

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISION DE AGRONOMIA**



**Fertirrigación de tres Genotipos de Chile Jalapeño
(*Capsicum annum*), establecido en 2 Sustratos
Hidropónicos y en suelo bajo Invernadero**

Por:

VICTOR MANUEL REYES VALENZUELA

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2005

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISION DE AGRONOMIA**

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

**Fertirrigación de tres Genotipos de Chile Jalapeño (*Capsicum annum*),
establecido en 2 Sustratos Hidropónicos y en suelo bajo Invernadero**

Realizado por:

VICTOR MANUEL REYES VALENZUELA

TESIS

**Presentado como Requisito para Obtener el Título de Ingeniero Agrónomo
en Horticultura**

Aprobado por:

**M.C. Leticia Escobedo Bocardo
PRESIDENTA DEL JURADO**

**M.C. Arnoldo Oyervides García
COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA**

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre del 2005

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISION DE AGRONOMIA**

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

**Fertirrigación de tres Genotipos de Chile Jalapeño (*Capsicum annum*),
establecido en 2 Sustratos Hidropónicos y en suelo bajo Invernadero**

Realizado por:

VICTOR MANUEL REYES VALENZUELA

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito
Parcial para Obtener el Título de:
Ingeniero Agrónomo en Horticultura**

**M.C. Leticia Escobedo Bocado
Presidenta del Jurado**

**M.C. Ricardo Requejo López
Sinodal**

**Dr. Emilio Olivares Sáenz
Sinodal**

**M.C. Francisca Ramírez Godina
Sinodal**

**M.C. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la División de Agronomía**

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México Diciembre del 2005

INDICE DE CONTENIDO

	Pagina
INDICE DE CONTENIDO.....	I
INDICE DE CUADROS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	4
REVISION DE LITERARURA.....	5
Origen.....	5
Historia.....	5
Clasificación taxonómica.....	6
Descripción botánica.....	6
Características morfológicas.....	7
Raíz.....	7
Tallo.....	7
Hojas.....	7
Flores.....	7
Fruto.....	8
Semilla.....	8
Requerimientos edafoclimáticos.....	8
Temperatura.....	9
Humedad.....	9
Luminosidad.....	9
Suelo.....	9
Particularidades del cultivo.....	10
Marcos de plantación.....	10
Aporcado.....	10
Tutorado.....	10
Deshojado.....	11

Producción de chile en invernadero.....	11
Requerimientos edafoclimáticos en el invernadero.....	12
Temperatura.....	12
Ventilación.....	12
Humedad.....	13
Luminosidad.....	13
Anhídrido carbónico.....	14
Cultivo sin suelo.....	14
Sustrato.....	15
Propiedades de los sustratos.....	15
Propiedades físicas.....	15
a) Humedad.....	16
b) Porosidad.....	16
c) Densidad.....	17
d) Estructura.....	17
e) Granulometría.....	18
Propiedades Químicas.....	18
Propiedades Biológicas.....	19
a) Velocidad de descomposición.....	20
b) Efecto de los productos de descomposición.....	20
c) Actividad reguladora del crecimiento.....	20
Características del sustrato ideal.....	20
Sustrato naturales.....	22
Fibra de coco.....	22
Turba.....	23
Sustrato inorgánico.....	23
Perlita.....	23
Solución nutritiva.....	24
Métodos para preparar soluciones nutritivas.....	25
Método de solución madre.....	25

Método normal.....	26
Método de la adición de los fertilizantes en seco.....	26
Formulación de nutrientes.....	27
Medidas de control.....	28
Conductividad eléctrica.....	28
pH.....	29
Fertirrigación.....	30
a) Ventajas de la fertirrigación.....	30
b) Inconvenientes de la fertirrigación.....	30
c) Proceso de fertirrigación.....	31
Instalación del fertirriego.....	31
Monitoreo.....	32
Principales enfermedades del cultivo.....	33
Principales plagas del cultivo.....	34
Experimentos de trabajos similares.....	35
Rendimiento.....	35
Peso fresco.....	35
Peso seco.....	36
Diámetro de fruto.....	36
Longitud de fruto.....	37
 MATERIALES Y METODOS.....	 38
Localización del terreno.....	38
Aspectos generales del invernadero.....	38
Material Vegetativo.....	39
Sustratos.....	40
Descripción de tratamientos.....	40
Preparación de las camas de siembra para el establecimiento del cultivo en suelo.....	41
Características físicas del suelo.....	41
Análisis del agua de riego.....	42

