

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



**MANEJO DE LA PODA SOBRE LA BIOPRODUCTIVIDAD DEL
CULTIVO DE CHILE DE ÁRBOL BAJO CONDICIONES DE
HIDROPONÍA**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTA

GREISY SÁNCHEZ LUNA

**DIRECTOR
DR. FIDEL NÚÑEZ RAMÍREZ**

MEXICALI BAJA CALIFORNIA

MARZO DEL 2015

**Manejo de la Poda Sobre la Bioproduktividad del Cultivo de Chile de Árbol
Bajo Condiciones de Hidroponía**

TESIS

Sometida a la consideración del programa de Ingeniero Agrónomo

del

Instituto de Ciencias Agrícolas

por

Greisy Sánchez Luna

MEXICALI BAJA CALIFORNIA

MARZO DEL 2015

**ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL COMITÉ TUTORIAL,
APROBADA Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ TUTORIAL:

DIRECTOR _____
DR. FIDEL NÚÑEZ RAMÍREZ

ASESOR _____
DR. LUIS FERNANDO ESCOBOZA GARCÍA

ASESOR _____
M.C. CARLOS CECENA DURÁN

ASESOR _____
M.C. VICTOR ALBERTO CÁRDENAS SALAZAR

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco a dios primeramente por darme la salud para realizar este trabajo con dedicación y paciencia durante su inicio y final en su seguimiento.
- A mis padres por su apoyo condicional en lo laboral y económico siempre estando pendiente de cada paso en la tesis, ya que son el pilar que me levanta ante cualquier problema.
- A los ejemplares profesores del Instituto de Ciencias Agrícolas Dr. Fidel Núñez Ramírez, M.C. Carlós Ceceña Duran, M.C. Cristina Ruiz Alvarado y Dra. Mónica Avilés por su apoyo y comprensión durante nuestro trabajo en cuando conocimiento, apoyo material ante nuestra tesis.
- A los técnicos de la escuela Horacio Rivera y Ángel Alcaraz por su apoyo en el laboratorio de agua y suelo.
- A mi compañero de tesis y pareja de 6 años Víctor Arturo Martínez por su apoyo y comprensión durante nuestro trabajo desde principio a fin del mismo siempre a mi lado ante cualquier apuro o problema.
- A mi amigo y compañero de Universidad David Tánori por su apoyo condicional siempre pendiente de cualquier problema cuando lo necesitaba.

A todos muchas gracias por su apoyo y comprensión

DEDICATORIA

La familia es una de las joyas más preciadas que uno puede tener, sin la familia uno no puede conseguir la fuerza necesaria para lograr las metas. Este documento es un esfuerzo grande que involucra a personas cercanas a mí.

Es por eso que dedico esta tesis a mi Mamá Margarita Luna Estrada, mi Papá, Antonio Sánchez Pérez porque creyeron en mí y porque me impulsaron a seguir adelante. En gran parte gracias a ustedes, hoy puedo alcancé mi meta.

A mis hermanos Antonio y Yennifer ya que son un complemento que le da sabor a mi vida y a mi novio Víctor Arturo Martínez por ser parte de mi vida.

A la Universidad Autónoma de Baja California, que me dio la oportunidad de estar como mi segunda casa el Instituto de Ciencias Agrícolas, en donde me dieron la oportunidad de formar parte de ella, por haberme fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. Gracias.

Mis palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional ya que todos fueron el motor que me obligo a funcionar y ser cada día mejor.

...y a todos aquellos que hicieron posible la elaboración y desarrollo de este trabajo.

¡Gracias!

ÍNDICE

INDICE DE CUADROS	VIII
INDICE DE FIGURAS	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS	4
3.1 Hipótesis nula	4
3.2 Hipótesis alterna	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Origen	5
4.2. Descripción botánica	6
4.3. Fertirrigación	7
4.4. Importancia de la producción de chile en México	8
4.5. Exigencias agroclimáticas	9
4.5.1. Temperatura	9
4.5.2. Humedad relativa	10
4.5.3. Luminosidad	10
4.5.4. Nutrición mineral	11
4.6. Manejo de la poda en el cultivo de chile	12
V. MATERIALES Y MÉTODOS	13
5.1. Ubicación del estudio	13

5.2. Sustrato y contenedor utilizado	13
5.3. Siembra y trasplante.	13
5.4. Manejo del riego y solución nutritiva.	14
5.5. Logística del experimento	16
5.6 Control de plagas y enfermedades	17
5.7 Variables evaluadas	17
5.7.1 Altura	17
5.7.2 Número de hojas	17
5.7.3 Número de botones, flores y frutos	18
5.7.4 Rendimiento de fruta	18
5.8 Análisis estadístico	18
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	19
6.1. Evolución del pH y conductividad eléctrica del drenaje de la planta.	19
6.2. Crecimiento y desarrollo del cultivo	21
6.2.1 Altura	23
6.2.2 Número de hojas	24
6.2.3 Número de botones, flores y frutos	25
6.2.4 Rendimiento de fruta	30
VII. CONCLUSIONES	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	35

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Fuentes y cantidades de fertilizantes con macronutrientes utilizadas en la preparación de la solución nutritiva.	14
Cuadro 2. Fuentes y cantidades de fertilizantes con micronutrientes utilizadas en la preparación de la solución nutritiva	15
Cuadro 3. Composición química del enraizador Pro-root®	16

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los tratamientos.	17
Figura 2. Evolución del pH del gotero de la planta y su drenaje durante el experimento.	20
Figura 3. Evolución de la conductividad eléctrica del agua de riego en el gotero y en el drenaje durante el experimento.	21
Figura 4. Evolución del crecimiento (altura) en el cultivo de chile hidropónico bajo dos sistemas de poda. *: Significancia a $P < 0.05$; ^{NS} : no significancia a $P > 0.05$	24
Figura 5. Evolución del número de hojas en el cultivo de chile hidropónico bajo dos sistemas de poda. *: Significancia a $P < 0.05$; ^{NS} : no significancia a $P > 0.05$	25
Figura 6. Evolución del número de botones florales en el cultivo de chile hidropónico bajo dos sistemas de poda. *: Significancia a $P < 0.05$; ^{NS} : no significancia a $P > 0.05$	27
Figura 7. Evolución del número de flores en el cultivo de chile hidropónico bajo dos sistemas de poda. *: Significancia a $P < 0.05$; ^{NS} : no significancia a $P > 0.05$	28
Figura 8. Evolución del número de frutos en el cultivo de chile hidropónico bajo dos sistemas de poda. *: Significancia a $P < 0.05$; ^{NS} : no significancia a $P > 0.05$	28

RESUMEN

Del total de la producción hortícola en México, la mayor cantidad de hectáreas de siembra pertenecen al cultivo de chile en sus diferentes variedades, ocupando un total de superficie de 148,759 hectáreas. El no contar con datos por variedad o tipo de chile, ha imposibilitado que se pueda contar hoy en día, con desarrollo de tecnología para cada variedad de chile. Por su característico sabor, el fruto de chile de árbol es uno de los preferencialmente consumidos en regiones del sureste de México. Sin embargo, existe desconocimiento de tecnologías de producción para este tipo de chile. En este trabajo de tesis se estudió la bioproductividad del cultivo de chile de árbol en hidroponía en respuesta al manejo de poda. El estudio se realizó en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC ubicado en el Ejido Nuevo León. Se utilizó un invernadero de dos caídas con tecnología baja. Los tratamientos estudiados fueron dos tipo de poda (crecimiento libre y poda de hojas después de la primera bifurcación y segunda bifurcación, considerando dejar cuatro tallos por planta). Se utilizó arena como sustrato hidropónico y una solución balanceada con un pH de 5.5 - 7.5, y una conductividad eléctrica (CE) entre las 2.0 y 2.5 dS/m. Se tomó en consideración aplicaciones de agua que ayudaran a obtener drenaje suficiente hasta completar el 30% del agua aplicada. Las variables evaluadas fueron la altura, número de hojas número de botones, número de flores, al final del estudio se cuantificó la biomasa total y la biomasa de frutos.

