp.

Mitchell, C.A. 1996. Recent advances in plant response to
mechanical stress: theory and application. Hort Sc.
31(1): 31-35.

Odum, E.P. 1980. Ecología. Ed. Interamericana, 3a. ed.
México, D.F. 639 pp.

Pérez G., M., R. Castro Brindis y M. Rivera Yescas. 1996.
Distribución, descripción morfológica y caracteres de
interés agronómico en chile manzano (*Capsicum*
pubescens R. y P.). Chapingo, México 11 pp.

- Pérez G., M. 1997. Los arreglos topológicos en chile
manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.). Sociedad
Mexicana de Ciencias Hortícolas. En prensa.
- Pozo C., O. 1983. Logros y Aportaciones de la Investigación
Agrícola en el Cultivo del Chile. I.N.I.A.-S.A.R.H.
59 pp.
- Rebolledo, R.H. 1994. S.A.S. en Microcomputadora. Ed.
U.A.Ch., 4a. ed. Chapingo, México. 93 pp.
- Reyes, T., T.A. Nell, J.E. Barrett and Ch.A. Conover.
1996a. Irradiance level and fertilizer rate affect
acclimatization of *Chamaedorea elegans* Mart. Hort Sc.
31 (5): 839-842.
- Reyes, T., T.A. Nell, J.E. Barrett and Ch.A. Conover.
1996b. Testing the light acclimatization potential of
Chrysalidocarpous lutescens Wendl. Hort Sc. 31(7):
1203-1206.
- Salisbury, F.B. y Ross, C.W. 1994. Fisiología Vegetal.
Grupo Editorial Interamericana, 4a. Edición en inglés,
759 pp.

Schoellhorn, R.K., J.E. Barret and T.A. Nell. 1996.

Branching of Chrysanthemum cultivars varies with
season, temperature and photosynthetic photon flux.

Hort Sc. 31(1): 74-78.

Solorzano V., E. 1980. Fenología y comportamiento de los

componentes del rendimiento bajo condiciones
ambientales contrastantes de 10 genotipos de haba
(*Vicia faba*, L.): Tesis de Maestría en Ciencias.

Chapingo, México. 147 pp.

Wirsema, J.H. 1997. Taxon: *Capsicum pubescens* Ruiz López &

Pavón. Dir. INTERNET:

sbmljw ars-grin.gov *C. pubescens*

<http://Chile.ucdmc.ucdavis.edu:8000/www/gallery/rocoto.html>.

X. APENDICE

Cuadro 3A. Perfil del desarrollo vegetativo y reproductivo del chile manzano

MES	JUL				AGO				SEP				OCT				NOV				DIC				ENE			
SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ETAPAS	C R E C I M I E N T O V E G E T A T I V O																											
DEL	R A M I F I C A C I Ó N																											
DESARROLLO	V Á S T A G O S																											
	F L O R A C I Ó N																											
LABORES	T R A N S P L A N T E. D E S H I J E														T U T O R E O													
	F E R T I L I Z A C I O N																											
	M-1 y M-2 M-3 M-4 M-5 M-6																											
	E S C A R D A A P O R Q U E A P O R Q U E																											
PLAGAS	M A R C H I T A M I E N T O																											
Y	M I N A D O R P U L G O N E S																											
ENFERMEDADES	D E L A M O S C A B L A N C A																											
	H O J A A R A Ñ A R O J A																											

OBSERVACIONES

- 1.- Los riegos fueron de 400 l por semana, la fertilización fue con la fórmula 17-17-17 de N-P-K.
- 2.- La fertilización foliar se realizó con Bayfolan Forte y Maxi-Grow a razón de 2 ml por l de agua cada semana de manera alternada. Los insecticidas Endosulfan y Dimetoato se aplicaron al inicio del cultivo, posteriormente se aplicó Tamaron 600, 1.5 ml por l de agua una vez por semana.
- 3.- Los fungicidas Ridomil Bravo 60 PH y Tecto se aplicaron 3 g por l de agua 1 vez por mes de manera alternada y cuando el ataque era severo también se aplicaba con el riego.
- 4.- La preparación del terreno consistió en barbecho, surcado, colocar el riego por goteo y la puesta de las mallas.
- 5.- La plantas se colocaron a 0.8 m entre plantas y a 1 m entre surcos.
- 6.- M : muestreo.