Siembra.....	42
Sistema de riego en el cultivo en suelo.....	43
Fertilización en el cultivo en suelo.....	43
Colocación de chupatubos (Sondas de succión).....	44
Fabricación de los sacos para el establecimiento del cultivo sin suelo.....	44
Nivelación del terreno donde serán colocados los sacos.....	45
Acomodo del sistema hidropónico.....	45
Saturación de los sacos de cultivo.....	46
Siembra del cultivo sin suelo.....	46
Preparación de la solución para el cultivo sin suelo.....	47
Costo de la solución nutritiva.....	49
Colocación del gotero a la botella y bandeja de drenaje en los sacos de cultivo sin suelo.....	49
Características del equipo de bombeo del sistema del cultivo sin suelo.....	50
Características del taimer y del equipo de bombeo.....	51
Caracterización físico-químico de los sustratos.....	52
Características del instrumental utilizado en el experimento.....	56
Variables evaluadas.....	57
Análisis estadístico.....	58
 RESULTADOS Y DISCUSION.....	 59
Rendimiento.....	59
Longitud del fruto de chile.....	62
Diámetro del fruto de chile.....	65
Peso fresco de la planta de chile al final del ciclo.....	67
Peso seco de la planta de chile al final del ciclo.....	69
Caracterización de los sustratos.....	73
Costos de producción.....	74

Costo de la solución nutritiva.....	74
Consumo de agua y solución nutritiva.....	77
CONCLUSIONES.....	78
RESUMEN.....	79
LITERATURA CITADA.....	81
APENDICE.....	85

INDICE DE CUADROS

CUADRO	Pagina
1. Descripción de tratamientos.....	40
2. Características físico-químicas del suelo.....	41
3. Análisis de laboratorio de agua de riego.....	42
4. Fertilización en el cultivo en suelo.....	43
5. Calculo de nutrientes.....	47
6. Solución nutritiva ideal para chile.....	48
7. Calculo para macroelementos.....	48
8. Calculo para microelementos.....	48
9. Precio M/N de fertilizantes Agosto del 2005.....	49
10. Programa de riego.....	51
11. Análisis de varianza de la variable rendimiento de la planta de chile.....	59
12. Comparación de medias (DMS) para el rendimiento de la planta de chile.....	59
13. Análisis de varianza de longitud de chile durante el ciclo.....	62
14. Comparación de medias (DMS) para la longitud de chile durante el ciclo.....	62
15. Análisis de varianza de diámetro de chile durante el ciclo.....	65
16. Comparación de medias (DMS) para diámetro de chile durante el ciclo.....	65
17. Cuadro de análisis de varianza de peso fresco de la planta de chile.....	67
18. Comparación de medias (DMS) para peso fresco de la planta de chile.....	67
19. Análisis de varianza de peso seco de la planta de chile.....	69
20. comparación de medias (DMS) para peso seco de la planta de chile.....	69

21. Resultados de la caracterización de los sustratos.....	73
22. Resultados de pH y C.E de los sustratos.....	73
23. Precios de los fertilizantes que conforman la solución nutritiva para chile.....	74
24. Calculo del costo de la solución nutritiva.....	75
25. Volumen de solución nutritiva promedio en la botella y promedio de solución drenada durante el ciclo.....	77
26. Lecturas tomadas de pH y C.E del drenaje y chupatubos en diferentes fechas en el cultivo sin suelo.....	85

INDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Pagina
1. Estructura física del invernadero de la Facultad de Agronomía de la UANL.....	39
2. Frutos del C.v Jefe a la izquierda y C.v Rey a la derecha.....	40
3. Tutorio del transplante de chile en suelo.....	42
4. Colocación de chupatubos y extracción de solución de suelo en el cultivo del chile jalapeño.....	44
5. Vista de sacos de cultivo conteniendo fibra de coco y planta de tomate.....	45
6. Acomodo de los sacos de cultivo en el área de trabajo dentro del invernadero.....	46
7. Transplante de chile jalapeño en el cultivo sin suelo.....	47
8. Colocación de la bandeja de drenaje en los sacos de cultivo sin suelo.....	50
9. Maquina cribadora.....	53
10. Rendimiento total por planta de chile jalapeño.....	60
11. Longitud de los frutos de chile por planta.....	63
12. Diámetro de los frutos de las plantas de chile jalapeño.....	66
13. Peso fresco de la planta de chile jalapeño al final del ciclo.....	68
14. Peso seco de la planta de chile jalapeño al final del ciclo.....	70

DEDICATORIAS.

A DIOS.