Los resultados obtenidos en altura no tuvieron diferencias significativas y en promedio el cultivo alcanzó 30 cm de altura. En cuanto a la producción de hojas,

se presentaron diferencias significativas entre tratamientos a los 35 DDT y después de los 56 DDT. La primera fecha el tratamiento a cuatro tallos superó al tratamiento a crecimiento libre (110 hojas versus 70 hojas), mientras que al final la situación se invirtió con 152 hojas en crecimiento libre y a cuatro tallos a 50 hojas. En cuanto el número de botones florales, flores y frutos a los 28 y 63 DDT el tratamiento a crecimiento libre superó en número de botones cuando la proporción entre hojas, botones florales, flores y frutos modificó la aparición de botones florales dando así diferencias, mientras en el flores a los 45 DDT el tratamiento de poda a cuatro tallos resultó superior al tratamiento de crecimiento libre en alrededor de 2 flores por planta, después justo a los 56 DDT, decayó la producción de flores en el tratamiento poda a cuatro tallos e incrementó en el tratamiento a crecimiento libre y así continuó hasta los 63 DDT, pero con un menor número de flores (4.5 vs 0 flores por planta). La producción de frutos en ambos tratamientos resultó en forma exponencial, incrementándose después de los 50 DDT en ambos tratamientos, para finalizar con un total de 56 frutos para el tratamiento a 4 tallos y 28 frutos para el tratamiento a crecimiento libre, resultando en diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

I. INTRODUCCIÓN

Del total de la producción hortícola en México, la mayor cantidad de hectáreas de siembra pertenecen al cultivo de chile en sus diferentes variedades. En este sentido, los diversos tipos y diversas formas de consumo hacen que México sea el primer productor de chile a nivel mundial. En promedio durante el 2000 y 2009, se registró un consumo per cápita de 15 kilogramos de chile anual. El cultivo del chile se ha extendido a todo el territorio nacional, ubicándose las regiones desde altitudes a nivel del mar hasta aquellas que se cultivan a una altura de 2500 msnm, sin embargo, ha sido esta gran diversidad de variedades, regiones, productores, etc., lo que ha imposibilitado que se pueda contar hoy en día, con estadística real por variedad de chile, no obstante el total de la superficie de este cultivo supera las 148,759 hectáreas (SIAP-SAGARPA, 2009).

Por lo anterior, algunos aspectos sobre el manejo del cultivo difieren entre los lugares donde se produce este cultivo. Los requerimientos hídricos son de los más importantes para obtener altos rendimientos, calidad de fruta (Sezen et al., 2006) y larga vida de anaquel (Kissinger et al., 2005). Los métodos de riego empleados para producir chile son variables y difieren de acuerdo al sistema de producción empleado. Por ejemplo, se utiliza el riego rodado en surcos, riego por goteo, riego por aspersión y riego localizado hidropónico. La utilización óptima del agua por el cultivo comúnmente llamada uso eficiente de riego, varía con el método empleado. Los mayormente efectivos son los de riego por goteo e hidroponía. En este último la aplicación del recurso agua puede ser de acuerdo a el drenaje del sustrato el cual sostiene al cultivo o de acuerdo a la radiación recibida por el mismo (Jovicich

et al., 2004). Dada su importancia en Chile en México y dado las condiciones de Mexicali, B.C. el propósito de realizar este experimento con un manejo de poda para observar si es redituable, esto considerando el tipo de condición del invernadero así como su manejo con el propósito de obtener datos que nos sirvan en un momento dado en experimentos de bioproductividad del Chile de árbol.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Identificar la bioproductividad del cultivo de chile de árbol en condiciones de hidroponía, en respuesta al manejo de poda.

2.2 Objetivos específicos

a). Identificar el rendimiento del cultivo de chile de árbol en condiciones de hidroponía, bajo dos tipos de poda.

b). Identificar el crecimiento y desarrollo del cultivo de chile de árbol en condiciones de hidroponía bajo dos tipos de poda.

III. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis nula

El manejo de poda en el cultivo de chile de árbol desarrollado en hidroponía, no afecta su rendimiento y crecimiento.

3.2 Hipótesis alterna

El manejo de poda en el cultivo de chile de árbol en hidroponía afecta al menos una de las variables de su crecimiento o rendimiento.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen

Todas las especies del género *Capsicum*, a excepción del *C. anomalum*, son originarias de América. La distribución del género se extendió probablemente desde el borde más meridional de los E.U.A. a la zona templada cálida del sur de Sud América (Heiser et al., 1976). El grupo de *C. annuum* de flores blancas, asociado con hábitats más húmedos, parece haber sido distribuido originalmente a través de tierras bajas tropicales de América del sur y central.

McLeod et al. (1982), proponen que *C. chacoense* o un ancestro suyo dio lugar tanto al grupo de flores blancas como al grupo de flores púrpura. El grupo de flores blancas habría migrado fuera del área nuclear en Bolivia sud-central a través del río Mizque, que desemboca en el Amazonas. El ancestro que dio origen al grupo de flores blancas dio lugar a *C. baccatum* en el área relativamente seca del sur de Bolivia; la forma silvestre seguiría migrando por el sistema fluvial y en la húmeda cuenca amazónica daría lugar al progenitor silvestre del complejo *annuum*. El complejo *annuum* fue domesticado al menos dos veces, un tipo *C. annuum* en México y un tipo *C. chinense* en la amazonia (Pickersgill, 1989).

En Mesoamérica, y concretamente en México, el inicio de la domesticación de plantas está registrado arqueológicamente en las cuevas de Ocampo de la sierra de Tamaulipas (fase Infiernillo, 7000-5000 a.C.), yacimientos del valle de Tehuacán en Puebla (fase El Riego, 7000-5000 a.C.) y en la cueva de Güila Naquitz de Oaxaca (niveles inferiores fechados entre 8700-6000 a.C.). Se

constata aquí el cultivo de calabaza, chile y amaranto. Los restos más antiguos del chile se han encontrado en Tehuacán, fechados entre 6500-5500 a.C.

Los chiles dulces también fueron conocidos precozmente. Fernández de Oviedo (1535), en el capítulo VII de su libro I dice “Algún género hay de Ají que se puede comer crudo, que no quema” (Núñez et al., 1996).

4.2. Descripción botánica

La planta del chile es herbácea y se considera de ciclo anual, aunque puede rebrotar y volver a producir en su segundo año si se le hace una poda de rejuvenecimiento antes de que finalice su desarrollo vegetativo (Serrano, 1996).

Su aspecto es lampiño de tallos erguidos y de crecimiento limitado, con altura y forma de desarrollo muy variables en función del cultivar y de las condiciones de cultivo. Las hojas enteras o bien con un largo peciolo o casi sésiles, tienen una forma entre lanceolada y ovada, con el borde entero muy ligeramente situado en la base. Las flores suelen nacer solitarias en cada nudo, con el pedúnculo torcido hacia abajo en la antesis. El fruto es una baya hueca, con la superficie lisa y brillante, de color y forma muy variables y característicos del cultivar. En el interior de la baya discurren 2 o 4 tabiques incompletos a lo largo de la pared del fruto, uniéndose solo en la base sobre la placenta. En esta región es donde se encuentran insertadas las semillas, aplastadas, normalmente de 4 a 5 mm de diámetro, de color blanco amarillento (Núñez et al., 1996).

4.3. Fertirrigación

La fertirrigación es una moderna técnica agrícola que provee la excelente oportunidad de maximizar los rendimientos y a la vez reducir la contaminación ambiental (Hagin et al., 2002), al incrementar la eficiencia de uso de los fertilizantes, minimizar la aplicación de éstos y aumentar los beneficios económicos de la inversión en fertilizantes.

En la fertirrigación, el momento, las cantidades y la concentración de los fertilizantes aplicados son fácilmente controlados. La incorporación de los fertilizantes en el sistema de riego demanda los siguientes requerimientos básicos:

A) Equipo

- ◉ En sistemas de riego presurizados, la presión de inyección de la solución fertilizante debe ser mayor que la presión interna.
- ◉ Un filtro que prevenga el taponamiento de los emisores por partículas sólidas que puedan llegar al emisor.
- ◉ Una válvula que prevenga el refluo.

B) Fertilizantes.

- ◉ Solubilidad de los fertilizantes en el agua de riego, que contiene constituyentes químicos que pueden interactuar con los fertilizantes disueltos, provocando efectos indeseados.

◉ El grado de acidez de los fertilizantes en la solución, debe considerarse en relación con su corrosividad a los componentes del sistema de riego.

4.4. Importancia de la producción de chile en México

Del total de la producción hortícola en México, la mayor cantidad de hectáreas de siembra pertenecen al cultivo de chile en sus diferentes variedades. En este sentido, los diversos tipos y diversas formas de consumo hacen de México el primer productor de chile a nivel mundial. En México el consumo de chiles por persona es mayor al consumo de arroz y de papa. En promedio de 2000 a 2009 se registró un consumo per cápita de 15 kilogramos de chile anual. Esto representa un incremento del 20% desde 1980 a la fecha.

El cultivo del chile se ha extendido a todo el territorio nacional, ubicándose las regiones desde altitudes a nivel del mar hasta aquellas que se cultivan a una altura de 2500 msnm, sin embargo, ha sido esta gran diversidad de variedades, regiones, productores, etc., lo que ha imposibilitado que se pueda contar hoy en día, con estadística real por variedad de chile, no obstante el total de la superficie de este cultivo supera las 148,759 hectáreas

Entre los principales estados productores de chile en el orden de importancia son Sinaloa, Sonora, Baja California Sur y Baja California Norte; con la siguiente superficie cosechada, 4 705.05 ha, 105 ha, 77.5 ha y 47 ha, respectivamente (SIAP-SAGARPA, 2009)

4.5. Exigencias agroclimáticas

4.5.1. Temperatura

La temperatura óptima para germinación del cultivo de chile es de 20 a 25 °C, siendo la mínima de 12 °C y la máxima de 40°C. El crecimiento vegetativo es lento cuando la temperatura se encuentra en torno a 15°C y se detiene por debajo de los 10-12 °C provocando alteraciones que dan lugar a plantas compactas y entrenudos cortos formando rosetas. La temperatura óptima es de 22 a 25 °C durante el día y de 16 a 18 °C durante la noche, temperaturas inferiores ocasionan que el ápice de los frutos cuadrados sea agudo. El cultivo es dañado por heladas a 1 °C (Serrano, 1974).

