



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ingeniería  
Especialidad en Ingeniería de invernaderos

**EFFECTO DEL NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO EN EL DESARROLLO  
DE PLANTULAS DE CHILE MANZANO (*Capsicum pubescens* R y P).**

**TESIS**

**Presenta:**

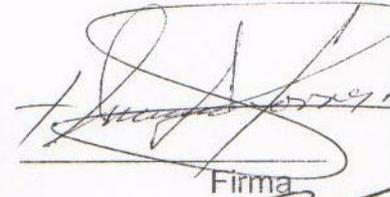
Gregorio Rodríguez Miranda

**Dirigido por:**

Dr. Irineo Torres Pacheco

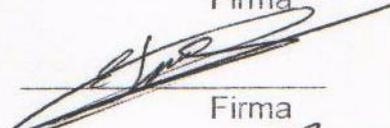
**SINODALES**

Dr. Irineo Torres Pacheco  
Presidente



Firma

Dr. Edmundo Mercado Silva  
Secretario



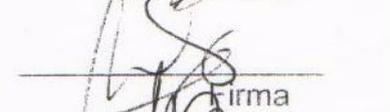
Firma

Dr. Ramón Gerardo Guevara González  
Vocal



Firma

Dra. Rosalía Virginia Ocampo Velázquez  
Suplente



Firma

M.C. Carlos Alberto Olvera Olvera  
Suplente

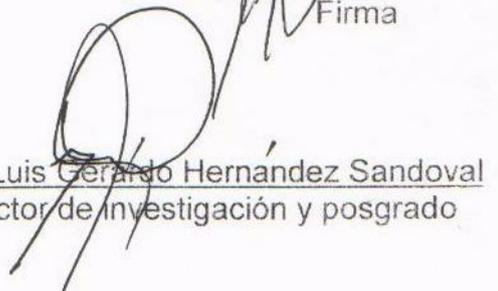


Firma

Dr. Gilberto Herrera Ruiz  
Director de la facultad



Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval  
Director de investigación y posgrado



Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Octubre de 2007  
México

## RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en un recinto de traspatio entre septiembre y noviembre de 2007. El objetivo fue evaluar el efecto de varias concentraciones de la solución nutritiva de Steiner sobre el crecimiento de plántulas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) a través de las variables altura de plántula, longitud de raíz, peso fresco de la plántula, peso fresco de raíz, diámetro de tallo y número de hojas. Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones y cinco tratamientos, los cuales fueron: solución nutritiva de Steiner al 0, 50, 75, 100 y 125%. Las plántulas se sembraron en vasos de unicel de ocho onzas llenados con mezcla formada por 75% de turba y 25% de vermiculita. Los resultados estadísticos obtenidos indican que con cualquiera de las soluciones empleadas, se obtienen los mismos resultados en cuanto al crecimiento en altura de la plántula, longitud de la raíz, peso fresco de la raíz y diámetro del tallo; en cuanto a peso fresco de la plántula y número de hojas si hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. La solución nutritiva de Steiner al 75% obtuvo los mayores valores en peso fresco de la plántula, peso fresco de la raíz, diámetro del tallo y número de hojas.

Palabras clave: *Capsicum pubescens* R y P, solución nutritiva de Steiner, crecimiento, plántula

## SUMMARY

The experiment was performed in a backyard garden between September and November of 2007. The objective was to evaluate the effect of several concentrations of the Steiner's nutritive solution on the growth of manzano pepper plants (*Capsicum pubescens* R y P) with regard to plant height, root length, fresh weight of plant, fresh weight of roots, stem diameter and number of leaves. It was employed the randomized blocks experimental design with four replicates and five treatments: the Steiner's solution at 0, 50, 75, 100 and 125%. Plants were established in 8 oz thermal glasses. filled with a mixture of 75% of turb and 25% vermiculite. The results indicated that the same results are obtained, regarding at the solution used, when comparing the growth in height of the plant, root longitude, root fresh weight and steam diameter. There were statistical significant differences among the treatments when comparing fresh weight of the plant and number of leaves. The nutrient solution of Steiner at 75% obtained the biggest values in plant fresh weight, root fresh weight, stem diameter and number of leaves.

Key words: *Capsicum pubescens* R y P, nutrient solution of Steiner, growth, plant

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma de Querétaro**, por brindarme la oportunidad de seguir acumulando la mayor riqueza que puede adquirir el ser humano, el conocimiento.

Al **Dr. Irineo Torres Pacheco** por su profesional y acertada asesoría desde el comienzo de la idea de este trabajo, por su gran amistad, colaboración y apoyo.

Al **Dr. Gilberto Herrera Ruiz** y al grupo de **profesores** de la especialidad quienes han dedicado su tiempo y esfuerzo para hacer de este proyecto una realidad.

Al Ing. **Sergio Alcantar Uribe** por su estímulo para emprender esta especialidad

A mis **compañeros y amigos** de la especialidad por su apoyo en el esfuerzo que hombro a hombro invertimos para lograr nuestro objetivo.

# INDICE

	Página
Resumen	ii
Summary	iii
Agradecimientos	iv
Indice	v
Indice de cuadros	vii
Indice de figuras	viii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	2
2.1 Aspectos generales del chile ( <i>Capsicum sp</i> ).	2
2.1.2 Historia del chile.	2
2.1.3 Producción e importancia socioeconómica del chile.	4
2.1.3.1 Producción mundial de chile	4
2.1.3.2 Producción de chile en México	5
2.1.1 Descripción del chile.	8
2.2 Antecedentes.	9
2.2.2 El chile manzano ( <i>Capsicum pubescens</i> R y P).	9
2.2.2.1 Descripción y generalidades.	9
2.2.2.2 Clasificación taxonómica.	11
2.2.2.3 Descripción botánica.	12
2.2.2.4 Requerimientos ambientales.	12
2.2.3 Producción de plántulas.	13
2.2.3.1 Definición.	13
2.2.3.2 Métodos de producción de plántulas.	14
2.2.4 Nutrición vegetal.	15
2.2.4.1 Fertilización de plántulas.	16
2.2.4.2 Solución nutritiva universal de Steiner.	16

3.	OBJETIVOS E HIPOTESIS	20
	3.1 Objetivos.	20
	3.2 Hipótesis.	20
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	21
	4.1 Localización y ubicación geográfica.	21
	4.2 Material vegetal.	22
	4.3 Manejo general del experimento.	22
	4.4 Diseño experimental y de tratamientos.	23
	4.4.1 Variables respuesta.	23
	4.5 Análisis de resultados.	24
5.	RESULTADOS Y DISCUSION	26
	5.1 Altura de plántula.	26
	5.2 Longitud de raíz.	27
	5.3 Peso fresco de la plántula.	27
	5.4 Peso fresco de raíz.	28
	5.5 Diámetro de tallo.	29
	5.6 Número de hojas.	30
6.	CONCLUSIONES	32
7.	LITERATURA CITADA	33
8.	ANEXOS	36

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
<b>2.1</b> Principales países productores de Chile. Los datos están registrados en toneladas.	4
<b>2.2</b> Cantidad de fertilizantes en gramos utilizados para preparar 1,000 litros de solución nutritiva para irrigar plantas de Chile manzano establecidas en maceta y en invernadero (Pérez y Castro, 1998).	17
<b>2.3</b> Fórmula de la solución nutritiva universal de Steiner (Steiner, 1984).	18
<b>2.4</b> Concentraciones de micro-nutrientes en la solución nutritiva universal de Steiner (Steiner, 1984).	19
<b>4.1</b> Cantidades de fertilizantes, expresadas en gramos, requeridas para preparar 1000 litros de solución nutritiva de Steiner al 0,50,75,100 y 125%.	25
<b>8.1</b> Análisis de varianza para la altura de la plántula.	36
<b>8.2</b> Prueba de medias de Tukey para la altura de la planta.	36
<b>8.3</b> Análisis de varianza para la longitud de raíz de la plántula	37
<b>8.4</b> Prueba de medias de Tukey para la longitud de la raíz.	37
<b>8.5</b> Análisis de varianza para el peso fresco de la plántula	38
<b>8.6</b> Prueba de medias de Tukey para el peso fresco de la plántula.	38
<b>8.7</b> Análisis de varianza para el peso fresco de la raíz	39
<b>8.8</b> Prueba de medias de Tukey para el peso fresco de la raíz.	39
<b>8.9</b> Análisis de varianza para el diámetro del tallo.	40
<b>8.10</b> Prueba de medias de Tukey para el diámetro de la plántula	40
<b>8.11</b> Análisis de varianza para el número de hojas de la plántula.	41
<b>8.12</b> Prueba de medias de Tukey para el número de hojas de la plántula.	41

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
<b>2.1</b> Participación de los cinco principales países productores de Chile	5
<b>2.2</b> Participación de los cinco principales estados productores de Chile en México.	6
<b>2.3</b> Chiles no picantes: a) poblano, b) pimiento morrón; chiles picantes: c) jalapeño, d) serrano.	8
<b>2.4</b> a) Chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> ), b) Chile manzano ( <i>Capsicum pubescens</i> ), c) Chile Tabasco ( <i>Capsicum frutescens</i> ), d) Chile andino ( <i>Capsicum baccatum</i> )	9
<b>2.5</b> Plántula de Chile manzano ( <i>Capsicum pubescens</i> R y P)	13
<b>4.1</b> Croquis del recinto donde se llevó a cabo el experimento.	21
<b>5.1</b> Medias de las variables respuesta.	26

## 1. INTRODUCCION

El chile es una de las hortalizas que mayor tradición tiene en nuestro país, al formar parte de la dieta alimentaria de miles de mexicanos.

Se siembran unas 162,775 hectáreas (SAGAR, 2000) que incluyen muchos tipos de chile con colores, tamaños, formas, sabores y aromas diversos (Laborde *et al.*, 1984), y aunque el consumo en fresco es importante, también lo es su aporte como especia y condimento.

En México, el chile manzano o perón (*Capsicum pubescens* R y P) es una especie introducida de Sudamérica (Pozo, 1982). Generalmente se encuentra en regiones templadas a frías con altitudes de 1700 a 2400 msnm.