Por prestarme la vida y estar en los momentos mas difíciles de mi vida, darme la felicidad durante el tiempo de mi preparación y estar con mis padres durante mi ausencia para traerles siempre la felicidad.

A MIS PADRES.

Sr. Abraham Reyes Ramírez

Sra. Silvia Valenzuela

Muchas gracias por haberme dado la vida, por su comprensión, cariño y amor, pero sobre todo enseñarnos a mis hermanos y a mi a comprender lo difícil que es la vida y como luchar para conseguir las metas que uno se propone en la vida para ser un hombre de bien, por todo los sacrificios y sin importar el sufrimiento, por darme la educación digna. Para mis padres queridos que los llevo en todo momento en mi corazón tanto en las buenas como en las malas y por ser tan afortunado de tenerlos a mi lado.

A mis hermanos:

Araceli

Israel

Francisco

Gabriela

Con mucho cariño, ya que siempre me dieron la mano cuando mas los necesitaba, a mi hermana Araceli por todo ese apoyo tan grande que siempre me brindo cuando mas lo necesitaba, nunca lo olvidare gracias, a mi hermano Israel aunque nunca estuvo de mi parte, me ayudo a reflexionar a conseguir las cosas que uno quiere por todo gracias, a mi hermano paco y Gabriela por estar siempre al cuidado de nuestros padres en nuestra ausencia gracias.

A mi cuñada.

Blanca

Por darme siempre los consejos necesarios y por brindarme su apoyo durante mi carrera muchas gracias.

A mis sobrinos.

Giovanni

Kevin

Jamie

Con todo cariño por llenar de alegría nuestros hogares, sigan adelante en su formación, para que lleguen muy lejos y den alegría a su padres.

A mis abuelos

Carmela +

Nicolasa

Cipriano

Con mucho cariño, a mi abuelita Carmela que siempre quiso que uno de sus nietos saliera de la NARRO, para ti abuelita con todo mi cariño.

A mis tíos (a) y primos(a)

Héctor (pipo), Florencio, Luis, Javier, Polo, Rosa (+), Angélica, Yolanda, Gloria, Alejandra, Cleme, Francisca, Irene, Petra, Eugenia, Chacha, Alejandro, Alejandra, Paola, Miguel (+), Adrián, Elena, Erica y Norma.

Con todo mi cariño, respeto y admiración por esos momentos inolvidables que pasamos juntos y seguiremos pasando, gracias por todo su apoyo, cariño, comprensión, consejos brindados durante mi formación profesional y como persona, muchas gracias por todo, los quiero mucho.

Y a todas aquellas personas de una forma u otra colaboraron para que yo pudiera culminar mis estudios y que inconscientemente no nombre, les pido una disculpa sincera y que Dios los guarde en su gloria siempre, gracias.

AGRADECIMIENTO.

A Dios nuestro señor. Por estar conmigo en todos los momentos mas grandes de mi vida y por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida.

A mi **“ALMA TERRA MATER”** por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente al abrirme sus puertas y por todo ese apoyo que me brindaron.

Al Departamento de Horticultura, gracias por todo el apoyo que me brindaron durante mi carrera profesional.

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología, por brindarme su apoyo económico para la realización de esta investigación.

A la M.C Leticia Escobedo Bocardo, por su amistad y sugerencia en la realización de este trabajo.

Al M.C Ricardo Requejo López, por verme dado la oportunidad de trabajar en su proyecto, brindarme su amistad, paciencia, confianza y sugerencias necesarias para la elaboración de esta tesis. Por todo mil gracias.

Al Dr. Emilio Olivares, por brindarme su apoyo en la realización de esta investigación, así como a la Universidad Autónoma de Nuevo León, en especial a la facultad de Agronomía quien me dio su apoyo constantemente hasta el fin de esta investigación.

A la M.C. Francisca Ramírez Godina, Por sus comentarios y sugerencias en la colaboración de la revisión de este trabajo.

A el Ing. Mariano, por todo el apoyo que me brindó durante el tiempo que duró la investigación.

A todos mis compañeros y amigos: a Cruz (Cusho), José J. (Pantro), Gerardo (Phytón), Bautista, Eder (Chango), Rene (Pollo), Chess, Bulmaro, Churras, Raúl (Gay), Santiago (Barny), Rubén (Yiyo), Gabriel (Traumado), Chivo, Piojo, Pomposo, Erubiel (loca), Edmey, José (Candado), Luis (Maquillado), Gordillo, Iván (Bambam), Omán (marciano), Baxcajay, Ozziel (zacahuil), Yaris, Dolores, Cecilia, Rosa (mexicanísima), Alma, Magda, Mary, Deysi, Auri, Lucia, Raquel, Lupita, Salustia, Mosco, Chicles, Mamado, Cacheton, el caballo, la grandota, la gallina, chagi, a todos los garambullos de QRO, los hermanotes y a toda la generación 100 de Horticultura y a la **NARRO** nunca los olvidare por que con ellos viví momentos muy especiales, siempre los recordaré con mucho cariño y afecto.