Para un buen desarrollo se requiere temperatura media mensual entre 18 y 22 °C. Por debajo de estas, el desarrollo vegetativo de la planta evoluciona lento incluso se detiene. De lo contrario si la temperatura aumenta la planta puede manifestar crecimiento vegetativo excesivo lo que disminuye la producción, si no se equilibran las temperaturas con factores como la luminosidad y la humedad del suelo (Serrano, 1996). Puede soportar temperaturas altas mientras la humedad se comporte del mismo modo; sin embargo, decrece la producción aumentando la proporción de frutos pequeños, la coloración deficiente y la aparición de pudrición apical.

Cuando el chile fructifica con temperaturas muy altas o muy bajas o en circunstancias de baja fertilidad de polen, suele producir frutos partenocarpicos o esbozos de frutos, que en las variedades de fruto grueso dan lugar a pimientos de menor tamaño y de formas irregulares (Salas y Urrestarazu, 2004).

Bajo estas condiciones de temperatura, la polinización manual puede incrementar considerablemente la producción y mejorar la forma del fruto, aunque en general existen diferencias varietales.

La baja temperatura (10-15 °C) durante el desarrollo del botón floral da lugar a formación de flores con pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del fruto principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo o bien fusión de anteras (Pressman et al., 1998).

4.5.2. Humedad relativa

El desarrollo normal del pimiento se encuentra en el intervalo de humedad entre 60 a 70 %, por lo cual es necesario disponer de buena ventilación del invernadero. En periodo de floración y cuajado la humedad relativa optima está entre 50 y 70 %. Los valores elevados de humedad, acompañados de abundante follaje favorecen los ataques de *Botrytis spp*, *Sclerotinia spp*, y otras enfermedades criptogámicas, además dificulta la fecundación de las flores. La humedad baja provoca frutos deformes y pequeños, que junto a temperaturas elevadas originan la caída de flores e incluso frutos que inician su crecimiento (Serrano, 1996).

4.5.3. Luminosidad

Exige bastante luminosidad durante todo el ciclo y es muy sensible en el periodo de floración, produciendo la caída de las flores cuando ésta es baja, como consecuencia de excesivo sombreado del cultivo o de la presencia de numerosos días nublados. En condiciones de baja luminosidad, los entrenudos de los tallos

del pimiento se alargan demasiado quedando muy débiles como para soportar una producción óptima, disminuye el número de flores y estas son débiles, afectando la cantidad y la calidad de la cosecha (Serrano, 1996). Urrea-López et al., (2014) establece que plantas de chile picoso como el habanero, realiza altas asimilación fotosintética a niveles de 800 a 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de densidad de flujo de fotones fotosintéticos.

4.5.4. Nutrición mineral

Se refiere al conjunto de fenómenos o procesos de alimentación que contribuyen al crecimiento y desarrollo de un ser vivo, un nutrimento es entonces un alimento para la conservación, crecimiento y desarrollo de un ser vivo. Los nuevos avances científicos en nutrición vegetal y fertilización han revolucionado la producción de los cultivos. La ciencia de la nutrición comenzó aproximadamente hace 150 años con los experimentos clásicos de Liebig, Lawes y Gilbert, de Saussure entre otros y es una de las grandes esperanzas para solucionar la crisis mundial de alimentos (Gardner et al., 1985). La nutrición mineral incluye el suministro, absorción y utilización de los nutrimentos esenciales para el crecimiento y producción de los cultivos (Fageria et al., 1997).

La alimentación de una planta para su mantenimiento y crecimiento es a base de una serie de sustancias inorgánicas minerales simples (nitrógeno, fósforo, potasio, etc.), agua, CO_2 y O_2 y energía radiante (luz y temperatura).

Es importante tomar en consideración la etapa fenológica del cultivo para la fertilización; ya que la tasa de absorción de nutrientes por el cultivo, e incluso para cada órgano en particular varía en función del tiempo (Burgueño et al., 1994).

4.6. Manejo de la poda en el cultivo de chile

Existen muchas razones por la cual realizar podas al cultivo de chile crecido bajo condiciones controladas. La principal es que la poda facilita la penetración de la luz sobre el follaje completo, ayuda a incrementar los rendimientos, se obtiene una maduración de los frutos en menor tiempo, uniformiza el tamaño y mantiene en producción a la planta por mayor tiempo (Jovicich et al., 2004).

Algunos de los tipos de poda son al inicio del cultivo y durante el crecimiento y desarrollo de la planta. El primer método de poda induce el crecimiento apical y la aparición de las bifurcaciones de la planta a fin de que las yemas florales aparezcan en menor tiempo, como consecuencia la cosecha se adelanta. Estudios previos indican que esta hipótesis puede ser comprobada aunque depende de las condiciones bajo las cuales se cultiven las plantas, sobretodo la temperatura y la luz recibida (Ambroszczyk et al., 2008).

La poda del cultivo durante su crecimiento y desarrollo es para inducir velocidad hacia los puntos de crecimiento. Además que mantiene el vigor vegetativo y reproductivo en balance (Jovicich et al., 2004).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del estudio

El estudio se realizó en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC ubicado en el Ejido Nuevo León. Se utilizó un invernadero de dos caídas con tecnología baja, el cual contaba con encalado en las paredes de los costados, ventilación pasiva, calentón y un sistema riego por espaguetti, el cual contaba de un gotero por maceta.

5.2. Sustrato y contenedor utilizado

Se utilizó arena “lavada” proveniente de lomas de la periferia de la Ciudad de Mexicali el cual presentó una textura fina, conteniendo hasta un 71% de partículas menores a 0.50 mm de diámetro. Una retención de humedad cercana al 5% y cambios drásticos en el pH y CE. Con granulometría entre 1.71 y 0.5 mm, densidad aparente de 1.16 g cm³, 37% de porosidad total, 4.7% de capacidad de aireación y 90% de agua fácilmente disponible (Núñez et al; 2012). El sustrato fue depositado en macetas de 9500 cm³ con cuatro hoyos en la parte inferior con el fin de permitir el drenaje.

5.3. Siembra y trasplante.

Se sembró la Variedad de chile de árbol “Criollo” en charolas de poliestireno el día 22 de noviembre del 2012. Justo a las 8 semanas después, se realizó el trasplante (23 de enero del 2013), en 144 macetas de plástico (2 plántulas por maceta) para obtener una densidad de 2 plantas m².

5.4. Manejo del riego y solución nutritiva.

El riego se realizó por espagueti, el cual tenía un gasto por gotero de 200 ml por minuto. Los riegos se realizaron dependiendo de la exigencia de la planta y las condiciones ambientales presentes durante el experimento. Se tomó en consideración aplicaciones de agua que ayudaran a obtener drenaje suficiente hasta completar el 30% del agua aplicada.

El pH de la solución se procuró mantener en el orden de 5.5 con un máximo 7.5, mientras que la conductividad eléctrica (CE) entre las 2 y 2.5 dS/m. Se empleó la solución nutritiva recomendada por (Rorabaugh et al. ,2013), la cual indica que se debe de incluir 175, 39, 235, 150 y 28 ppm de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio respectivamente. Los fertilizantes empleados para realizar la solución nutritiva fueron: nitrato de calcio, nitrato de potasio, ácido fosfórico y sulfato del magnesio.

El cuadro 1, muestra las cantidades necesarias para preparar una solución en un tanque de 550 L, ajustadas a la conductividad eléctrica de 2.0-2.5 dS/m y a un pH de 5.5-6.0.

Cuadro 1. Fuentes y cantidades de fertilizantes con macronutrientes utilizadas en la preparación de la solución nutritiva.

Fuentes fertilizantes (gr/1000 L)		
Ca(NO ₃) ₂	KNO ₃	MgSO ₄
236.10	257.57	166.70

Es importante señalar que al preparar la solución nutritiva se tomó en consideración la calidad del agua de riego la cual contenía las siguientes características: pH de 8.09, conductividad eléctrica de 1.38 dS/m, Ca: 184 ppm y Mg 100 ppm.

La adecuación del pH de la solución nutritiva se reguló por la adición de ácido fosfórico. Adicionalmente se agregó la cantidad de 20 gr de Fertilizante compuesto a base de micronutrientes "Micro Mix", el cual contenía las proporciones según el Cuadro 2.

Cuadro 2. Fuentes y cantidades de fertilizantes con micronutrientes utilizadas en la preparación de la solución nutritiva

Fuentes fertilizantes (20 gr/1000 L)			
(Fe) Quelatado	7.50 %	(Zn) Quelatado	0.60 %
(Mn) Quelatado	3.70 %	(Cu) Quelatado	0.30 %
(Bo) Sal Inorgánica	0.70 %	(Mo) Sal Inorgánica	0.20 %

Los riegos con solución nutritiva se iniciaron utilizando volúmenes de 200 mL/maceta durante en los 14 DDT, divididos en dos riegos. A los 21 DDT se incrementó a 250 mL/maceta, mientras que a los 28 DDT los riegos aumentaron a 400 mL/maceta, lo anterior debido al aumento de temperatura y al desarrollo foliar de las plantas. El horario riego fluctuó entre las 6:50 am y las 13:50 pm.