La creciente demanda de chiles manzanos de color naranja y forma de pera, tanto en México como en algunos estados de EUA, manifiesta el potencial comercial que tiene esta hortaliza. Por otra parte, la necesidad del conocimiento sobre la planta para llevar a cabo las prácticas agrícolas más adecuadas durante su cultivo, hacen que ésta requiera de un estudio amplio en diferentes aspectos.

El estado nutrimental de las plántulas de hortalizas al momento del trasplante, es un factor importante que influye en el establecimiento y la productividad de estos cultivos. La fertilización juega un papel trascendental para la producción de plántulas vigorosas y aptas para el trasplante en un periodo de tiempo corto (Pérez y Castro, 1998).

Dentro del proceso de producción agrícola vegetal es importante contar con un sistema eficiente para la producción de plántulas. En este trabajo se evaluaron los efectos de diferentes concentraciones de la solución nutritiva para la producción de plántulas con características que permitan su establecimiento en campo o invernadero.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos generales del chile (*Capsicum spp*)

#### 2.1.2 Historia del chile

El chile, a diferencia de otras plantas comestibles provenientes de América, que tardaron décadas en ser aceptadas por los europeos, conoció una rápida difusión mundial luego de su llegada a España. Las plantas de *Capsicum* americanas se conocieron en la península ibérica al retorno del primer viaje de Cristóbal Colón, en 1493 (Azurdia, 1984).

La nueva especia se aclimató con rapidez y pronto se difundió por toda Europa y el Oriente. Se sabe que a mediados del siglo XVI se cultivaban plantas de chile en Italia, Alemania e Inglaterra y que en Moravia había chilares (sembradíos de chile) a finales de esa centuria (Azurdia, 1984).

La cuenca del Mediterráneo, en sus vertientes europeas, africana y asiática, fue también tierra fértil para la producción del chile. Los marineros griegos que recorrían el Mare Nostrum pronto entraron en contacto con la nueva especia, a la que dieron el nombre de peper o pipeti, siempre relacionándola con la pimienta, y la esparcieron hacia todos los puntos que tocaban (Azurdia, 1984).

Durante los siguientes doscientos años el pimiento, pepper, pipeti, paprika, peperone o piment revolucionaría profundamente la gastronomía de los pueblos mediterráneos. Las cocinas del sur de Italia y Francia, Grecia, Yugoslavia, Marruecos, Túnez, Argelia y otras regiones han incorporado de manera definitiva a muchas de sus preparaciones culinarias el uso del chile, si bien, fundamentalmente, en su variante dulce o pimentón (Azurdia, 1984).

El género *Capsicum* americano transformó las cocinas de China, la India e Indonesia. Aunque no existen datos específicos de la introducción del chile en China

sino hasta el siglo pasado, cuando se incorpora definitivamente a las cocinas de Hunán y Szechuán, se cree que al igual que otros productos del Nuevo Mundo, como el maíz, el camote y el cacahuate, el chile llegó a esas regiones siguiendo la ruta de las Filipinas (Azurdia, 1984).

Es probable, por otro lado, que los marinos y comerciantes al servicio de la corona de Portugal, introdujeran el chile en la India durante su primer viaje, en 1498. En lo que se refiere al periplo africano del chile, los mismos portugueses, que habían descubierto el Cabo de Buena Esperanza en 1486, lo llevaron a Mozambique y Angola, puertos importantes en la ruta del comercio de las especias, desde donde se extendió, por intermediación principalmente de algunos mercaderes de esclavos árabes, a grandes comarcas del continente negro (Azurdia, 1984).

El chile se dio tan bien en estas nuevas tierras y el gusto de su fruto se aclimató tan bien a los paladares autóctonos, que pronto se olvidó el origen americano de la planta. A tal grado, que en muchos sitios de África y de la India se creía que el chile era originario de esas regiones (Azurdia, 1984).

El chile regresó al continente americano, del que nunca se había alejado, en el siglo XVII, cuando los primeros colonizadores ingleses arribaron a las costas de la Nueva Inglaterra con grandes baúles conteniendo plantas y frutos, entre los que venían algunos chiles. Con el tiempo la especia viajera, dulcificada, se adaptó también a las tierras americanas del Norte, y ha llegado a formar parte de la cultura culinaria de algunas regiones estadounidenses, donde se llama chili a una preparación generalmente poco picante, como el "chili con carne" o el "Cincinatti chili", inventado, como lo recuerda Fernando del Paso, por un refugiado búlgaro nativo de Macedonia (Azurdia, 1984).

Sin embargo el uso de chiles picantes perdura en los platillos de la cocina criolla, implantada por los inmigrantes franceses en Louisiana, en los siglos XVII y XVIII y que continúa siendo muy popular, o en algunas especialidades culinarias de

Texas, California y Nuevo México, sitios donde, además, la cocina de origen mexicano, conoce una rápida expansión. Las cocinas europeas, sobre todo las del Norte, no han terminado de aceptar la presencia del *Capsicum* entre los ingredientes de su preferencia y continúan considerándolo con recelo. Pero fuera de ellas, el chile enriquece las cocinas de una parte muy considerable del mundo. En ambas Américas, del Norte y del Sur, en el Caribe, en Asia, en África, los distintos pueblos y culturas consumen diferentes especies de chiles con una asiduidad y un gusto que nada tienen que envidiarle a los mexicanos. A través de los siglos, los chiles han estado bajo un minucioso escrutinio por parte de los botánicos, pero si se obtuvieran todos sus hallazgos y se reunieran sus variadas clasificaciones, los resultados serían muy confusos (Azurdia, 1984).

## 2.1.3 Producción e importancia socioeconómica del chile

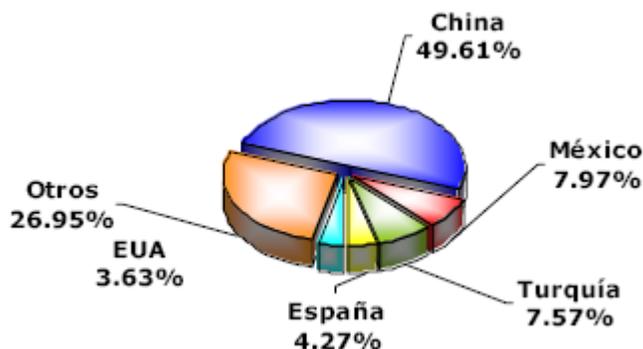
### 2.1.3.1 Producción mundial de chile

En el mundo, en los últimos 10 años, la producción de chile ha tenido un crecimiento de 43% en superficie y de un 96% en los volúmenes de producción, según el documento “Situación actual del sistema producto chile”, elaborado por el Comité Nacional de Sistemas Producto Chile (Conaproch), en poder de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGDR), según el cuál se tienen registrados los datos que se muestran en el Cuadro 2.1.

**Cuadro 2.1** Principales países productores de chile. Los datos están registrados en toneladas.

<b>País</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>
China	9,436,452	9,883,584	10,534,871	11,534,871
México	1,734,630	1,870,890	1,784,540	1,853,610
Turquía	1,480,000	1,560,000	1,750,000	1,760,000
España	946,762	979,151	979,500	994,200
EUA	912,990	857,330	843,910	845,310
Otros	6,268,940	6,186,589	6,225,502	6,259,671
<b>TOTAL</b>	<b>20,779,774</b>	<b>21,337,544</b>	<b>22,118,323</b>	<b>23,247,662</b>

De acuerdo con estadísticas de la FAO (2006), China participó con el 50 por ciento en la producción mundial de chile. México se ubicó en el segundo lugar con un volumen de producción de un millón 853 mil 610 toneladas, que representa el siete por ciento de la cifra global, nivel que ha sido igualado por Turquía (Figura 2.1).



**Figura 2.1** Participación de los cinco principales países productores de chile

### 2.1.3.2 Producción de chile en México

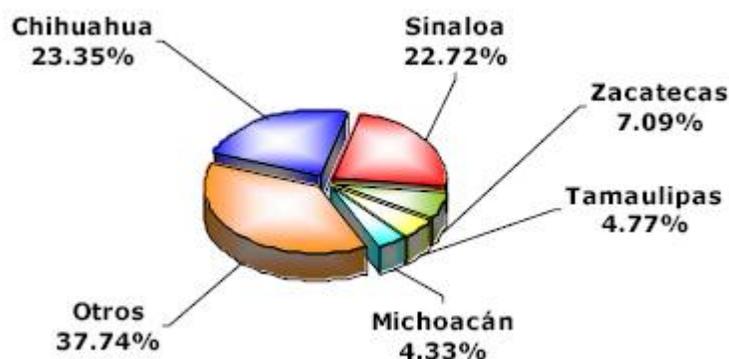
El cultivo de chile, cumple una función socioeconómica importante en el país. Por ser un cultivo hortícola intensivo, requiere de muchos cuidados en todas las etapas de su desarrollo vegetativo; se utiliza un promedio de 120 a 150 jornales por hectárea en las labores de cultivo, principalmente en la cosecha, lo cual beneficia a los trabajadores agrícolas de las regiones productoras así como a los trabajadores de las emparadoras y transportistas (Laborde y Pozo, 1984).

México se mantiene como el principal consumidor de chile fresco en el mundo y su consumo per-cápita alcanza los 8 kilogramos por año, con base en lo que se dio a conocer durante la Tercera Convención Mundial del Chile 2006.

De acuerdo con el Comité Nacional del Sistema Producto Chile, durante los últimos cinco años se ha registrado un crecimiento del 20 por ciento de la producción nacional, que hoy alcanza una cifra estimada de un millón 800 mil toneladas (Cuadro 2.1), principalmente de chile verde y, en menor medida chile seco, con un valor de producción de hasta 10 mil 900 millones de pesos (SAGARPA, 2006).

Nuestro país, en los últimos diez años registró un incremento del 85 por ciento en la superficie sembrada de las diversas variedades de chiles verdes y secos (SAGARPA, 2006).

Los principales productores de chiles secos son: Zacatecas, Tamaulipas, San Luis Potosí, Durango y Jalisco, mientras que en el caso de los chiles verdes destacan: Chihuahua, Sinaloa, Michoacán, Guanajuato y Veracruz, como se observa en el Figura 2.2 (SAGARPA, 2006).