INTRODUCCION

El chile jalapeño es un cultivo de suma importancia en México por sus múltiples usos y su amplia distribución en todo el país. El chile es base de la alimentación de todo mexicano, ya que como condimento acompaña casi a todos los platillos que se preparan en nuestro país, como verdura fresca o procesado en salsas, polvo o encurtido (SARH, 1984).

El consumo del chile en el mundo se ha incrementado por la gran demanda de los mercados europeos durante todo el año, ha crecido espectacularmente y ha tenido como consecuencia el desarrollo de cultivos en invernadero en todo el litoral mediterráneo español.

Según datos de la F.A.O los principales países productores de chile son: China , México, España, Estados Unidos, Países Bajos y Canadá, los cuales durante los últimos años han generado el 70% de la producción mundial, China ha sido el principal productor de chile en el mundo al promediar por año, 8 239 mil toneladas, seguido de México con 1 800 mil toneladas, Estados Unidos con 885 mil toneladas, España con 942 mil toneladas, Países Bajos con 290 mil toneladas y Canadá con 46 mil toneladas, con esto se puede observar que México ocupa el segundo lugar a nivel mundial en producción de chiles proporcionando un 40% del mercado.

En nuestro país los principales estados productores son: Sonora, Baja California, Chihuahua, San Luis Potosí, Guanajuato, Jalisco y Estado de México, los cuales tienen un volumen de producción de 273 400 toneladas por año (Bringas, 2004).

México es uno de los principales abastecedores de chile en los mercados de Estados Unidos y Canadá, principalmente en ciclo Invierno-primavera, durante los meses de noviembre a mayo, por lo que su importancia radica en la generación de divisas, siendo también importante socialmente ya que es un cultivo que requiere de gran cantidad de mano de obra durante todo su ciclo, aproximadamente de 130 a 150 jornales.

La producción de chile en México se encuentra bastante diseminada y las zonas productoras se distinguen de acuerdo al tipo de chile que producen, así por ejemplo, el chile de los tipos anchos, mulatos y pasilla se siembran en el Bajío; en Aguascalientes, Zacatecas y Jalisco, el tipo serrano; en Nayarit, Veracruz, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León, los chiles de exportación dulces (Bell); picantes (Anaheim, caribe, fresno) se cultivan en Sonora y Baja California, Los de tipo Marisol en Aguascalientes, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas; mientras que el jalapeño se siembra en los estados de Veracruz, Oaxaca y Chihuahua (SARH, 1984).

En Coahuila, la zona chilera se localiza en la zona centro y sur del estado, destinándose casi la totalidad de la producción al mercado nacional, básicamente al mercado de abastos de Monterrey, N.L., de donde se distribuye principalmente al Distrito Federal.

La producción intensiva moderna de hortalizas bajo invernadero no solo se centra en la obtención de altas producciones, si no que además, el sistema debe ser respetuoso con el medio ambiente, la salud del productor y con la del consumidor, esto no se cumple satisfactoriamente ya que se ha presentado un deterioro físico, físico-químico y sanitario que incide negativamente sobre la productividad y además requiere de tecnología que representa gastos energéticos y económicos no siempre aliados a la conservación del medio ambiente (Sagarpa, 2004).

Los cultivos hidropónicos han proporcionado múltiples beneficios a los agricultores de países como España, Holanda y Francia, en estos lugares se ha demostrado su redituabilidad económica, en México se viene utilizando con mayor intensidad, adoptando los cultivos en sustratos hidropónicos, los cuales proporcionan un mejor manejo del cultivo (Resh, 1997).

El uso de invernaderos en conjunto con sistemas hidropónicos permite reducir al mínimo las restricciones de clima, agua y nutrientes, logrando un eficiente control de plagas, enfermedades y malezas, por ello es importante la búsqueda de arquetipos que en altas densidades de población, tengan gran potencial de rendimiento por unidad de superficie en ambiente no restrictivo. Debido a la fuerte inversión que requiere la instalación y operaciones de estos sistemas, la rentabilidad económica se restringe a cultivos de alto valor en el mercado, teniendo como requisito un manejo eficiente del espacio y tiempo para lograr una alta productividad (Sánchez 2001, citado por Jiménez 2005).