Durante las tres primeras semanas se aplicó a través de la solución nutritiva un estimulante enraizador (ProRoot[®]), el cual contiene una serie de características

que pueden observarse en el Cuadro 3. La dosis de aplicación del enraizador fue la de 1 gramo por cada litro disuelta previamente en 3 litros de agua y agregados al recipiente de la solución, La aplicación se realizó a los 30 DDT:

Cuadro 3. Composición química del enraizador Pro-root®.

Composición	% en peso
Nitrógeno	11.00 %
Fósforo (P ₂ O ₅)	55.00 %
Ácido naftalanacético (ANA)	2800 ppm
Ácido indolbutírico	200 ppm
Ácidos fúlvicos	2.0 %
Acondicionadores e inertes	31.70%

5.5. Logística del experimento

El diseño experimental fue en bloques al azar con dos tratamientos y cinco repeticiones (Figura 1). Cada repetición consistió en doce macetas, de las cuales seis de ellas se les dejó a crecimiento libre y a las otras seis se les realizó poda de hojas después de la primera bifurcación y hasta segunda bifurcación (26 DDT), considerando dejar cuatro tallos por planta, cada maceta tenía un espagueti y un gotero el cual era el que hacía llegar el agua a la planta, las macetas contenían el sustrato el cual era arena, tenían hoyos para que hubiera drenaje, cada maceta contaba con dos plantas, ubicadas en el invernadero que tenía calefacción y ventilación y una bomba para manejar los riegos.

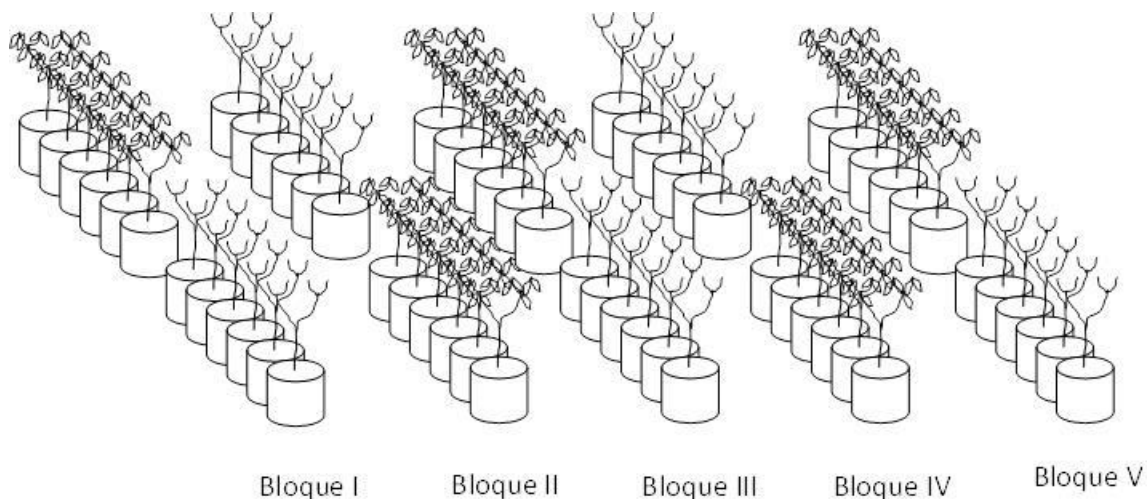


Figura 1. Distribución de los tratamientos.

5.6 Control de plagas y enfermedades

Se realizaron aplicaciones químicas con aspersores y a través del sistema de riego. La aplicación de Tamarón 6 (metamidofos) con aspersor con 6 mililitros en 4 litros de agua a los (26 DDT) para controlar mosca blanca. La aplicación de virus stop que contiene como ingrediente activo fitoalexinas, que esta aplicación se realizó a los 46 DDT, que fue la dosis de 50 mililitros aplicados al reservorio.

5.7 Variables evaluadas

Cada semana se realizaron las siguientes mediciones:

5.7.1 Altura

Se escogió una planta de cada parcela y se les midió la altura desde la base del tallo y hasta el punto de crecimiento.

5.7.2 Número de hojas

Utilizando las mismas plantas en la que se midió la altura, se les midió la cantidad de hojas presentes.

5.7.3 Número de botones, flores y frutos

A los 22 DDT, utilizando las mismas plantas en la que se midió la altura y número de hojas, se determinó la cantidad de botones florales, flores y frutos presentes.

5.7.4 Rendimiento de fruta

Al final del estudio se cosecharon los frutos, se sometieron a secado y se compararon los tratamientos. Los resultados se expresaron como gramos de fruta seca por planta.

5.8 Análisis estadístico

Los valores encontrados en cada medición de altura, número de hojas, flores, frutos y peso seco de los frutos, se compararon a través de la prueba estadística de T Student.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Evolución del pH y conductividad eléctrica del drenaje de la planta.

El pH juega un papel muy importante en la producción de cultivos, debido a que establece el grado de disponibilidad de los nutrientes (Rodríguez, 1996). La Figura 2 muestra que durante el tiempo que duró el estudio, el pH del agua de riego aplicada a través del gotero, se mantuvo constante y con valores del orden de 5.5 y 7.0 unidades, lo que significaría en teoría que los nutrientes estuvieron mayormente disponibles a las plantas (Rodríguez, 1996). Por otra parte, los valores de pH del drenaje se mantuvieron en los dos tratamientos alrededor de unidades por encima del agua del gotero, presentando valores entre los 7.5 a 8.2.

En este estudio, no se tomó en cuenta la calidad del agua, la cual al ser proveniente del Rio Colorado, varía durante el tiempo. La solución nutritiva se realizó sin tomar en cuenta los nutrientes contenidos en el agua de riego, posiblemente venía sobrecargada con ciertos elementos de cargas negativas (aniones), los cuales fueron intercambiados en la raíz por iones hidroxilos, lo que desencadenó reacciones alcalinas en el agua de drenaje (Rodríguez, 1996).

En lo que se refiere al pH del drenaje, éste puede ser mayor o menor que el de la solución de aporte dependiendo del balance iónico de la solución absorbida por el cultivo. De este modo, si se produce una mayor absorción de aniones que de cationes, tiene lugar una absorción neta de H^+ , por lo que sube el pH del medio radicular. Por el contrario, si se absorben más cationes que aniones, se liberan H^+ y baja el pH. La primera situación es típica de cultivos jóvenes con rápido crecimiento ya que absorben muchos nitratos (Magán, 2008).

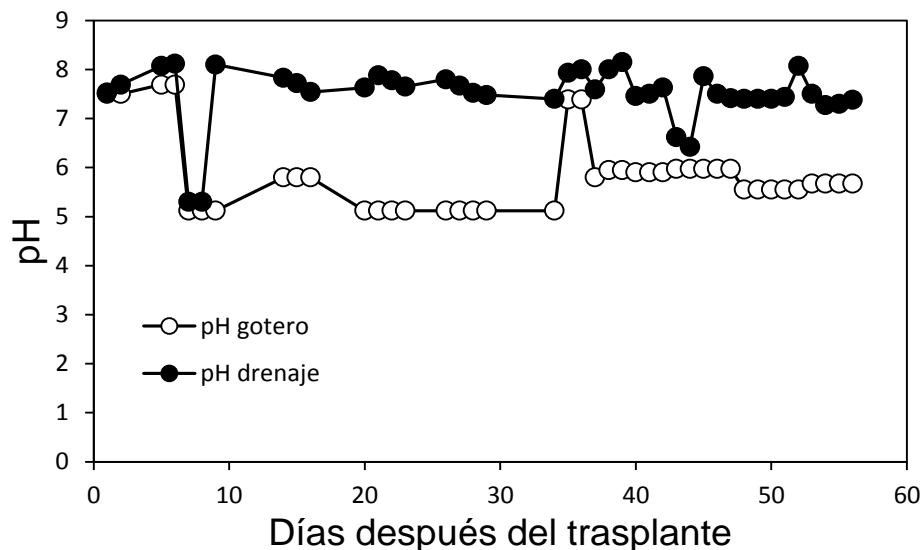


Figura 2. Evolución del pH del gotero de la planta y su drenaje durante el experimento.

La CE es importante ya que maneja la concentración total de sales en la solución y cada cultivo tiene un rango en el cual se desarrolla óptimamente. Para el caso del pimiento interesa que la CE de la solución nutritiva no exceda de 2.0 dS/m (Sonneveld, 1988). Durante el experimento, la CE se mantuvo en promedio 2.5 dS/m en la solución del gotero (Figura 3). Lo anterior se debió a que la CE inicial del agua de riego sin fertilizantes oscilaba en 1.34 dS/m (Figura 3) y solo se trató de incrementar la cantidad de sales fertilizantes hasta alcanzar el umbral de 2.5 dS/m.