**Figura 2.2** Participación de los cinco principales estados productores de chile en México.

Las variedades de chiles secos sembradas son: Guajillo, Puya y de Árbol, mientras que de los frescos destacan los serranos y jalapeños, habanero y manzano. Otras especies de chiles que tienen demanda son: costeño, chile de agua, loco, skatic, cora, rayado, mirador y otros silvestres (SAGARPA, 2006).

En el aspecto económico y social, el sector genera 29 millones de jornales al campo y más de 125 mil fletes, además de que forma parte de un proceso agroindustrial de enlatados y envasados (SAGARPA, 2006).

La variedad de chiles que existen en México, la producción que se registra prácticamente durante todo el año, la calidad y sabor del producto, así como la calidad

de industria en proceso son condiciones que favorecen el desarrollo del cultivo en el territorio nacional (SAGARPA, 2006).

Por ejemplo, en el sur de Sinaloa, el cultivo de chiles picosos es uno de los de mayor importancia para la economía de los productores en general y es el de mayor impacto económico durante el ciclo otoño-invierno. Durante el período 1999 a 2001, la superficie sembrada promedio fue de 7,972 hectáreas, con una producción de 75,642 toneladas y un valor de la producción de \$303 millones 875,667.00. El rendimiento promedio es de 9.6 toneladas por hectárea (CESSI, 2004).

El área cultivada de chile se extiende por cuatro municipios del sur de Sinaloa. Escuinapa es el de mayor superficie, sobre todo en la zona de las islas, como son Isla del Bosque, Cristo Rey y Palmito de El Verde; la superficie promedio en dicho municipio supera las 4,000 hectáreas. El segundo municipio en importancia es Rosario, seguido por Mazatlán y Concordia (CESSI, 2004).

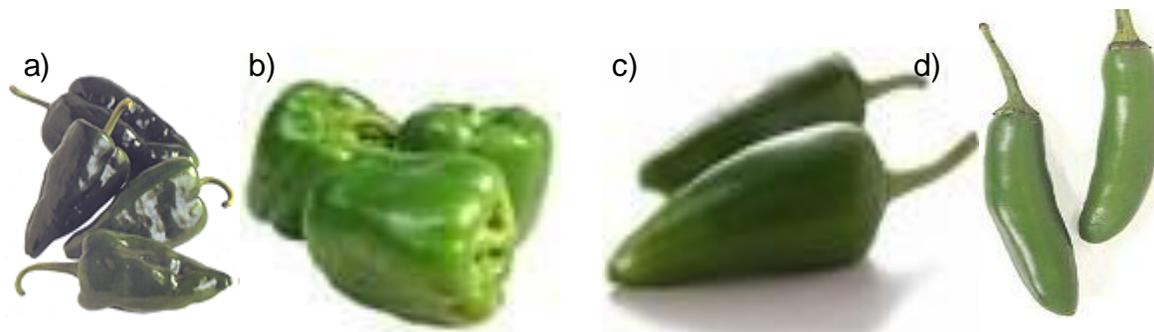
En la región predomina la siembra de chiles del tipo picoso, para su oferta en el mercado nacional principalmente y en menor escala para la exportación. Los tipos de chiles en orden de importancia son: Ancho, Jalapeño, Serrano, Cola de rata, Húngaro, Güero y Anaheim, pero puede variar de acuerdo con las condiciones del mercado (CESSI, 2004).

Entre los principales factores limitantes de esta actividad económica están la incertidumbre en cuanto al precio de comercialización y los problemas fitosanitarios y de manejo del cultivo. Para éstos dos últimos aspectos se enfocan las recomendaciones técnicas, surgidas de diferentes trabajos de investigación y validación realizados por el INIFAP en Sinaloa, que tienen como fin el mejoramiento de la cantidad y calidad de la producción de chile, en particular esto último, para lograr una mejor comercialización (CESSI, 2004).

### 2.1.1 Descripción del chile

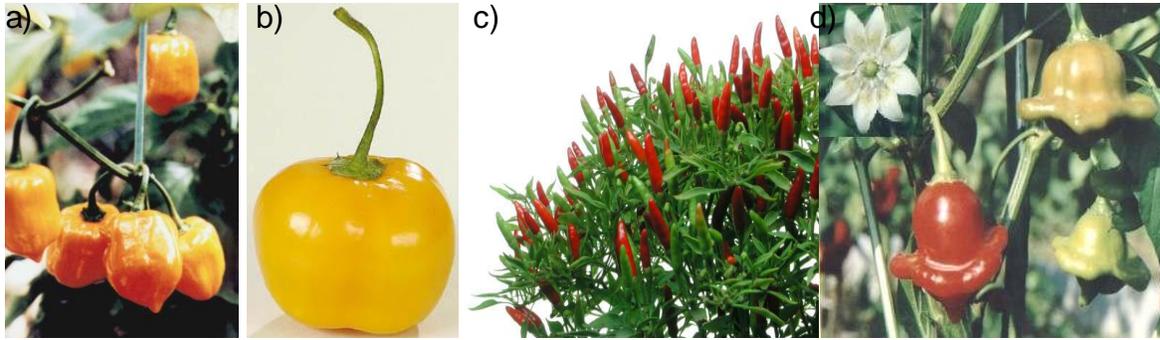
El chile, género *Capsicum sp*, incluye mas de 30 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América, probablemente en el área Bolivia-Perú, donde se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7.000 años, y desde donde se habría diseminado a toda América (Azurdia, 1984).

Al menos cinco de sus especies son cultivadas pero, en el ámbito mundial, casi la totalidad de la producción está dada por una sola especie, *Capsicum annuum*. Esto tiende a confundir porque a partir de esta especie se generan dos productos distintos para el consumidor: el chile con fruto picante, y el pimiento (de pimienta, por equivocación de Cristóbal Colón) o frutos no picantes, como se observa en la Figura 2.3.



**Figura 2.3** chiles no picantes: a) poblano, b) pimiento morrón; chiles picantes: c)jalapeño, d) serrano.

Es necesario destacar que existen otras especies del género cuyo fruto también es denominado chile. Estas especies de interés más puntual son *Capsicum chinense* , cuyo tipo "Habanero" produce el chile más picante que se conoce, *Capsicum frutescens*, cuyo tipo "Tabasco" es muy usado para la elaboración de salsa picante y pickles, *Capsicum baccatum*, cuyo producto es conocido como chile andino y es ampliamente cultivado en las zonas altiplanas, y *Capsicum pubescens*, cuyo principal tipo es el Manzano, como se muestra el la Figura 2.4 (Azurdia, 1984).



**Figura 2.4** a) chile habanero (*Capsicum chinense*), b) chile manzano (*Capsicum pubescens*), c) chile tabasco (*Capsicum frutescens*), d) chile andino (*Capsicum baccatum*)

## 2.2 Antecedentes

### 2.2.2 El chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P)

#### 2.2.2.1 Descripción y generalidades

El chile manzano es un chile fresco en forma de bulbo, que parece una manzana. Su circunferencia llega a medir hasta 4 cm. Es muy carnoso, picoso, tiene epidermis tersa y brillante; los hay de color verde, amarillo, naranja, rojo o combinados. Se dice que los amarillos son los más picosos. Se usa en salsas, escabeches y encurtidos (Anónimo, 1999).

El chile manzano solamente se adapta a los lugares fríos en donde, inclusive, puede tolerar heladas. Aún bajo temperaturas de 5 a 15°C se comporta como planta perenne (Laborde *et al.*, 1984).

En México el chile manzano, es una especie introducida de Sudamérica (Pozo, 1984), Generalmente se encuentra en regiones templadas a frías con altitudes de 1700 a 2400 msnm en huertos familiares o en superficies pequeñas menores a 5

hectáreas con fines comerciales. Como ejemplo de estas regiones se tiene a: San Cristobal de las Casas, Motozintla y La Grandeza en Chiapas; Zacapoaxtla y Atlixco en Puebla; en Sultepec, Tenancingo, Villa Guerrero, Coatepec Harinas y La Asunción en el Estado de México y en Pátzcuaro y Zitácuaro en Michoacán (Rivera, 1996).

En Michoacán lo llaman chile perón, en Veracruz es el chile cera, en Oaxaca es el chile canario, por su inconfundible color amarillo, ciruelo en la región de Pinal de Amoles, Querétaro. Básicamente existen dos tipos de este chile, los que son verdes y maduran a tono amarillo y los que son verdes y cambian a rojo al madurar, siendo los amarillos los más picosos.

Actualmente por sus propiedades pungentes (picante) y aromáticas se le utiliza seco, base para las salsas y pastas, estimulante digestivo, sazonador, como antioxidante en carnes y otros; lo que demuestra ser un recurso de amplísimo rango de aprovechamiento para su industrialización y menor pérdida con relación al fruto fresco.

Según Juárez (1999), el chile manzano tiene un potencial industrial para procesarlo y venderlo en forma enlatada o en polvo. También se puede extraer capsaicina y sus análogos los capsaicinoides, compuestos que le confieren el sabor picante y que tienen uso industrial y farmacéutico.

A pesar de ser una especie poco investigada, en estudios recientes se ha observado e identificado caracteres de interés agronómico que están ligados directamente a la calidad del fruto, siendo uno de ellos su forma, la cual puede ser de pera si tiene uno o dos lóculos y manzana si tiene tres o cuatro, también se ha observado que en una misma planta hay frutos con uno, dos, tres, cuatro o más lóculos, por lo que se cree, que al igual que otras especies de *Capsicum*, que el carácter forma del fruto en esta especie es de herencia cuantitativa y de fuerte interacción genética-ambiental. Aunque todavía no se tiene determinado qué factores ni cómo actúan específicamente sobre la forma del fruto. No obstante, esta

característica es de gran relevancia en el mercado de este tipo de chile, ya que los consumidores tienen una marcada preferencia por el tipo manzana (Juárez, 1999).