En la actualidad el constante aumento en la población demanda consigo el incremento del volumen de alimentos de calidad, para ello es necesario crear y adecuar alternativas en la producción agrícola intensiva como el uso de cultivares con aceptación, resistencia a enfermedades y con respuesta significativa a la nutrición sistemática (Garza 1987).

Por lo anterior los objetivos del presente estudio son:

OBJETIVOS

- Comparar el rendimiento de tres cultivares de chile en cultivo con y sin suelo.
- Medir la eficiencia en el aprovechamiento del agua y nutrimentos en los dos sistemas de producción estudiados (cultivo con y sin suelo).

- Realizar un análisis económico de ambos sistemas, considerando los costos de fertilización.

HIPOTESIS

- La producción de chile jalapeño en el sistema de cultivo sin suelo, tiene ventaja sobre el sistema de cultivo en suelo, ya que presenta mejor control nutricional.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen.

El género *Capsicum* es originario de América del sur (de los Andes y de la cuenca alta del Amazonas, Perú, Bolivia, Argentina y Brasil). La mayoría de las especies de chile actualmente cultivadas se consideran originarias de América Central. (Valadez, 1998).

C. annum se adaptó en México donde actualmente existe la mayor diversidad de chiles.

Historia.

Se ha especulado que el chile pudo haber sido el primer cultivo domesticado en mesoamérica; al menos es posible afirmar que ha sido un ingrediente obligatorio en la comida mexicana desde hace miles de años. Aunque es un material perecedero y no tiene buena conservación, en varios sitios arqueológicos se han encontrado evidencias de la existencia del chile en la época prehispánica como semilla carbonizada o fragmentos de semilla. En México se han encontrado restos arqueológicos en el Valle de Tehuacan, Pue., fechados entre 7,000 y 5,000 años A.C. (SARH, 1984)

La historia del chile está ligada a la historia de América. Las expectativas de Colón y sus patrocinadores se vieron, en alguna medida, frustradas ya que el nuevo continente no resultó rico en especias; si no en vainilla, y el chile, al que el propio Almirante, que iba en busca de la pimienta, bautizó con el nombre de pimienta. Las tierras que luego se llamarían América no producían aquellas sustancias que a los europeos se les habían vuelto indispensables.

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 Colón, en 1493 (Cano, 1998).

Clasificación Taxonómica

REINO: Vegetal

DIVISIÓN: Angiospermae

CLASE: Dicotyledoneas

ORDEN: Solanales

FAMILIA: Solanaceae

GENERO: *Capsicum*

ESPECIE: *annum*

Descripción botánica

Es una planta herbacea de cultivo generalmente anual, pero que puede en algunos casos transformarse en bianual.

Características Morfológicas

Raíz.

Tiene un sistema radicular pivotante y profundo, llegando a alcanzar de 70 a 120 cm de profundidad y logra extenderse a 100 a 120 cm de diámetro.

Tallo.

Posee un tallo principal de crecimiento erecto y limitado llegando a alcanzar un crecimiento de 50 a 200 cm de altura, de acuerdo al manejo que se emplea para la producción. Cuando la planta llaga a cierta edad los tallos se lignifican ligeramente llegando a ser semileñosos.

Hojas.

Las hojas tienen una característica lampiña, entera, oval, lanceolada conformadas por una ápice muy pronunciado de coloración verde oscura, peciolada y de tamaño variable.

Flores.

Las flores son actinomorfas, hermafroditas, con cáliz de 6 sépalos, corola color blanco verduzco o blanco amarillento y pedicelos generalmente múltiples, de 6 pétalos y 6 estambres insertos en la garganta de la corola, el estigma generalmente está al nivel de las anteras lo que facilita la auto polinización. La polinización cruzada por los insectos es de un 80 % por lo que las variedades pierden su pureza genética rápidamente. Tiene ovario súpero.

Fruto.

El fruto es una baya con 2 a 4 lóculos, los cuales forman cavidades interiores con divisiones visibles en los chiles alargados, pero no en los redondeados. El Pericarpio posee un mesocarpio con un espesor de aproximadamente 1 mm., con textura algo seca. Existe una diversidad de formas y tamaños en los frutos, pero generalmente se agrupan en alargados y redondeados. Al llegar a la maduración los frutos son normalmente rojizos, aunque también los hay anaranjados y amarillos.

Semilla.