La CE del drenaje, se mantuvo en promedio de los 3.5 dS/m durante los primeros 32 DDT. De ahí en adelante sufrió un incremento gradual hasta alcanzar valores de 15 dS/m. De acuerdo con (Magan ,2008) la CE en el drenaje, se sitúa por encima del valor correspondiente a la solución del gotero, y esta acumulación puede llegar a ser de más de dos unidades. No obstante, recomienda que dependiendo de la especie de la que se trate y de las condiciones ambientales

existentes, se debe fijar un valor de conductividad en el drenaje máximo que no se deba superar con el fin de alcanzar producciones aceptables. Si la CE del drenaje resulta mayor, será necesario aumentar el porcentaje de lixiviación o modificar la solución del gotero, disminuyendo las concentraciones de nutrientes

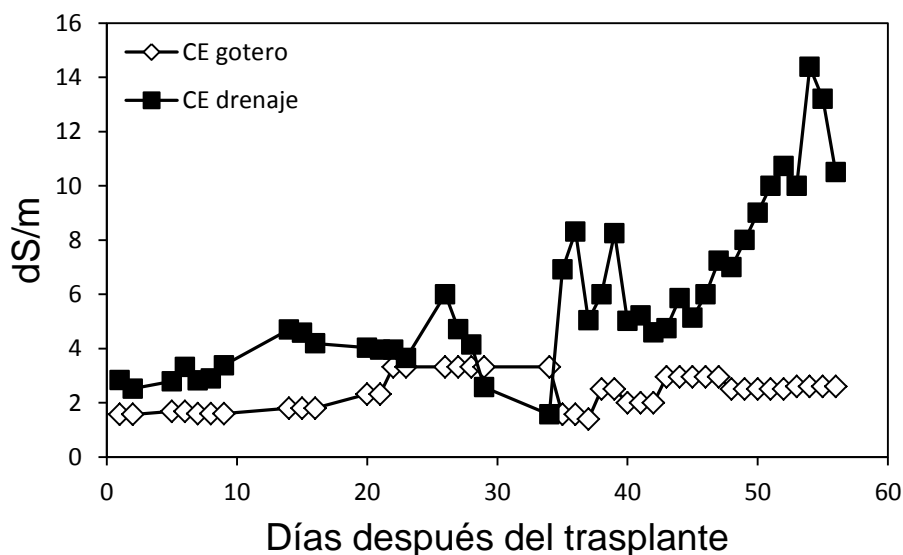


Figura 3. Evolución de la conductividad eléctrica del agua de riego en el gotero y en el drenaje durante el experimento.

6.2. Crecimiento y desarrollo del cultivo

El crecimiento es el aumento del tamaño de la planta, el cual puede ser en materia seca o en dimensiones como consecuencia de la formación de nuevas células, la expansión de las células constituyentes y el almacenamiento de asimilados. La velocidad de crecimiento se expresa por tanto, como aumento de peso, volumen, área o longitud por unidad de tiempo (Wild, 1992). Generalmente la tasa de crecimiento de una planta disminuye conforme aumenta su tamaño hasta que se vuelve cero, cuando alcanza la madurez o tamaño final (Bidwell, 1979).

Mientras tanto el desarrollo vegetal se define como la sucesión progresiva de etapas que conducen a establecer la morfología propia del organismo adulto, a medida que avanza el ciclo ontogénico (Andrade et al., 1996) o bien el desarrollo es la sucesión progresiva de estados diferenciados fisiológica y/o morfológicamente que ocurren en un vegetal (Sadras et al., 2000).

La modelación del crecimiento y desarrollo de las plantas se ha convertido en una actividad relevante en la agricultura. (Fourcaud et al., 2008). Donde la modelación de cultivos permite tener una forma cuantitativa de la interacción de procesos simultáneos, en el crecimiento y desarrollo de los cultivos (López et al., 2006). Actualmente existen varios modelos cuyo grado de complejidad depende del tipo de aplicación, los modelos de crecimiento empíricos de los cultivos que se aplican sin considerar procesos fisiológicos funcionan de manera eficiente para predecir el rendimiento o algunos rasgos del desarrollo, pero requieren ser calibrados para una especie en particular y para las condiciones del lugar específico (Lacointe, 2000). Una versión simplificada de éste modelo contiene solo cinco variables de estado, a saber: número de nudos del tallo principal, índice de área foliar, peso total de la planta, peso del fruto y peso del fruto maduro (Jones et al., 1999). Por lo tanto en el experimento el desarrollo y el crecimiento de planta se basó en un modelo de la medición de altura, número de hojas, botones florales, flores y peso total del fruto, donde basado en estos modelos, el crecimiento y el desarrollo serán una parte importante a diferencial en el manejo de poda a 4 tallos y el crecimiento libre.

6.2.1 Altura

La práctica común en cultivos crecidos en invernadero es la eliminación de hojas a fin de estimular el crecimiento de los ápices. Las razones de realizar la poda en pimiento en invernadero es entrenar a la planta a crecer en posición vertical con el fin de facilitar la penetración de la luz en todas las hojas, mejorar el amarre y obtener una maduración de fruta temprana y alto rendimiento de frutos grandes de tamaño (Jovicich et al, 2007).

Por ello el experimento se realizó el manejo de poda a 4 tallos y otras a crecimiento libre a fin de observar sus diferencias. La Figura 4 muestra el efecto de la poda sobre el crecimiento del cultivo de chile expresado como altura. En ella se aprecia que durante los primeros 7 DDT, no se apreció diferencia entre los tratamientos evaluados. Fue hasta los 14 DDT, en el que el tratamiento podado a 4 tallos superó en altura a las plantas de crecimiento libre. Lo anterior se debió posiblemente al efecto de la poda de hojas sobre dicho tratamiento. A los 21 DDT y en adelante, no se presentó diferencia entre los tratamientos evaluados. Al final del estudio, las plantas manejadas a crecimiento libre obtuvieron 32 cm, mientras que las manejadas a cuatro tallos, alcanzaron los 28 cm, sin diferencia estadística entre ellas.

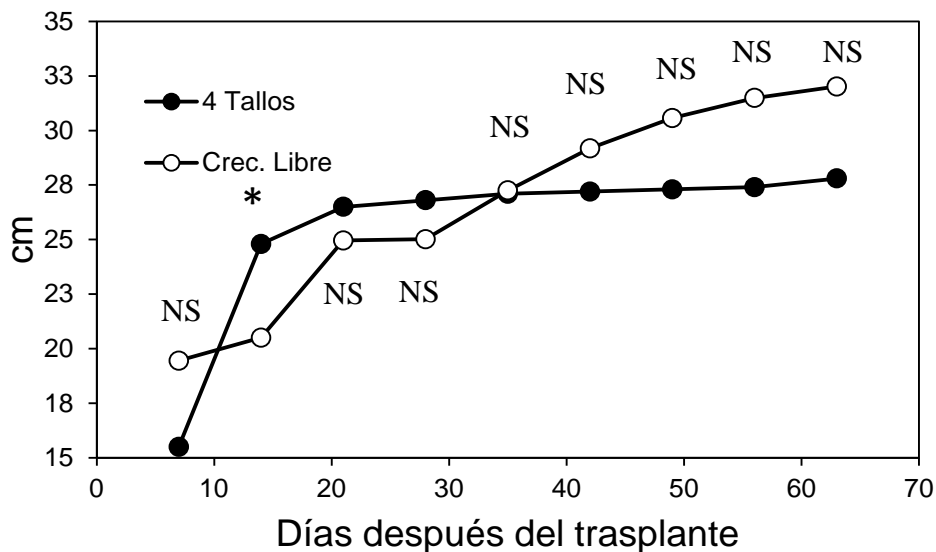


Figura 4. Evolución del crecimiento (altura) en el cultivo de chile hidropónico bajo dos sistemas de poda. *: Significancia a $P < 0.05$; NS: no significancia a $P > 0.05$.

6.2.2 Número de hojas

Las hojas representan más de 50 % del material seco de las plantas de chile, desde el trasplante hasta la primera recolección de frutos (100 días después del trasplante; (Rincón et al., 1993). Son los órganos más ricos en materiales minerales (hasta 50 % de la materia seca) en comparación con las raíces, probablemente porque las raíces son órganos de paso o conducción de sales minerales.

La Figura 5, muestra que el tratamiento crecimiento libre tuvo un crecimiento ascendente en la producción de hojas, mientras que el tratamiento a cuatro tallos, tuvo un crecimiento ascendente en la producción de hojas solo hasta los 50 DDT, y de ahí en adelante, declinó posiblemente sufrió defoliación al final del estudio. Las diferencias entre tratamientos fueron solo a los 35 DDT y después de los 56 DDT. La primera fecha el tratamiento a cuatro tallos superó al tratamiento a

crecimiento libre (110 hojas versus 70 hojas), mientras que al final la situación se invirtió.

El aumento en la producción de hojas en el tratamiento podado a cuatro tallos a los 35 DDT pudo haberse debido a la inducción de las mismas por efecto de la poda. Estos aumentos y disminuciones de número de hojas se debieron a la relación fuente demanda existente en las plantas, en la cual las hojas nuevas resultaros ser los órganos demanda y por ende se realizó el aumento en número de hojas.