Su comercialización es principalmente en fresco y/o preparado en escabeche, la producción se comercializa principalmente a nivel local en las diferentes regiones productoras, aunque ocasionalmente se exporta a Los Angeles (EUA) como en el caso de Zitácuaro, Michoacán. En el centro del país, la producción se comercializa en la Central de Abastos de Iztapalapa, Distrito Federal. Los precios más altos (\$20.00 por kilogramo), se alcanzan durante los meses de diciembre a abril, en los que la oferta disminuye, debido a que la producción es generalmente de temporal. En esos meses existe baja precipitación y temperatura, lo cual induce a la planta a generar pocos frutos. En cambio de mayo a octubre se presentan altas precipitaciones y temperaturas, adecuadas para el cultivo, lo que provoca una alta producción de frutos en los meses de agosto a noviembre donde se alcanzan los precios más bajos del año (\$5.00 por kilogramo) (Pérez y Castro, 1998).

#### **2.2.2.2 Clasificación taxonómica**

Heiser y Pickergill (1969) presentaron la siguiente clasificación del chile manzano:

Reino:	Vegetal
Subreino:	Embriofitas
División:	Traqueofitas
Subdivisión:	Pteropsidas
Clase:	Angiospermas
Subclase:	Dicotiledónea
Orden:	Tubiflorae
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Capsicum</i>
Especie:	<i>Capsicum pubescens</i> Ruíz y Pavón
Nombre común:	Chile manzano

### **2.2.2.3 Descripción botánica**

La planta de chile manzano puede comportarse como perenne, presenta un follaje de color verde oscuro, con hojas grandes, ásperas, pubescentes y con ligeras ondulaciones. Se caracteriza por tener corolas con lóbulos morados y base blanca, anteras color morado, un cáliz con cinco sépalos y semillas grandes y negras curvas o arrugadas; los pedicelos generalmente son solitarios aunque puede haber de dos o tres; el fruto es generalmente de forma oblonga y aplanada con ondulaciones y está determinada por el número de lóculos (1 a 4), algunas veces la forma es globular como la de un jitomate; el tamaño del fruto es de alrededor de cuatro centímetros de largo por tres centímetros de diámetro; el color del fruto tierno es verde y algunos tipos maduran en amarillo mientras otros lo hacen en rojo; el sabor es agradable pero muy picante (Yaqub y Smith, 1971 citado por Mosso, 1994).

Crece en forma arbustiva y alcanza alturas mayores de dos metros (Muñoz y Pinto, 1966). La semilla está constituida básicamente por cubierta, embrión y endospermo, siendo el embrión de tipo curvo y ligeramente enrollado con cotiledones plegados, por ser el endospermo el tejido en que se localizan las reservas alimenticias, las semillas de chile manzano corresponden al grupo de las albuminosas (Jiménez, 1989).

### **2.2.2.4 Requerimientos ambientales**

Se adapta exclusivamente a lugares fríos y templados en donde, puede tolerar heladas no muy intensas. Las temperaturas óptimas para la germinación de las semillas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), parece ubicarse cerca de los 20°C, además las semillas de esta especie presentan una baja velocidad de germinación ya que necesita de 22 días para alcanzar 75% de germinación (Jiménez, 1989).

Florece y fructifica perfectamente a temperaturas de 5 a 15 °C en la cual la mayoría de los chiles apenas si logran sobrevivir. Aun bajo estas temperaturas se comporta como una planta perenne. Requiere baja intensidad luminosa por lo que

prospera fácilmente en asociación con otras especies que le proporcionen sombra (Laborde *et al.*, 1984).

Se puede establecer en diferentes tipos de suelos como son los suelos andosoles, luvisol, feozem, cambisol, regosol y acrisol, con diferentes texturas desde las finas hasta los de textura gruesa. Estos tipos de suelos son en los que se encuentra distribuido el cultivo a nivel nacional (Carta Edafológica, UNAM, 1990).

## 2.2.3 Producción de plántulas

### 2.2.3.1 Definición

El término "plántula" se designa a la planta pequeña producida por semilla, de pocas semanas de edad y que se utiliza en los cultivos de trasplante para establecer la plantación definitiva en el campo, Figura 2.5. El sistema de trasplante se hace con el objetivo de lograr un adelanto en las cosechas en comparación al método de siembra directa y consecuentemente obtener un mejor precio del producto (Japón, 1980).



**Figura 2.5** plántula de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P)

En general para el trasplante, la plántula de especies que se comportan o son perennes deben reunir las siguientes características (Rico, 1983):

- De 10 a 12 hojas.
- Tallo fuerte y entrenudos cortos.
- Hojas tersas y verdes.
- Potente sistema radical.
- Ausencia de heridas.
- Total ausencia de plagas y enfermedades.

La producción de plántula implica el ahorro de semilla, y el agricultor tiene la seguridad de contar con una planta sana ya germinada. También el ahorro en costos de producción y mano de obra que implica el deshierbe y deshije en el campo, alrededor de cuatro riegos y entre 4 ó 5 aplicaciones de productos químicos (Marino, 1995).

### **2.2.3.2 Métodos de producción de plántulas**

En la actualidad es posible producir plántulas en diferentes tipos de almácigos que van desde el más rústico hasta el más sofisticado. Es común encontrar almácigos de 10 a 30 metros cuadrados en forma de cama en donde la siembra es al voleo con altas densidades y que después de cubrir la semilla con una capa de arena de 2 cm, se riega. Una vez germinada la semilla se procede a proteger la planta del frío por medio de una estructura en forma de techo de dos aguas formado con ramas de 1 a 1.5 m de largo colocadas muy juntas entre sí, esta estructura se mueve hasta el momento del trasplante, los riegos se efectúan con regaderas o agua rodada sin mover la cubierta, el trasplante ocurre hasta los 140 ó 150 días (Laborde *et al.*, 1984).

Almácigos con tecnología más avanzada son aquellos en los que se preparan los cajetes con tractores y borderos; los que después, se afinan con rastrillos y niveladores de mano hasta dejarlos de 50 a 100 m de largo y uno de ancho perfectamente nivelados. Cada 3 m se colocan tablas de madera, de forma que queden pequeños rectángulos de 3x1 m, los cuales se riegan mediante un canal que corre paralelo a todo lo largo del almácigo y que permite regar por inundación en forma

individual cada cajete. La siembra se hace al voleo pero en baja densidad de tal manera que no haya plantas juntas unas de otras, la semilla se cubre con una capa fina de tierra cernida y arriba de ésta se coloca una capa de arena de 2 cm y se retira una vez germinada la semilla. Los almácigos se cubren con costales de ixtle sostenidos sobre arcos de alambión, la orientación se hace de este a oeste. De siembra al trasplante transcurren en unos 120 días (Laborde *et al.*, 1984).

Los almácigos más avanzados son aquellos en los que se utilizan estructura tipo invernadero y que en su interior se colocan charolas de poliestireno con 200 o más cavidades que se llenan con sustratos especiales. En cada cavidad se coloca una semilla, los riegos y fertilización se realizan por aspersion lo que permite aplicar con exactitud el agua y nutrientes requeridos.

Mediante calentadores o extractores de aire caliente, según la región, se mantiene una temperatura constante lo más cercana a la óptima para el crecimiento de la planta. Por medio de este procedimiento se pueden obtener las plantas sanas y con las raíces intactas en unos 40 días para otros tipos de chiles diferentes al chile manzano. Este sistema comercial a gran escala, requiere de cuantiosas inversiones que lo sitúan en el otro extremo de la operación familiar (Laborde *et al.*, 1984).

#### **2.2.4 Nutrición vegetal**

Los nutrientes que las plantas obtienen del suelo son los que generalmente limitan su desarrollo. Muchos suelos agrícolas del mundo son deficientes en uno o más de los nutrientes esenciales necesarios para el crecimiento y desarrollo sano de las plantas. La acidez, la alcalinidad, la salinidad, los procesos antropogénicos, la naturaleza del sistema agrícola y la erosión pueden causar degradación del suelo, de manera que cuando el suelo no provee suficientes cantidades de los nutrientes esenciales para las plantas, se debe aplicar fertilizante al suelo para satisfacer los requerimientos nutricionales y optimizar el rendimiento (Nuez *et al.*, 1996) y el uso de los recursos involucrados.

#### **2.2.4.1 Fertilización de plántulas**

La nutrición de las plántulas influye tanto en su desarrollo como en el arraigo y productividad en campo. Se requiere que el balance entre nutrientes sea considerado al momento de programar la fertilización, aunque son necesarios otros elementos; los tres más importantes son: nitrógeno, fósforo y potasio; se ha demostrado, que el nitrógeno es el elemento que mayor impacto tiene sobre el crecimiento de la plántula en condiciones de invernadero (Nuez *et al.*, 1996).

El inicio del programa de nutrición se podrá realizar a partir de la aparición de la primera hoja verdadera y continuarse con aplicaciones semanales. La nutrición de la plántula ayuda a lograr plantas vigorosas, que favorecen su arraigo y buen desarrollo en el campo definitivo; la fertilización se puede realizar al mezclar el material fertilizante con el sustrato en el momento de la siembra. Se ha demostrado que la aplicación de 420 gr de sulfato de amonio por m<sup>3</sup> de sustrato favorece el desarrollo de la plántula; se sugiere que la aplicación del fertilizante se inicie a partir del surgimiento del primer par de hojas verdaderas, con la realización de dos aplicaciones por semana (Nuez *et al.*, 1996).

Investigaciones de Pérez y Castro (1998) en Chapingo, Estado de México, concluyen que para el caso de la producción de chile manzano en maceta y en invernadero, debe aplicarse una solución nutritiva a través del sistema de riego por goteo. La solución nutritiva se prepara disolviendo en 1,000 litros de agua los fertilizantes que se señalan en el Cuadro 2.2, siguiendo el mismo orden para disolverlos.

#### **2.2.4.2 Solución nutritiva universal de Steiner**

Los experimentos fisiológicos sobre nutrición han sido realizados para investigar, entre otras cosas, la influencia de una amplia gama de composiciones de soluciones nutritivas sobre el desarrollo y comportamiento de las plantas (Steiner, 1961).

**Cuadro 2.2** Cantidad de fertilizantes en gramos utilizados para preparar 1,000 litros de solución nutritiva para irrigar plantas de chile manzano establecidas en maceta y en invernadero (Pérez y Castro, 1998).