Las semillas generalmente son deprimidas, reniformes, lisas de color amarillenta o blanco amarillenta. El porcentaje de germinación es alto y puede mantenerse por 4 o 5 años bajo buenas condiciones de conservación.

El ciclo vegetativo varía de acuerdo a la variedad, puede durar entre los 65 y 110 días (1).

Requerimientos edafoclimaticos.

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto (2).

Temperatura.

Como todas las hortalizas de fruto, el chile es de clima cálido, por lo cual no resiste heladas. El rango de temperatura para su germinación es de 23.8 - 29.5° C y la temperatura ambiente para su desarrollo es durante el día de 15.5° C y en la noche de 18.3° C. A temperaturas bajas (<10° C) se puede presentar aborto de flores y a menores de 15° C comienza a detener el crecimiento. A altas temperaturas 32 – 35° C provoca caída de flores y/o frutos.

Humedad.

La humedad relativa óptima oscila entre un 50 – 70%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y agrietamiento del fruto y dificulta la fecundación. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor.

Luminosidad.

La planta de chile es muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración, por lo que no se debe abusar del blanqueo o sombreo.

Suelo.

La planta de chile ha sido clasificada como una hortaliza moderadamente tolerante a la acidéz, reportándose valores de pH 6.8 a 5.5, también es considerada como una hortaliza medianamente tolerante a la salinidad, soportando contenidos de 2560 a 6400 ppm.

En cuanto a la textura del suelo se ha reportado que se desarrolla en diferentes clases de suelos, desde ligeros (arenosos) hasta pesados (arcillosos), prefiriendo los limo arenosos y arenosos. (Valadez ,1998).

Particularidades del cultivo

Marcos de plantación.

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta que a su vez dependerá de la variedad comercial. La distancia mas frecuentemente empleada entre plantas es de 20 – 70 cm y una distancia entre surcos de 60-1.20m, aunque lo mas recomendado es de 92 cm entre surcos y de 20-30 entre plantas.

Aporcado.

Práctica que se utiliza en cultivos en suelo y consiste en cubrir con tierra o arena parte del tronco de la planta para reforzar su base, favorece el desarrollo radicular y eliminar malezas. En cultivos bajo acolchado y sin suelo no es posible realizarlo.

Tutorado.

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida, que le permite soportar la carga de frutos y evita que las hojas toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de la labores culturales. Todo esto repercutirá en la producción final y control de las enfermedades.

El tipo de tutorado que se realiza es el tradicional o sistema en espaldera el cual consiste en: colocar dos tutores (tubo, varilla, alambre o madera) en los extremos de las líneas de cultivo, dispuestos en forma oblicua unidos en su base y abiertos unos 60 cm en el extremo superior. Los tutores se unen entre si mediante hilos de polipropileno (rafia) horizontales paralelos dispuestos cada 20-25 cm, que sujetan a las plantas entre ellos. Estos hilos unidos con alambre o “lañas” se apoyan en otros verticales que a su vez están atados al emparrillado a una distancia de 1.5 a 2 m y son los que realmente mantienen a la planta erguida.

Deshojado.

Es recomendable en las hojas senescentes, con el objetivo de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, así como las hojas enfermas que se colocan en bolsas y se sacan inmediatamente del invernadero, eliminando la fuente de inóculo (Castellanos, 2004).

Producción de chile en invernadero

El objetivo principal de producir bajo invernadero es tener a las plantas de chile en las condiciones mas favorables para conseguir su optimo desarrollo y productividad (Márquez ,1978).

El cultivo del chile bajo invernadero ha permitido obtener producciones de primera calidad y mayores rendimientos, en cualquier momento del año, a la vez que alarga el ciclo del cultivo, el cual implica cosechar en las épocas del año mas difíciles y obtener mejores precios. Este incremento del valor de los productos permite que el agricultor pueda invertir tecnológicamente en su explotación mejorando la estructura del invernadero, los sistemas de riego localizado y los sistemas de gestión del clima que se reflejan posteriormente en una mejora de los rendimientos y la calidad del producto final (Bolivin, 1987).

Requerimientos Edafoclimaticos en el invernadero.

Las consideraciones inherentes a la climatología y a la ecología definen la importancia de las características ambientales de una cierta zona y establecen su aptitud para cultivos en invernadero desde el punto de vista económico. En este sentido podemos afirmar que los invernaderos representan la tentativa de acercar el rendimiento de un cultivo al máximo consentido por la expresión del genotipo, al eliminar la aleatoriedad del clima y acercar el ambiente a las condiciones optimas para el crecimiento de las plantas (Alpi y Tognoni, 1999).