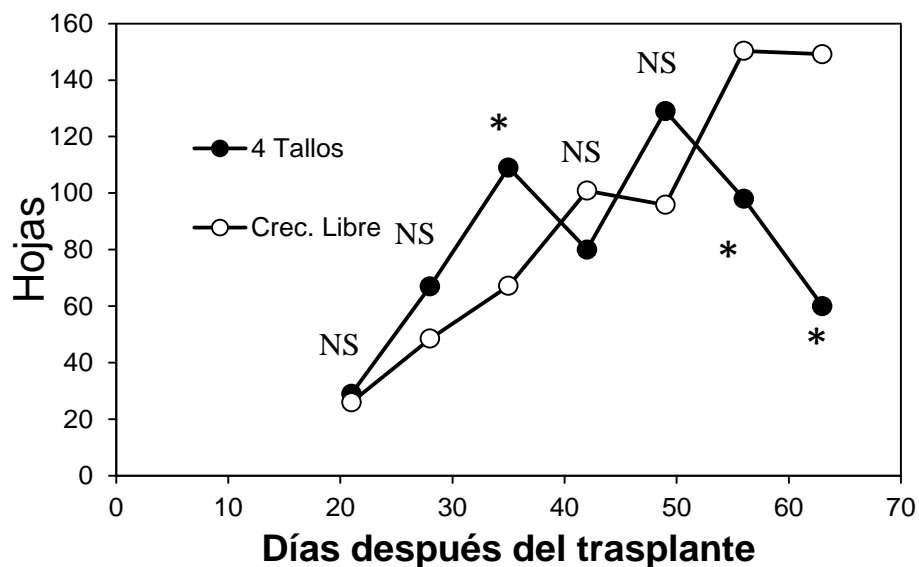


Figura 5. Evolución del número de hojas en el cultivo de chile hidropónico bajo dos sistemas de poda. *: Significancia a $P < 0.05$; ^{NS}: no significancia a $P > 0.05$.

6.2.3 Número de botones, flores y frutos

La abscisión de las yemas florales, flores y frutos es un factor importante a considerar en el rendimiento de muchos cultivos incluyendo el chile (Wien et al., 1989). Por lo tanto, la simulación del aborto de órganos (flor o fruto) es una

características que puede ser modelada, con el objetivo de conocer el futuro rendimiento (Marcelis et al., 2004).

Por ello es importante saber el número de botones florales y así estimar el número de flores, lo que a su vez nos resultaría en un factor importante como lo es el número de frutos por planta. Por ello en la figura 6, 7 y 8 se muestran la dinámica de aparición de botones, flores y frutos, durante el desarrollo del cultivo.

En la Figura 6 se muestra que durante el experimento, las plantas manejadas a 4 tallos tuvieron una disminución de los mismos a los 28 DDT. Marcelis et al. (2004), indican que cuando existe una reducción del trabajo efectuado por las hojas, la planta tiende a realizar abortos en flores y frutos recién formados. Muestra que algunos de los factores que propician este suceso pueden ser alta densidad de población (competencia por luz), sombreo por mallas o poda de hojas. A los 35 DDT y hasta los 56 DDT, el número de botones entre tratamientos fue igual, aunque comenzó a decrecer conforme transcurrían los días.

A los 63 DDT el tratamiento a crecimiento libre superó en número de botones florales al tratamiento podado a cuatro tallos, posiblemente sucedió lo mismo que a los 28 DDT, cuando la proporción entre hojas, botones florales, flores y frutos, modificó la aparición de botones florales.

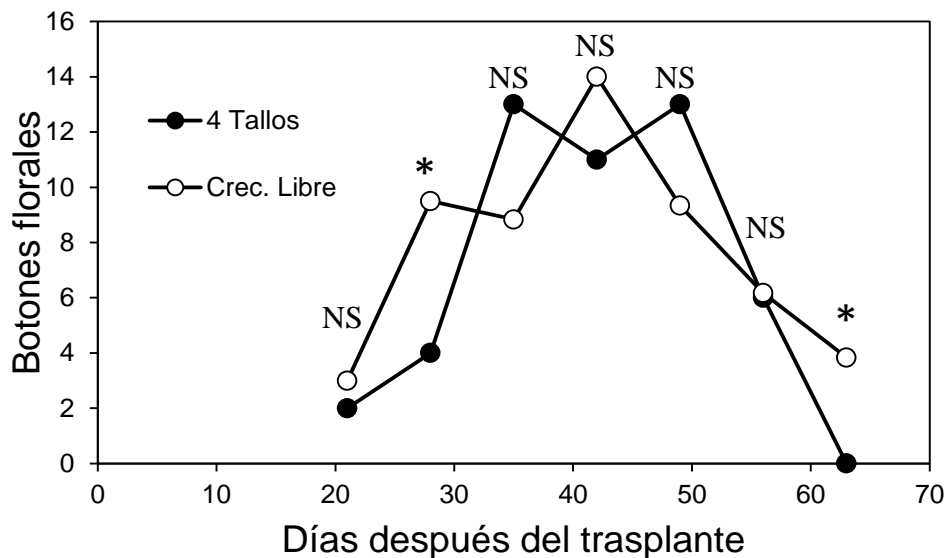


Figura 6. Evolución del número de botones florales en el cultivo de chile hidropónico bajo dos sistemas de poda. *: Significancia a $P < 0.05$; ^{NS}: no significancia a $P > 0.05$.

En el cultivo de chile tiene un tipo de flor hermafrodita, la cual es aquella que contiene órganos masculinos (estambres) y femeninos (carpelos) (Jiménez, 1999). En este estudio, el número de flores incrementó en forma lineal a 7 flores por planta a los 35 DDT (Figura 7). A los 45 DDT el tratamiento de poda a cuatro tallos resultó superior al tratamiento de crecimiento libre en alrededor de 2 flores por planta, después justo a los 56 DDT, decayó la producción de flores en el tratamiento poda a cuatro tallos e incrementó en el tratamiento a crecimiento libre y así continuó hasta los 63 DDT, pero con un menor número de flores (4.5 vs 0 flores por planta). Las plantas podadas a cuatro tallos incrementaron su número de flores hasta los 42 DDT, después se mantuvo y luego decayó.

Lo anterior pudo haber sido a que las flores formaron frutos y la planta empezó al llenado de los mismos, sacrificando la producción de flores. Por su parte el tratamiento de plantas a crecimiento libre, la fase de aparición de flores declinó hasta quince días después que el tratamiento podado a cuatro tallos (56

DDT), posiblemente por la mayor cantidad de hojas disponibles para empezar a llenar el fruto y detener la aparición de flores. Lo anterior refuerza la hipótesis de que la planta debe mantener un equilibrio entre la producción de hojas y los órganos reproductivos (Marcelis et al., 2004).

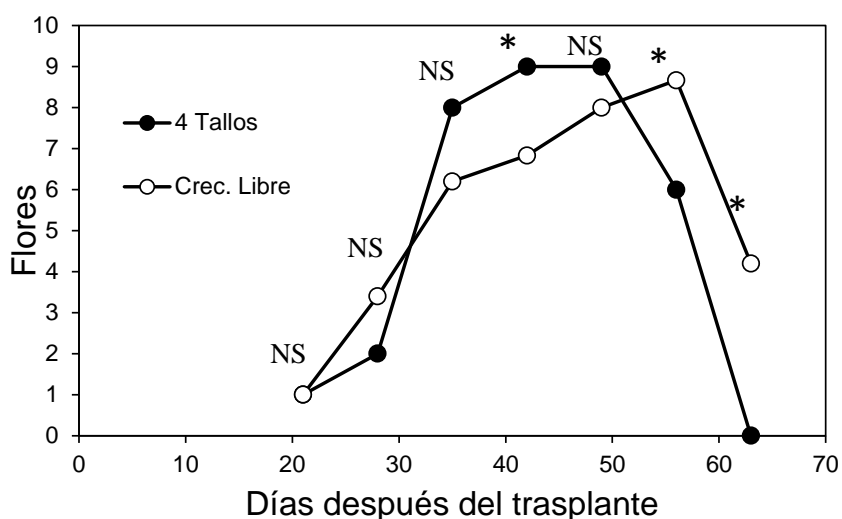


Figura 7. Evolución del número de flores en el cultivo de chile hidropónico bajo dos sistemas de poda. *: Significancia a $P < 0.05$; ^{NS}: no significancia a $P > 0.05$.

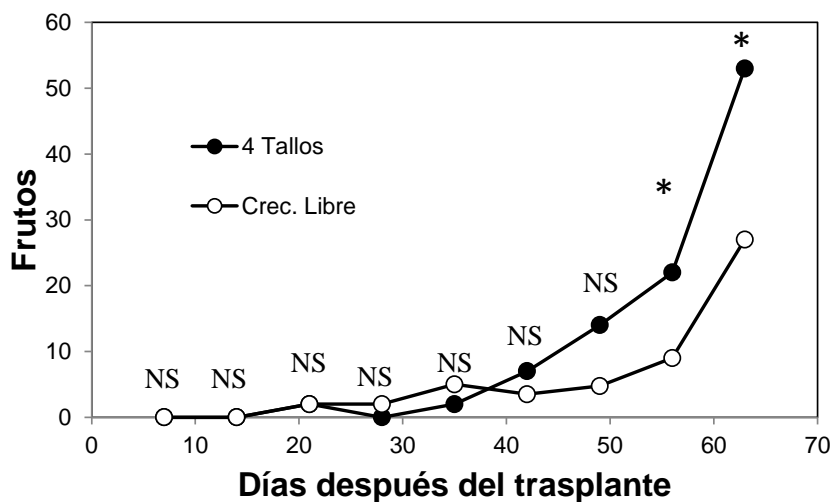


Figura 8. Evolución del número de frutos en el cultivo de chile hidropónico bajo dos sistemas de poda. *: Significancia a $P < 0.05$; ^{NS}: no significancia a $P > 0.05$.