<b>Fuente</b>	<b>Cantidad (gr/1000 l)</b>
Acido fosfórico <sup>x</sup>	30
Sulfato de potasio	870
Sulfato de magnesio	1,230
Nitrato de potasio	750
Nitrato de calcio	2,600
Sulfato ferroso	50
Sulfato de manganeso	5
Sulfato de zinc	2
Sulfato de cobre	2
Bórax	10

<sup>x</sup> Esta fuente esta expresada en mililitros, ya que es un líquido

Durante el sexto coloquio del Instituto Internacional de la Potasa en Florencia, Italia en 1968, Steiner presentó la composición de su solución nutritiva universal. Esta fórmula todavía es la más ampliamente usada que se conoce y ha sido empleada para incrementar la magnitud del crecimiento de las plantas cultivadas con métodos en agua, para experimentos concernientes a investigaciones en fisiología vegetal y para la producción comercial de plantas con diversos métodos de cultivo sin suelo (Steiner, 1984).

La publicación original de la solución nutritiva universal conseguida por Steiner, se basó en una presión osmótica de 0.7 atmósferas y pH de 6.5. Estos valores no son universales. Solamente las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes se conciben como universales, permitiendo diferentes preparaciones a distintas presiones osmóticas deseadas y valores de pH (Steiner, 1984).

La solución nutritiva universal de Steiner expresa las relaciones mutuas entre los cationes potasio, calcio y magnesio y entre los aniones nitrato, fosfato y sulfato (Steiner, 1984).

En la publicación original de la solución nutritiva universal de Steiner solamente son mencionados los macro-elementos. Sin embargo, es completamente lógico que también los micro-elementos indispensables como hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B), cobre (Cu) y molibdeno (Mo) deben estar presentes en la solución nutritiva (Steiner, 1984).

En la solución nutritiva universal de Steiner, como se observa en el Cuadro 2.3, todo el nitrógeno está presente como  $\text{NO}_3^-$  no como  $\text{NH}_4^+$ . La razón es que los iones  $\text{NH}_4^+$  en una solución nutritiva son tóxicos en mayor o menor grado para muchas plantas (Steiner, 1984).

La fórmula de la solución nutritiva universal de Steiner satisface las siguientes condiciones:

- 1) Las relaciones mutuas deseadas entre aniones.
- 2) Las relaciones mutuas deseadas entre cationes.
- 3) La concentración total de iones deseada.
- 4) El valor deseado de pH con una tolerancia de  $\pm 0.1$ .

**Cuadro 2.3** Fórmula de la solución nutritiva universal de Steiner (Steiner, 1984).

	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{++}$	$\text{Mg}^{++}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4$	$\text{SO}_4^{=}$	Total
<b>iones (mg/l)</b>	7.080	4.552	2.023	11.888	0.991	3.467	30.001
<b>Meq/l</b>	7.080	9.103	4.046	11.888	0.991	6.934	

En cuanto a la calidad del agua, hay que ser explícito en decir que todas las fórmulas que se deseen preparar, dependerán solamente del uso de agua destilada o completamente desmineralizada (Steiner, 1984).

Para complementar, se hace una mención general de los límites de las concentraciones de micro-elementos por litro de solución nutritiva, como se observa en el Cuadro 2.4 (Steiner, 1984).

**Cuadro 2.4** Concentraciones de micro-nutrientes en la solución nutritiva universal de Steiner (Steiner, 1984).

<b>Elemento</b>	<b>μmol/l</b>	<b>mg/l</b>
Fe	9-36	0.5-2.0
Mn	4-36	0.2-2.0
Zn	1.5-9	0.1-0.6
B	19-56	0.2-0.6
Cu	0.2-1	0.01-0.06
Mo	0.4-0.6	0.04-0.06

### 3. OBJETIVOS E HIPOTESIS

#### 3.1. Objetivos

- Medir los efectos en el desarrollo de plántulas de chile manzano de diferentes niveles de concentración de la solución nutritiva universal de Steiner.
- Identificar y establecer un tratamiento de fertilización para la producción de plántulas de chile manzano.

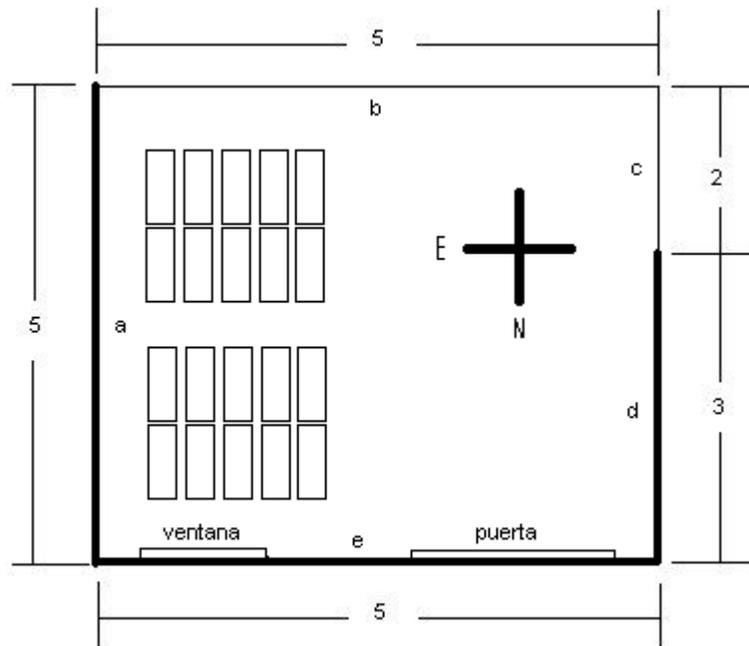
#### 3.2. Hipótesis

- Existe efecto en el desarrollo de plántulas de chile manzano (*capsicum pubescens* R y P), aplicando diferentes concentraciones de la solución nutritiva universal de Steiner.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización y ubicación geográfica del sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en un recinto de traspatio (Figura 4.1), en la ciudad de San Juan del Río, Querétaro, ubicado aproximadamente a  $20^{\circ} 22' 41.42''$  de latitud norte y  $99^{\circ} 58' 15.13''$  de longitud oeste y altitud de 2011 msnm; de acuerdo con el sistema de información geográfico de google earth. El clima de San Juan del Río es templado, el mas seco de los sub húmedos. La precipitación promedio anual es de 600 a 700 mm, con un régimen de lluvias de verano y lluvias invernales menor del 5% del total anual. La temperatura media anual es de  $15$  a  $17^{\circ}\text{C}$ . Las heladas tempranas se presentan a finales del mes de septiembre y las tardías a principios del mes de abril (SEDESU, 1984).



**Figura 4.1** Croquis del recinto donde se llevo a cabo el experimento.

El recinto tiene 5 metros de ancho por 5 metros de largo, las paredes “a”, “d” y “e” son de material sólido, no penetra la luz, aunque la pared “e” tiene una ventana y la puerta, ambas de cristal, está pared colinda con el comedor de la casa por lo tanto no hay luz entrando hacia este recinto; las paredes “b” y “c” están forradas totalmente con malla antiáfidos, la pared “b” además tiene una cortina de plástico calibre 600, ésta

cortina se abre en el día y se cierra de noche o cuando llueve. El techo del recinto esta cubierto por lámina de policarbonato transparente (Figura 4.1).

#### **4.2 Material vegetal**

Se utilizó semilla de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) de frutos color amarillo de la región de Michoacán. La semilla se puso a secar a la sombra durante 8 días. Con el fin de facilitar la germinación, antes de sembrar las semillas, se remojaron en agua durante 24 horas, cambiándoles el agua a las 12 horas y posteriormente se desinfectaron con 1 gr de captan para 100 gr de semilla.

#### **4.3 Manejo general del experimento**

El experimento tuvo duración de 60 días, inició el 05 de septiembre de 2007 y terminó el 05 de noviembre de 2007.

Para la preparación del sustrato se emplearon turba (peat moss) y vermiculita en proporción de 3 a 1 respectivamente, la mezcla de sustrato se desinfectó con previcur en proporción de 0.5 ml por cada litro de agua; el sustrato, previamente humedecido, se colocó en vasos de unicel de ocho onzas. La siembra se llevó a cabo el día 05 de septiembre de 2007, se sembraron 900 semillas, colocando una semilla por cavidad a una profundidad de 1 cm aproximadamente. Se colocó una malla sombra del 50% a una altura de 50 cm de los vasos. Se sembraron semillas en 100 vasos extras con la finalidad de reponer los que posiblemente no emergen.

Para el abastecimiento de agua se dieron riegos cada tercer día con un aspersor hasta el día 22 ds (después de la siembra), en este día se remplazaron los vasos de los cuales no emergió la plántula por los que se sembraron con este propósito. A partir del día 23 ds se aplicó la nutrición cada tercer día, respecto a los tratamientos establecidos según el Cuadro 4.1.

Para prevenir el ataque de hongos en la raíz se realizó una aplicación de previcur, en proporción de 0.5 ml por litro de agua, a los 20 días después del la siembra.

#### **4.4 Diseño experimental y de tratamientos**

Se establecieron cinco tratamientos a estudiar que se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada tratamiento estuvo constituido por 40 plantas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), sembradas en vasos de unicel con un volumen de ocho onzas. El número total de plantas (unidades experimentales) fue de 800.

El factor de estudio fue la concentración de la solución nutritiva universal de Steiner y los niveles fueron, el control al 0%(T1), 50%(T2), 75%(T3), 100%(T4) y 125%(T5) para cada uno de ellos como se muestra en el Cuadro 4.1.

Para la preparación de las soluciones nutritivas se siguió el procedimiento indicado por Pérez y Castro (1998).

##### **4.4.1 Variables respuesta**

Las variables medidas como indicadores de desarrollo de las plántulas de chile manzano fueron las siguientes:

1. Altura de plántula. La toma de datos para esta variable se realizó con una regla de 30 cm. La altura se tomo desde el cuello de la planta hasta el ápice y los valores se expresaron en centímetros (cm).
2. Longitud de raíz. Al igual que la variable anterior se realizó con una regla de 30 cm y ésta fue desde el cuello de la planta hasta donde coincidían la mayoría de las raíces de la plántula. Los valores se cuantificaron en centímetros (cm).
3. Peso fresco de la plántula. La toma de datos para está variable se registró con una balanza de 200 gr de capacidad y los valores se tomaron en gramos (gr).
4. Peso fresco de raíz. De igual manera a la variable anterior se empleo el mismo procedimiento y los valores se expresaron en gramos (gr).