Temperatura.

La temperatura afecta directamente las funciones de fotosíntesis, respiración, permeabilidad de la membrana celular, absorción de agua y nutrientes, transpiración, actividades enzimáticas, ...etc. Las reacciones biológicas de importancia no pueden desarrollarse si la temperatura del invernadero está por debajo de 0°C, o por encima de 50°C. El límite inferior corresponde al punto de congelación del agua y el superior a la desnaturalización de las proteínas. La temperatura óptima varía según las especies, pero casi siempre está comprendida entre 10° y 25°C. (Grafriadellis ,1976)

Ventilación.

El intercambio de aire entre el interior y el exterior del invernadero incide de una manera clara en el clima de cultivo. No solamente cambia el balance de energía, por lo tanto la temperatura del aire, sino que también afecta al contenido de vapor de agua y de anhídrido carbónico, por lo que se debe de tener una buena ventilación para nuestro cultivo.

Humedad.

La humedad es uno de los factores medioambientales que influyen en el cultivo bajo invernadero. La influencia de la humedad no ha sido investigada con la misma profundidad que la de otros factores ambientales, quizás debido a la dificultad del control y de la medida precisa de esta variable. El aire del invernadero es enriquecido con vapor de agua por evaporación desde el suelo y por transpiración de las plantas.

Durante la noche la evapotranspiración tiene poca importancia debido a que la transpiración queda reducida por causa del cierre de estomas y la evaporación del suelo es insignificante porque el déficit de presión de vapor es pequeño. Durante el día por efecto de la calefacción solar, la humedad absoluta del aire aumenta puesto que la apertura de los estomas hace aumentar la transpiración. Al mismo tiempo la humedad relativa puede disminuir con el aumento de la temperatura y en muchos casos puede alcanzar valores muy bajos, especialmente si el invernadero está bien ventilado. El cultivo tiene una influencia clara en la humedad ambiental ya que de este depende el % de humedad que se encuentre en nuestro invernadero.

Luminosidad.

La importancia del papel que juega la luz en la producción hortícola está fuera de duda. Los invernaderos deben conectar el máximo de radiación solar durante todo el día en invierno y durante el resto del año deben aprovechar la radiación de la mañana y de la tarde, para lograr un balance térmico favorable y activar la fotosíntesis al transmitir parte del espectro visible. La pendiente del techo, la forma del invernadero y la orientación de la estructura son los factores clave. (Grafiadellis, 1985).

Anhídrido Carbónico (CO₂).

La planta absorbe CO₂ bajo la influencia de la luz y bajo la combinación del agua y la radiación fotosintéticamente activa (PAR) los transforma en carbohidratos. La concentración de CO₂ en campo abierto es de 300 a 400 ppm. Si esta concentración en invernadero se declina por debajo de este valor, la tasa de fotosíntesis decae rápidamente, en cambio, si la concentración de CO₂ se eleva a 700 a 800 ppm, la tasa de fotosíntesis se incrementa. La aplicación de CO₂ requiere de equipos y métodos sofisticados, pero necesarios para alcanzar altos rendimientos. No obstante, con un buen manejo y diseño de invernaderos y la ayuda de automatismos es factible renovar la tasa de aire (Castellanos, 2004).

Cultivo sin suelo

Durante los últimos años se viene mostrando un marcado interés por el medio ambiente, lo que ha facilitado el estudio del impacto ambiental de la actividad agraria sobre la atmósfera, el suelo y las aguas superficiales y de escorrentía. Los cultivos sin suelo presentan características diferenciales importantes en comparación con el cultivo en suelo natural, entre ellas cabe citar: a) el control riguroso de los aspectos relacionados con el suministro de agua y nutrientes, especialmente cuando se trabaja en sistemas cerrados y b) la capacidad de acogida de residuos y subproductos para ser utilizados como sustratos de cultivo. (3).

Para que un sistema de cultivo sin suelo pueda ser empleado a nivel comercial, es necesario que permita el desarrollo de la raíz en perfectas condiciones, de manera que se deben de aportar de forma óptima los siguientes elementos: aire, agua, solutos y temperaturas (4).

La técnica de cultivo sin suelo trata de desligar al cultivo del suelo, reserva tradicional de agua y nutrientes para las plantas con un doble objetivo: evitar problemas fitosanitarios, y controlar el proceso de producción. El cultivo así manejado exige una gran dedicación y control técnico, ya que no se puede disponer del suelo para cubrir las necesidades de agua y nutrientes, debiendo ser aplicadas íntegramente en el agua de riego que pasaría a ser, mas propiamente, una solución nutritiva (5).