La producción de frutos en ambos tratamientos resultó en forma exponencial, incrementándose después de los 50 DDT en ambos tratamientos, para finalizar

con un total de 56 frutos para el tratamiento a 4 tallos y 28 frutos para el tratamiento a crecimiento libre, resultando en diferencias estadísticas (Figura 8; $P < 0.05$).

La forma, el tamaño y la regularidad son las principales determinantes de la calidad del fruto en pimiento (*Capsicum annuum* L.). Comúnmente, en condiciones óptimas de crecimiento, los frutos de chile son regulares y en forma de bloque con una media de 150 ± 300 semillas por fruta. Sin embargo, en invierno con temperaturas más frías (en particular temperaturas nocturnas) y en fotoperiodos cortos, un alto porcentaje de la fruta pequeña (Aloni et al., 1991).

Dada Las tensiones ambientales como el calor, la sequía, y las condiciones de poca luz o fracaso de la polinización/fecundación (Rylski et al., 1974) son factores importantes que puede inducir la abscisión. Bajo condiciones de periodos de crecimiento anual, el chile, al igual que algunas otras hortalizas de fruto, muestra un patrón de crecimiento cíclico, donde los periodos de alta producción de frutos y lento crecimiento del fruto alternan con períodos de baja producción de frutos y crecimiento rápido del fruto.

Estudios sugieren que la producción de frutos está relacionado con el suministro de asimilados (intensidad de la fuente). Por ejemplo, el sombreado disminuyó cuajado en muchos cultivos (Guinn, 1974). Las diferencias en la susceptibilidad al aborto de los cultivares de chile pimiento se han relacionado con la partición de la producción de la planta y el reparto en los órganos reproductivos (Turner y Wien, 1994), efectos del estrés por calor en la abscisión también podrían ser el resultado de la reducción de la disponibilidad de asimilados, pero el estrés

por calor pueden reducir específicamente la actividad metabólica de la flor o el capullo de la flor (Aloni et al., 1991).

Por lo que en el experimento citado la eliminación de las hojas completamente crecidas se redujo la producción de materia seca y el aumento de aborto de la flor/fruta. Aumentar el número de frutos tempranos formaron el aumentó en el aborto tarde en flores/frutos formados, pero no afectó el crecimiento total de la planta.

Con la misma tasa de crecimiento vegetativo, el aborto fue más bajo para los tratamientos de hojas de poda, donde no hay frutas pero si flores presentes en la planta (Marcelis et al., 2004).

6.2.4 Rendimiento de fruta

La radiación solar es el principal recurso por el cual las plantas de cultivo compiten dentro de un ambiente no restrictivo como lo es el cultivo en invernadero e hidroponía. Este factor ambiental al igual que el agua, el CO₂, la temperatura, la humedad relativa, los nutrimentos esenciales minerales, entre otros, juega un papel fundamental durante la fotosíntesis, y por lo tanto, en la formación de azúcares para el crecimiento de las plantas (Papadopoulos y Pararajasingham, 1997). Es por ello que con los sistemas productivos dentro de los invernaderos, se busca optimizar la cantidad de luz solar incidente y la forma en que ésta es interceptada por el dosel de las planta, ya que de ésta depende el rendimiento (Jovicich et al., 2004).

La conducción y poda de las plantas es otra medida que puede contribuir en una mejor eficiencia en la intercepción de luz, lo cual también tiene efecto sobre el rendimiento (Jovicich et al., 2004).

En el caso del chile morrón (*Capsicum annuum* L.) existen dos sistemas productivos comerciales utilizados para la producción en invernadero; uno de ellos es el sistema de poda en "V" (sistema holandés), que consiste en remover (eliminar) uno de los dos tallos que se desarrollan en cada nudo (horqueta) de la planta; éstos son guiados individualmente de tal forma que la planta simula una "V" con dos tallos principales; este sistema es utilizado principalmente en hidroponía e invernadero, y con densidad de población de 2 plantas m².

Según la Figura 8, la evolución del número de frutos en el cultivo de chile hidropónico bajo dos sistemas de poda, el análisis estadístico no mostró diferencia entre los tratamientos evaluados ($P > 0.05$). Aunque la cantidad de hojas en el tratamiento de crecimiento libre fue mayor (Figura, 5), el tamaño de las hojas del tratamiento a cuatro tallos pudo haber compensado el peso de las mismas, resultando en igualdad entre los tratamientos evaluados.

La Figura 9 muestra la comparación entre la biomasa de los frutos de los tratamientos evaluados. Los rendimientos de chile seco fluctuaron entre los 18 y 20 g por planta sin diferencia estadística entre ellos ($P > 0.05$). Aunque el tratamiento a cuatro tallos tuvo mayor número de frutos que el tratamiento a crecimiento libre (Figura 8), el tamaño de los frutos del tratamiento a crecimiento libre pudo haber compensado el peso de los mismos, resultando en igualdad entre los tratamientos evaluados.

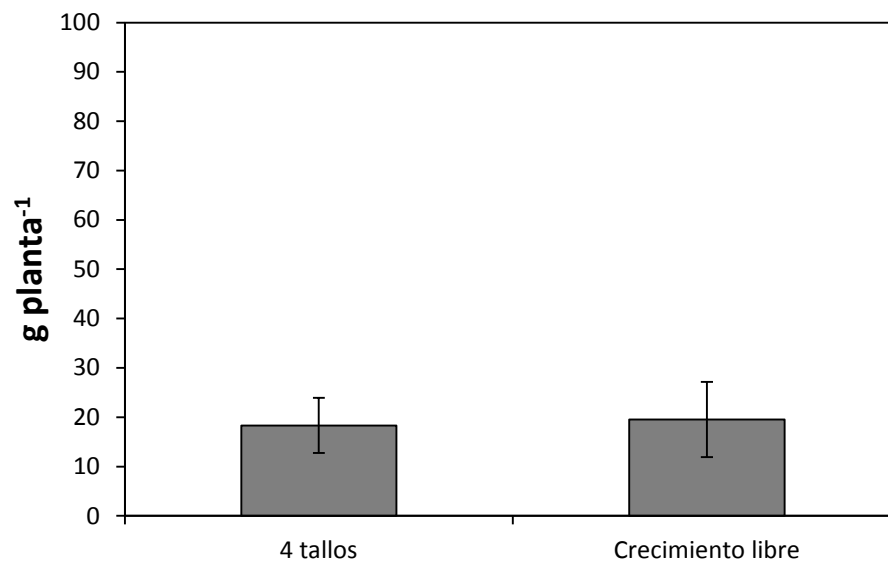


Figura.9. Rendimiento de los frutos en el cultivo de chile hidropónico bajo dos sistemas de poda.

VII. CONCLUSIONES

- En el pH se produce una mayor absorción de aniones que de cationes, tiene lugar una absorción neta de H⁺, por lo que sube el pH del medio radicular, por ello al momento del drenaje se tuvo más ácido que la de la solución.
- La CE en el drenaje, se sitúa por encima del valor correspondiente a la solución del gotero, y esta acumulación puede llegar a ser de más de dos unidades. No obstante, recomienda que dependiendo de la especie de la que se trate y de las condiciones ambientales existentes, se debe fijar un valor de conductividad en el drenaje máximo que no se deba superar con el fin de alcanzar producciones aceptables, ya que dependiendo del cultivo se puede llegar a tener mucho contenido de sales que algunos cultivos no toleran tanto contenido de sales.
- Los resultados respecto a la altura no se obtuvieron diferencias significativas dado que la final el crecimiento libre obtuvieron 32 cm, mientras que las manejadas a cuatro tallos, alcanzaron a los 28 cm, sin diferencia estadística entre ellas.
- Los resultados en cuanto a las hojas las diferencias entre tratamientos fueron solo a los 35 DDT y después de los 56 DDT. La primera fecha el tratamiento a cuatro tallos superó al tratamiento a crecimiento libre (110 hojas versus 70 hojas), mientras que al final la situación se invirtió con 152 hojas en crecimiento libre y a cuatro tallos a 50 hojas.
- El número de botones y flores y frutos a los 28 y 63 DDT el tratamiento a crecimiento libre superó en número de botones cuando la proporción entre hojas, botones florales, flores y frutos modificó la aparición de botones florales

dando así diferencias en cuanto a las flores esto a los 45 DDT el tratamiento de poda a cuatro tallos donde el crecimiento libre en alrededor de 2 flores por planta, después justo a los 56 DDT, decayó la producción de flores en el tratamiento poda a cuatro tallos e incrementó en el tratamiento a crecimiento libre y así continuó hasta los 63 DDT, pero con un menor número de flores (4.5 vs 0 flores por planta).