5. Diámetro de tallo. Para obtener esta variable se utilizó un vernier, se tomó el diámetro basal, de la parte media y superior del tallo, para obtener un promedio del mismo, los valores se registraron en centímetros (cm).
6. Número de hojas. Se contabilizó el número de hojas presentes al momento de la toma de datos.

#### **4.5 Análisis de resultados**

Para observar el efecto de los tratamientos planteados en el experimento se efectuó el análisis de varianza de Fisher correspondiente, así como una prueba de comparación de medias Tukey, con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), utilizando el programa de software estadístico llamado "The SAS (statistics analysis software) system for windows".

La toma de datos se realizó a los 60 días de haberse establecido el experimento, midiendo las variables antes mencionadas al momento del muestreo.

**Cuadro 4.1** Cantidades de fertilizantes, expresadas en gramos, requeridas para preparar 1000 litros de solución nutritiva de Steiner para los tratamientos al 0,50,75,100 y 125%.

<b>Fertilizante</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
Acido fosfórico 70%*	0	65	97	130	160
Sulfato de potasio	0	217	325.5	434	542.5
Sulfato de magnesio	0	120	180	240	300
Nitrato de potasio	0	47.5	70	95	119.4
Nitrato de calcio	0	475	710	945	1185
Sulfato ferroso	0	2.5	3.75	5	6.25
Sulfato de manganeso	0	2.5	3.75	5	6.25
Sulfato de zinc	0	1	1.5	2	2.5
Sulfato de cobre	0	1	1.5	2	2.5
Bórax	0	5	7.5	10	12.5

\*Esta fuente está indicada en mililitros, ya que es un líquido

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Altura de la plántula

En la Figura 5.1 se presenta el análisis de varianza efectuado para esta variable y se observa que como  $\alpha > 0.05$  no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos, para mayores detalles ver el cuadro 8.1 y 8.2 del anexo. Con los valores de altura de plántula obtenidos para cada uno de los tratamientos en estudio, se interpreta en términos generales que las diferentes concentraciones de solución nutritiva de Steiner utilizadas, no tienen efecto sobre la altura alcanzada por la plántula; quizá porque la longitud de los entrenudos dependa más de la disponibilidad de radiación que de nutrientes (Barraza, 2000).

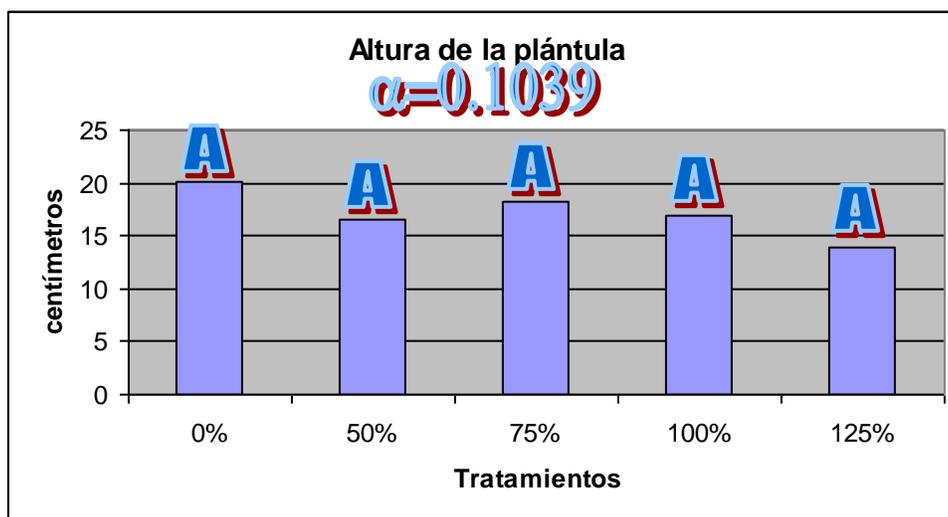


Figura 5.1 Medias, varianza de Fisher y prueba de Tukey para la altura de la plántula.

A pesar de que puede ser útil y posee el mérito de dejar la planta intacta, la altura, es en términos generales, una medida poco satisfactoria del crecimiento. Solo se mide la porción aérea de la planta y no se toma en cuenta el grosor, grado de ramificación o área que cubre.

Por ejemplo, la apreciación de la parte aérea no dará una medida útil del crecimiento de una planta de zanahoria. Se requiere una medida más directa de la

cantidad total del material vegetal para proporcionar una estimación menos errónea del crecimiento (Fogg, 1967).

## 5.2 Longitud de la raíz

En la Figura 5.2 se presenta el análisis de varianza efectuado para esta variable y se observa que como  $\alpha > 0.05$  no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos, para mayores detalles ver el cuadro 8.3 y 8.4 del anexo. Se deduce entonces que las concentraciones de la solución nutritiva empleadas, no producen un efecto diferencial para la longitud de la raíz.

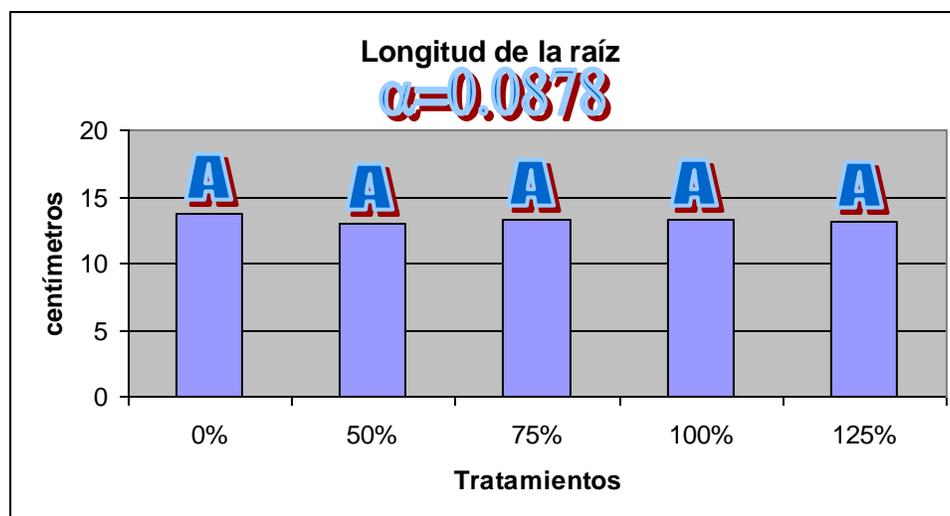


Figura 5.2 Medias, varianza de Fisher y prueba de Tukey para la longitud de la raíz.

## 5.3 Peso fresco de la plántula

En la Figura 5.3 se presenta el análisis de varianza efectuado para esta variable y se observa que como  $\alpha < 0.05$  sí hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos, para mayores detalles ver el cuadro 8.5 del anexo.

Mediante la prueba de medias de Tukey, Figura 5.3, se identificó a los tratamiento 1 y 3 (concentración al 0% y 75%, respectivamente, de la solución nutritiva de Steiner) como estadísticamente superiores a los tratamientos 2, 4 y 5 (50%, 100% y 125% respectivamente) (Cuadro 8.6 del Anexo).

Debido a que hay una estrecha relación entre el agua utilizada para la fertirrigación en Chile y el peso de la planta producido, existe un rango de concentración de nutrientes referido al peso acumulado por la planta, el cual según Gariglio y Marano (1997) deben estar en la solución nutritiva en forma de iones para satisfacer a tiempo las necesidades de agua y nutrientes de la planta; en este sentido la solución de Steiner al 75% contribuyó a una mejor nutrición de las plántulas y con ello a una mayor tasa de crecimiento y producción de peso fresco.

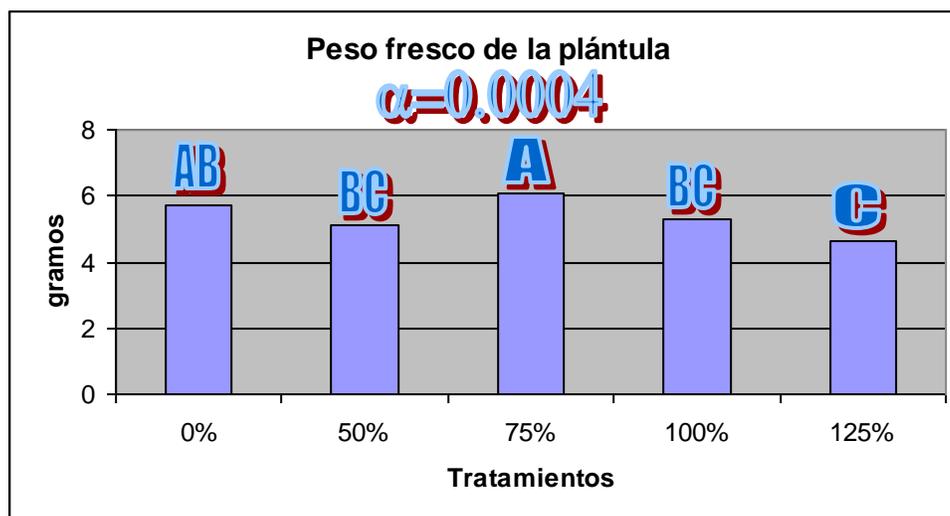


Figura 5.3 Medias, varianza de Fisher y prueba de Tukey para el peso fresco de la plántula.

#### 5.4 Peso fresco de la raíz

En la Figura 5.4 se presenta el análisis de varianza efectuado para esta variable y se observa que como  $\alpha > 0.05$  no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos, para mayores detalles ver el cuadro 8.7 y 8.8 del anexo. Se deduce entonces que las concentraciones de la solución nutritiva empleadas, no producen un efecto diferencial para el peso fresco de la raíz.