- La producción de frutos en ambos tratamientos resultó en forma exponencial, incrementándose después de los 50 DDT en ambos tratamientos, para finalizar con un total de 56 frutos para el tratamiento a 4 tallos y 28 frutos para el tratamiento a crecimiento libre, resultando en diferencias estadísticas ($P < 0.05$).
- Las plantas de crecimiento arbustivo no tuvieron un mejor crecimiento y desarrollo que la de cuatro tallos ya que el trabajo de poda no es necesario ya que no se obtuvieron diferencias significativas en cuanto a cosecha se refiere, la poda sería un gasto extra para este cultivo de chile hidropónico.
- No se obtuvo diferencia entre las plantas de crecimiento libre y de cuatro tallos ya que tuvieron producciones en su rendimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aloni, B., T. Pashkar and L. Kami. 1991. Nitrogen supply influences carbohydrate partitioning of pepper seedlings and transplant development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:995-999
- Ambroszczyk, A.M., S. Cébula y A. Sekara. 2008. The effect of plant pruning on the light conditions and vegetative development of eggplant (*solanum melongena* L). in greenhouse cultivation. *Vegetable Crops Research Bulletin.* 68:57-70
- Andrade, F. A. Cirilo, S. Uhart y M. Otegui. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Dekalbpress. 15 – 39
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. 2da Edición. Traducido al español por Cano y Cano, G.G; Rojas Garcidueñas, M.A.G.T. Editor. DF., México.p. 784
- Burgueño H.; Uribe F.; Valenzuela M. 1994. La Fertirrigacion De Cultivos Hortícolas Con Acolchado Plástico. Vol.1 Bursag S.A De C.V. Sinaloa, Mexico. 46 P.
- Fageria, N.K., V.C. Baligar y Ch.A. Jones. 1997. Growth and mineral nutrition of fields crops. 2nd edition. Marcel Dekker, Inc. New York
- Fourcaud, T. X. Zhang, A. Stokes, H. Lambers, y Ch. Korner. 2008. Plant growth modelling and applications: the increasing importance of plant architecture in growth models. *Ann. Bot.* 101:1053-1063
- Gardner, F.P., Brent, P.R. y Mitchell, R.L. 1985. *Physiology Of Crop Plants.* Iowa State University. 327p.
- Guinn, G. 1974. Abscission of cotton floral buds and bolls as influenced by factors affecting photosynthesis and respiration. *Crop Science* 14: 291–293.
- Hagin, J., M. Sneh y A. Lowengart-Aycicegi. 2002. “Fertigation – Fertilization through irrigation”. IPI Research Topics N° 23. Ed.: A. E. Johnston. International Potash Institute, Basilea (Suiza).
- Jiménez J.M. 1999. Trabajos forestales y de conservación medio natural agrotecnología (Botánica). P. 1-7
- Jones, J. W. A. Kenig y C. E. Vallejos. 1999. Reduced state-variable tomato growth model. *Transactions of the ASAE.* 42(1):255-265.
- Jovicich, E., D.J. Cantliffe, P.J. Stoffella y D.Z. Hamman. 2007. Bell pepper fruit yield and quality as influenced by solar radiation-based irrigation and container media in a passively ventilated greenhouse. *Hortscience.* 42(3):642-652.

- Jovicich, E. Cantliffe, D.J. y P.J. Stofella. 2004. Fruit yield quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container and trellis system. *Hort Technology*. 14(4): 507-513.
- Kissinger, M., S. Tuvia-Alkalai, Y. Shalom, E. Fallik, Y. Elkind, M.A. Jenks y M.S. Goodwin. 2005. Characterization of physiological and biochemical factors associated with postharvest water loss in ripe pepper fruit during storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130(5):735-741.
- Lacointe, A. 2000. Carbon allocation among tree organs: a review of basic processes and representation in functional-structural tree models. *Ann. For. Sci.* 57:521-533.
- López, I. L. A. Rojano, A. Ramírez y M. Bonilla. 2006. Modelos matemáticos para el crecimiento y desarrollo de cultivos: concepto y metodología. Universidad Autónoma Chapingo. 79 p.
- Magán, C.J.J. 2008. Producción de pimiento en sustrato. Las Palmerillas. <http://www.publicacionescajamar.es/series-tematicas/centros-experimentales-las-palmerillas/produccion-de-pimiento-en-sustrato/> (Consultado el 29 de mayo del 2014).
- Marcelis, L. F. M. E. Heuvelink, L. R. B. Hofman-Eijer, J. D. Bakker. y L. B. Xue. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* 55: 2261-2268.
- McLeod, M. J., Guttman, S. I., Eshbaugh, W.H. 1982. Early evolution of chili peppers (*Capsicum*). *Economic Botany* 36 (4): 361-368.
- Núñez V., F., Gil R., Costa J. 1996. El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes. Tercera Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 607 p.
- Núñez-Ramírez F., Villalaz-Palma, C., Tolosa-Avendaño, M., Escoto-Romo, A., Escoboza-García, F., Ceceña-Duran, C., Ruiz-Alvarado, M.C., Escoboza-García, I., Cárdenas-Salazar, V.A., Avilés-Marín, S.M., López-López, Á., Soto-Ortíz, R., Román-Calleros, J. 2012. Arena lavada como sustrato hidropónico: caracterización física-química. XVI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. ICA-UABC., pp. 670-674.
- Pickersgill, B. 1989. Cytological and genetical evidence on the domestication and diffusion of crops within the Americas. In: "Harris, D.R.; Hillman, G. C. (Eds.) Foraging and farming: the evolution of plant exploitation. Unwin Hyman, London": 426-439.
- Pressman, E., H. Moshkovith., K. Rosenfeld., R. Shaked., B. Gamaliel. B. Aloni, 1998. Influence of low night temperatures on sweet pepper flower quality and effect of repeated pollinations, viable pollen, on fruit setting. *Journal of horticultural and Biotechnology*. 73(1): 131-136.

- Rincón. L. J. Saez, E.Z., E. Balsalobre y M. C. Pellicer. 1993. Nutrición del pimiento grueso de invernadero. Hortofruticultura 5: 37-41.
- Rylski, I y A. Halevy. 1974. Temperature dependence of fruit set and fruit development in sweet pepper. XIX Internacional Horticultural Congress, Varsavia: Abstract N° 122
- Rodríguez, S.F. 1996. Fertilizantes. Nutrición Vegetal. Editorial, AGT Editor S.A. p. 157.
- Rorabaugh, P.A. 2013. Fertigation systems and nutrient solutions. In: Introduction to Hydroponics and Controlled Environment Agriculture.
- Sadras, V., M. Ferreiro, F. Gutheim y A. Kantolic. 2000. Cap: 2 “Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo” En: Andrade, F. Y Sadras, V. .2000. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. EEA INTA Balcarce – Facultad de Ciencias Agrarias UNMP. Editorial Médica Panamericana S.A. . Argentina. 29 – 36
- Salas M.C. y M. Urrestarazu. 2004. El cultivo del pimiento. En: Tratado del cultivo sin suelo 3a Edición. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 749-792.
- Saw, N., Cantliffe, D.J., Funes, J. y C.III. Shine. 2004. Successful beet alpha cucumber production in the greenhouse using pine bark as an alternative soilless media. HortTechnology. 14(2): 289-294.
- Jovicich, E. Cantliffe, D.J. y P.J. Stofella. 2004. Fruit yield quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container and trellis system. HortTechnology. 14(4): 507-513.
- Serrano, C. Z. 1974. Cultivos hortícolas enarenados. Manuales Técnicos. Serie N° 46. Extensión Agraria. Madrid, España.
- Serrano, C. Z. 1996. Veinte cultivos de hortalizas en invernadero. Manuales técnicos de Sevilla, España. pp. 433-487.
- Sezen, S.M., A. Yazar y S. Eker. 2006. Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepper. Agricultural Water Management. 81:115-131
- SIAP-SAGARPA, 2009. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 2009. Mexico.
- Sonneveld, C. 1988. The salt tolerance of greenhouse crops. Neth. J. Agric. Sci. 36:63–73.
- Tanaka Y, Yamao M. and Kato H. 2004. Annual changes in concentrations of abscisic acid-glucosyl ester in Citrus fruits and leaves. Plant Cell and

Physiology 45: 77.

- Urrea-López, R., Díaz de la Garza, R.I. y J.I. Valiente-Baunet. 2014. Effects of Substrate Salinity and Nutrient Levels on Physiological Response, Yield, and Fruit Quality of Habanero Pepper. *Hortscience*. 49(6):812–818. 2014
- Wien H.C.,Tripp K.E.,Hernandez Armenta R.,Tuner A.D. 1989. Abscission of reproductive structures in pepper: causes, mechanisms and control. In: Green S.K. (Ed) *Tomato and pepper production in the tropics*. Asian vegetable research and development center. Shanhua Taiwan 150-165.
- Wild, A. 1992. *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas*. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. 1045 p.