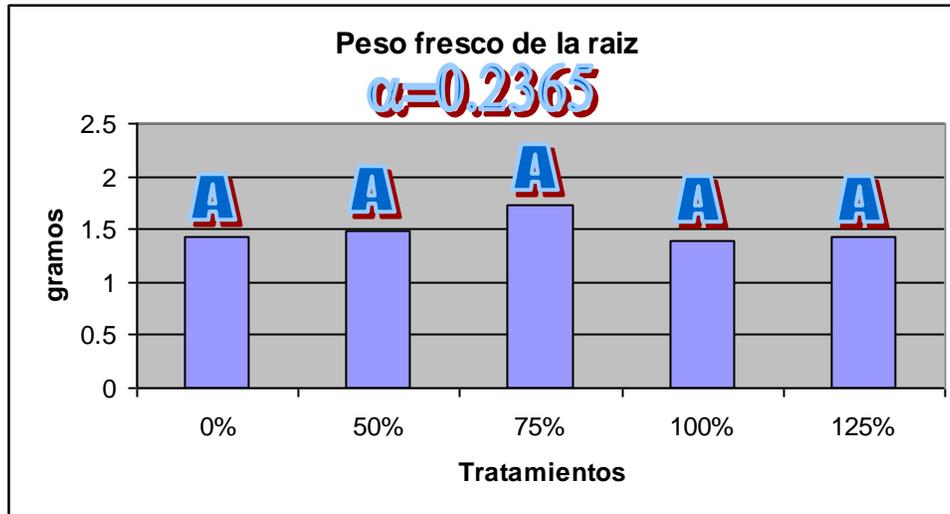


Figura 5.4 Medias, varianza de Fisher y prueba de Tukey para el peso fresco de la raíz.

### 5.5 Diámetro del tallo

En la Figura 5.5 se presenta el análisis de varianza efectuado para esta variable y se observa que como  $\alpha > 0.05$  no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos, para mayores detalles ver el cuadro 8.9 y 8.10 del anexo. Se deduce entonces que las concentraciones de la solución nutritiva empleadas, no producen un efecto diferencial para el diámetro del tallo.

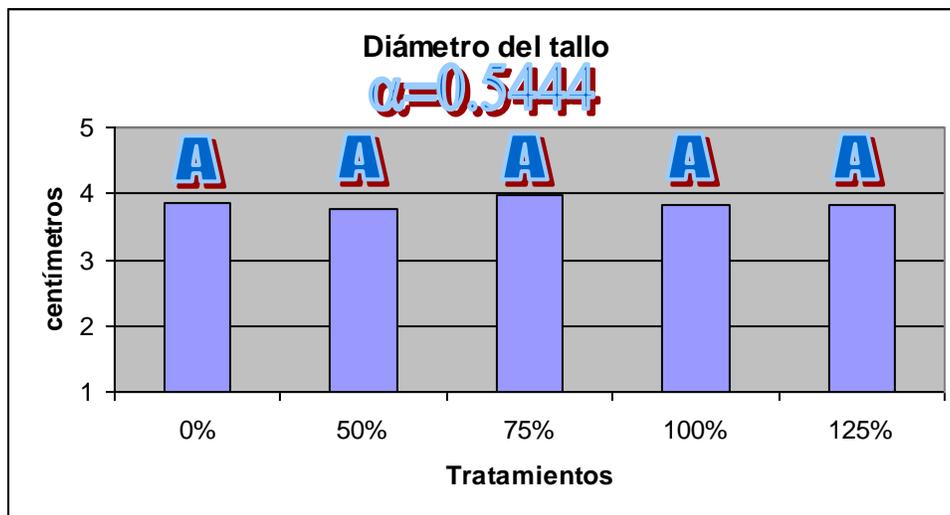


Figura 5.5 Medias, varianza de Fisher y prueba de Tukey para el diámetro del tallo.

En estudios más detallados se podría conocer más que el diámetro del tallo, el número de haces vasculares y el diámetro de los mismos, que se relacionan con la capacidad de transporte de fotoasimilados, iones y agua hacia los sitios de demanda (Barraza, 2000).

### 5.6 Número de hojas de la plántula

En la Figura 5.6 se presenta el análisis de varianza efectuado para esta variable y se observa que como  $\alpha < 0.05$  sí hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos, para mayores detalles ver el cuadro 8.11 y 8.12 del anexo.

La solución nutritiva de Steiner al 75% produjo un mayor número de hojas, lo cual es una característica favorable en la producción, ya que la actividad fotosintética laminar y el crecimiento están íntimamente relacionados. La cantidad de fotosíntesis que una planta realiza depende de la superficie de la hoja u órganos fotosintéticos que posea y de la actividad fotosintética por unidad de área de este tejido (Fogg, 1967); a su vez, la superficie foliar depende del número de hojas, de su velocidad de crecimiento y de su tamaño final. Todo esto se encuentra regulado fundamentalmente por las temperaturas, la humedad del suelo y la disponibilidad de nutrimentos (Wild, 1992).

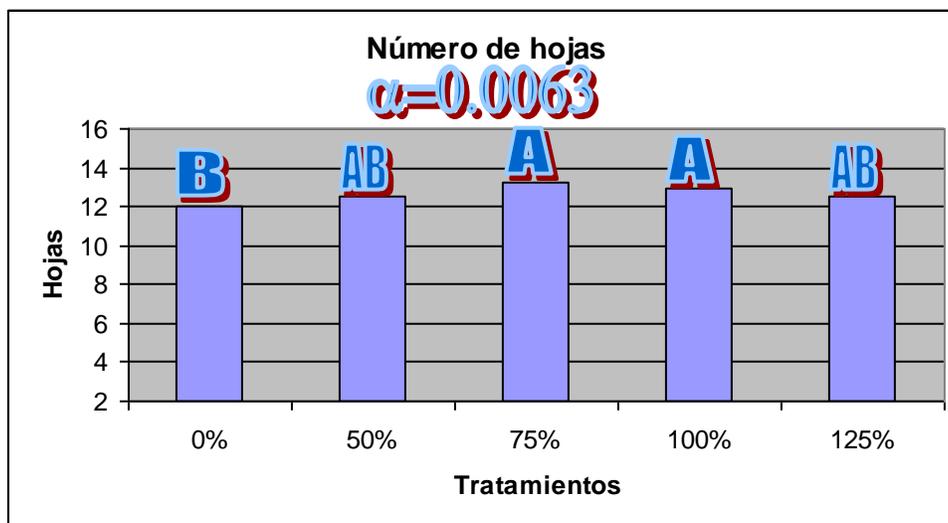


Figura 5.6 Medias, varianza de Fisher y prueba de Tukey para el número de hojas.

En la Figura 5.7 se muestran los resultados que presentaron los diferentes tratamientos para cada una de las variables respuesta cuantificadas.

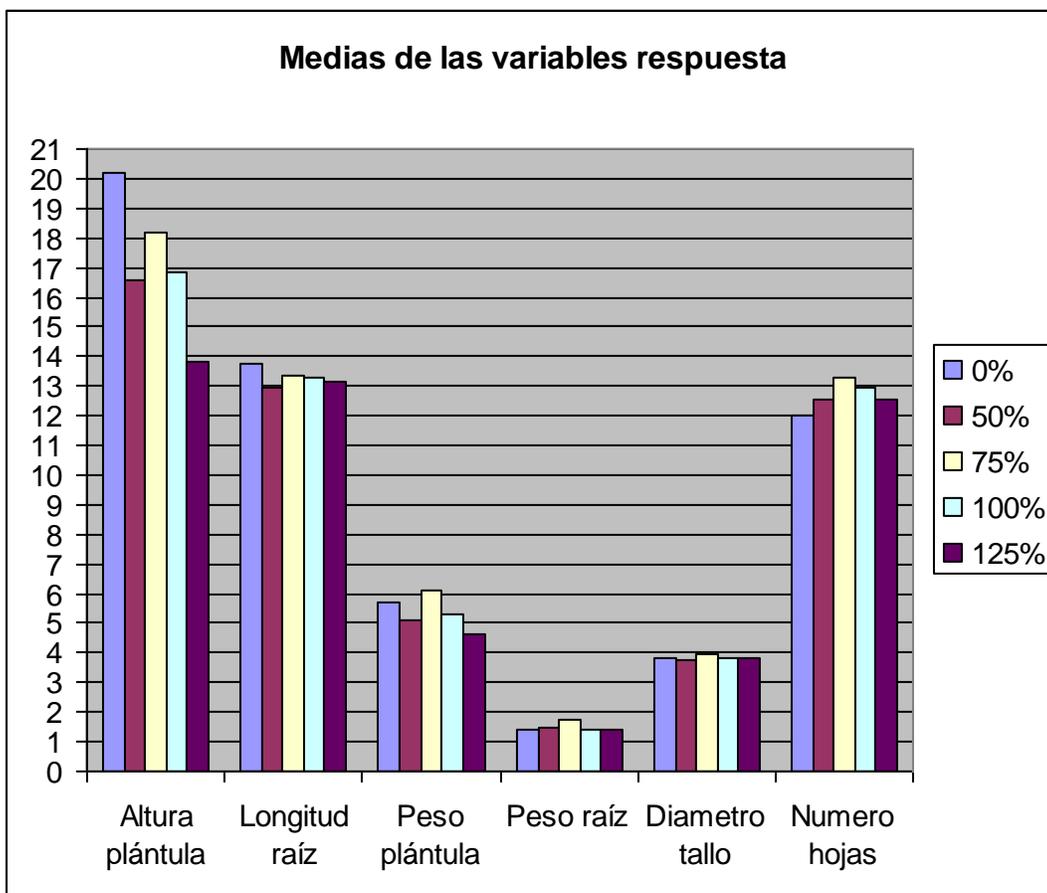


Figura 5.1 Medias de las variables respuesta.

## 6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos y bajo las condiciones que se desarrolló el experimento se llegó a las siguientes conclusiones:

El análisis de varianza muestra que hay diferencia estadística significativa en las variables: peso fresco de la plántula y número de hojas y la prueba de medias de Tukey indica que el tratamiento al 75% es superior a los demás en estas dos variables.

El análisis de varianza muestra que no hay diferencia estadística significativa en las variables: altura de la plántula, longitud de la raíz, peso fresco de la raíz y diámetro del tallo. Las diferencias que se observan pueden ser producto del error experimental o del azar.

## 7. LITERATURA CITADA

**Anónimo. 1999.** Los chiles, tradición de sabor. *Cocina Fácil* 14(3): 70-75.

**Arcos C., G. Hernández H., J. Uriza A. D., O. Pozo C., y A. Olivera. 1998.** Tecnología para producir chile jalapeño en la planicie costera del Golfo de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de investigación Regional Noreste, Veracruz. México. Folleto técnico número 24. División agrícola. 206 p.

**Azurdia P., C. A. 1984.** Consideraciones preliminares sobre la distribución del género *Capsicum* en el norte, oriente y centro de Guatemala.

**Barraza A. F. V. 2000.** Crecimiento del chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) en cuatro soluciones nutritivas bajo invernadero.

**Campo Experimental Sur de Sinaloa. CESSI. 2004.** Guía para la Asistencia Técnica Agropecuaria para el área de influencia del campo experimental sur de Sinaloa. INIFAP-CIRCO-CESSI. Agenda Técnica. Segunda Edición. Mazatlán, Sinaloa, México. 170 p.

**Carta Edafológica UNAM. 1990.** Instituto de Geografía. UNAM, México

**Chávez, S., J. L. 1999.** Diversidad morfológica e isoenzimática del chile manzano (*Capsicum pubescens* R.y P.) en México. Tesis de Doctor en Ciencias. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Especialidad en Genética. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 138p.

**Fogg, G. E. 1967.** El crecimiento de las plantas. Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA), Argentina. 327 p.

**Heiser, C. and B. Pickersgill. 1969.** Names for the cultivated *Capsicum* species (Solanaceae). *Taxon* 18: 227-283.

**Jiménez M., J. N. 1989.** Aspectos generales sobre la germinación de semillas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R & P) Tesis de Licenciatura UACH, Chapingo, Méx.

**Juárez M., F. 1999.** Efecto de niveles de temperatura, luz y humedad del sustrato en la calidad y rendimiento de chile manzano (*Capsicum pubescens* R.y P.). Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 115p.

**Japón Q., J. 1980.** El cultivo extensivo del pimiento para la industria. Publicaciones de Extensión Agraria. Ministerio de agricultura. Madrid, España.

**Laborde C., J. A. y O. Pozo C. 1984.** Presente y pasado del chile en México. Publicación Especial Núm. 85. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. D.F., México. 80 p.

**Marino C. 1995.** Producción de plántulas en invernadero. Rev. Hortalizas, Frutos y Flores. Num. 31 (8). p 13-17.

**Mosso O., M. R. 1994.** Zonificación Agroclimática para el cultivo del chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P), en la Sierra Norte de Puebla, Tesis de Licenciatura, Chapingo, Méx.

**Muñoz F., I. y Pinto C. 1966.** Taxonomía y Distribución Geográfica de los chiles en México. INIA, SAG.

**Nuez V., F., Gil, R. y J, Costa. 1996.** El cultivo de pimientos, chiles y ajies. Tercera Edición. Mundi-Prensa. Madrid, España. 607 p.

**Pérez, G., M. y R. Castro B. 1998.** Guía para la producción intensiva de chile manzano. Boletín de divulgación No.1. Programa Nacional de investigación en Olericultura. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. 17 p.

**Pozo C., O. 1982.** Pasado y presente del chile en México. Folleto de Divulgación técnica, México.

**Rico A., R. 1983.** Cultivo del pimiento de carne gruesa, en invernadero. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España.

**Rivera Y., M. 1996.** Distribución y descripción de colectas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) en México. Tesis Profesional Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 57 p.

**Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR). 2000.** Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 1998, por cultivo. Tomo I. Centro de Estadística Agropecuaria. Talleres del Centro de Estadística Agropecuaria. D.F. México.753 p.

**Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2006.** Publicación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Número 28, año III- 17 Julio, 2006

**SEDESU. 1984.** Isoyetas, estimadas con datos de la red de estaciones hidrometeorológicas de la Comisión Nacional del Agua, con el programa D\_WGS\_1984

**Steiner, A., A. 1961.** A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Horticultural Experiment Station, Naaidwijk, Netherlands. Reprint from Plant and Soil. XV(1961): 134-154.

**Steiner, A., A. 1984.** The universal nutrient solution. In: Sixth International Congress on Soilless Culture. Reprint from Proceedings International Society for Soilless Culture. Lunteren. pp. 633-650

**Wild, A. 1992.** Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas Según Russel. Mundi-Prensa. Madrid, España. 1045 p.

## 8. ANEXOS

**Cuadro 8.1** Análisis de varianza para la altura de la plántula

ALTURA DE LA PLANTULA      11:27 Monday, November 8, 201

The GLM Procedure

Dependent Variable: ALTURA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	116.3738906	16.6248415	1.85	0.1657
Error	12	107.5680156	8.9640013		
Corrected Total	19	223.9419062			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ALTURA Mean
0.519661	17.47935	2.993994	17.12875

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	4	87.45354688	21.86338672	2.44	0.1039
BLOK	3	28.92034375	9.64011458	1.08	0.3963

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	4	87.45354688	21.86338672	2.44	0.1039
BLOK	3	28.92034375	9.64011458	1.08	0.3963

**Cuadro 8.2** Prueba de medias de Tukey para la altura de la planta.

ALTURA DE LA PLANTULA      11:27 Monday, November 8, 20

The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for ALTURA

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a high Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	8.964001
Critical Value of Studentized Range	4.50760
Minimum Significant Difference	6.7479

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
â	20.194	4	1
â	18.200	4	3
â	16.859	4	4
â	16.569	4	2
â	13.822	4	5



**Cuadro 8.5** Análisis de varianza para el peso fresco de la plántula

PESO FRESCO DE LA PLANTULA 11:27 Monday, November 8,

The GLM Procedure

Dependent Variable: PESOPLAN

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	6.09901563	0.87128795	8.62	0.0007
Error	12	1.21301562	0.10108464		
Corrected Total	19	7.31203125			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	PESOPLAN Mean
0.834107	5.922014	0.317938	5.368750

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	4	4.83492188	1.20873047	11.96	0.0004
BLOK	3	1.26409375	0.42136458	4.17	0.0308

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	4	4.83492188	1.20873047	11.96	0.0004
BLOK	3	1.26409375	0.42136458	4.17	0.0308

**Cuadro 8.6** Prueba de medias de Tukey para el peso fresco de la plántula.

PESO FRESCO DE LA PLANTULA 11:27 Monday, November 8

The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for PESOPLAN

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a high Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	0.101085
Critical Value of Studentized Range	4.50760
Minimum Significant Difference	0.7166

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	6.0813	4	3
B	5.7094	4	1
B	5.2969	4	4
B	5.1000	4	2
B	4.6563	4	5

**Cuadro 8.7** Análisis de varianza para el peso fresco de la raíz

PESO FRESCO DE LA RAIZ 11:27 Monday, November 8, 200					
The GLM Procedure					
Dependent Variable: PESORAIZ					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.45353906	0.06479129	1.34	0.3111
Error	12	0.57842188	0.04820182		
Corrected Total	19	1.03196094			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	PESORAIZ Mean	
	0.439492	14.67942	0.219549	1.495625	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	4	0.30926563	0.07731641	1.60	0.2365
BLOK	3	0.14427344	0.04809115	1.00	0.4272
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	4	0.30926563	0.07731641	1.60	0.2365
BLOK	3	0.14427344	0.04809115	1.00	0.4272

**Cuadro 8.8** Prueba de medias de Tukey para el peso fresco de la raíz.

PESO FRESCO DE LA RAIZ 11:27 Monday, November 8, 200	
The GLM Procedure	
Tukey's Studentized Range (HSD) Test for PESORAIZ	
NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a high Type II error rate than REGMQ.	
Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	0.048202
Critical Value of Studentized Range	4.50760
Minimum Significant Difference	0.4948

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	1.7375	4	3
A	1.4844	4	2
A	1.4344	4	5
A	1.4281	4	1
A	1.3938	4	4

**Cuadro 8.9** Análisis de varianza para el diámetro del tallo.

DIAMETRO DEL TALLO DE LA PLANTULA 11:27 Monday, November 8,

The GLM Procedure

Dependent Variable: DIAMETRO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.21023438	0.03003348	0.96	0.4984
Error	12	0.37457812	0.03121484		
Corrected Total	19	0.58481250			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	DIAMETRO Mean
0.359490	4.580097	0.176677	3.857500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	4	0.10067187	0.02516797	0.81	0.5444
BLOK	3	0.10956250	0.03652083	1.17	0.3618

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	4	0.10067187	0.02516797	0.81	0.5444
BLOK	3	0.10956250	0.03652083	1.17	0.3618

**Cuadro 8.10** Prueba de medias de Tukey para el diámetro de la plántula

DIAMETRO DEL TALLO DE LA PLANTULA 11:27 Monday, November 8

The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for DIAMETRO

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a high Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	0.031215
Critical Value of Studentized Range	4.50760
Minimum Significant Difference	0.3982

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	3.9875	4	3
A	3.8563	4	1
A	3.8375	4	4
A	3.8344	4	5
A	3.7719	4	2

**Cuadro 8.11** Análisis de varianza para el numero de hojas de la plántula.

NUMERO DE HOJAS DE LA PLANTULA 11:27 Monday, November 8,

The GLM Procedure

Dependent Variable: NUMHOJAS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	5.24531250	0.74933036	4.91	0.0080
Error	12	1.82968750	0.15247396		
Corrected Total	19	7.07500000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NUMHOJAS Mean
0.741387	3.080703	0.390479	12.67500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	4	3.73906250	0.93476563	6.13	0.0063
BLOK	3	1.50625000	0.50208333	3.29	0.0580

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	4	3.73906250	0.93476563	6.13	0.0063
BLOK	3	1.50625000	0.50208333	3.29	0.0580

**Cuadro 8.12** Prueba de medias de Tukey para el número de hojas de la plántula.

NUMERO DE HOJAS DE LA PLANTULA 11:27 Monday, November 8

The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for NUMHOJAS

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a high Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	0.152474
Critical Value of Studentized Range	4.50760
Minimum Significant Difference	0.8801

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	13.2813	4	3
A	12.9688	4	4
A	12.5625	4	5
B	12.5625	4	2
B	12.0000	4	1