La producción en hidroponía elimina el riesgo de plagas y enfermedades, además no se requiere de grandes cantidades de agua, con esta forma de producción es posible proveer las necesidades de los mercados potenciales, los cuales, exigirán en un futuro cercano productos que ofrezcan una producción inocua para la salud (6).

Sustrato.

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (4)

Propiedades de los sustratos de cultivo.

Propiedades físicas.

Los sustratos tienen como principal misión suministrar un almacén - soporte físico- a las plantas, que les permita enraizar y mantenerse erguidas, y proporcionarles agua (H₂O), oxígeno (O₂) y nutrientes esenciales para mantener en equilibrio el metabolismo y la fisiología vegetal.

Las principales propiedades físicas se enumeran a continuación:

a) Humedad.

En sustratos inorgánicos existen pocos problemas, de hecho se comercializan en estado seco porque así pesan menos. En los sustratos orgánicos la humedad no debe bajar del 50%, en caso contrario el proceso de rehumectación se dificulta y se pierde capacidad de retención de agua (7).

b) Porosidad.

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, por tanto, lo estará por aire o agua en cierta proporción. Su valor óptimo no deberá ser inferior al 80-85 %, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones.

La porosidad debe ser abierta, pues la porosidad ocluída, al no estar en contacto con el espacio abierto, no sufre intercambio de fluidos con él y por tanto no sirve como almacén para la raíz. El menor peso del sustrato será el único efecto positivo. El espacio o volumen útil de un sustrato corresponderá a la porosidad abierta.

El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato. Poros gruesos suponen una menor relación superficie / volumen, por lo que el equilibrio tensión superficial / fuerzas gravitacionales se restablece cuando el poro queda solo parcialmente lleno de agua, formando una película de espesor determinado.

El equilibrio aire / agua se representa gráficamente mediante las curvas de humectación. Se parte de un volumen unitario saturado de agua y en el eje de

ordenadas se representa en porcentaje el volumen del material sólido más el volumen de porosidad útil. Se le somete a presiones de succión crecientes, expresadas en centímetros de columnas de agua, que se van anotando en el eje de abscisas. A cada succión corresponderá una extracción de agua cuyo volumen es reemplazado por el equivalente de aire. De modo que a un valor de abscisas corresponde una ordenada de valor igual al volumen del material sólido más el volumen de aire. El volumen restante hasta el 100 % corresponde al agua que aún retiene el sustrato.

c) Densidad.

La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina densidad aparente.

La densidad real tiene un interés relativo. Su valor varía según la materia de que se trate y suele oscilar entre 2.5-3 para la mayoría de los de origen mineral. La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0.7-0.1) y que garanticen una cierta consistencia de la estructura.

d) Estructura.

Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilar. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas.

e) Granulometría.

El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría.

Propiedades Químicas.

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza:

a) Químicas. Se deben a la disolución e hidrólisis de los propios sustratos y pueden provocar:

- Efectos fitotóxicos por liberación de iones H^+ y OH^- y ciertos iones metálicos como el Co^{+2} .
- Efectos carenciales debido a la hidrólisis alcalina de algunos sustratos que provoca un aumento del pH y la precipitación del fósforo y algunos microelementos.
- Efectos osmóticos provocados por un exceso de sales solubles y el consiguiente descenso en la absorción de agua por la planta.

b) Físico-químicas. Son reacciones de intercambio de iones. Se dan en sustratos con contenidos en materia orgánica o los de origen arcilloso (arcilla expandida) es decir, aquellos en los que hay cierta capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.).

Estas reacciones provocan modificaciones en el pH y en la composición química de la solución nutritiva por lo que el control de la nutrición de la planta se dificulta.

c) Bioquímicas. Son reacciones que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen sobre todo en materiales de origen orgánico, destruyendo la estructura y variando sus propiedades físicas. Esta biodegradación libera CO₂ y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica.

Normalmente se prefieren sustratos inertes frente a los químicamente activos. La actividad química aporta a la solución nutritiva elementos adicionales por procesos de hidrólisis o solubilidad. Si éstos son tóxicos, el sustrato no sirve y hay que descartarlo, pero aunque sean elementos nutritivos útiles entorpecen el equilibrio de la solución al superponer su incorporación un aporte extra con el que habrá que contar y dicho aporte no tiene garantía de continuidad cuantitativa (temperatura, agotamiento, etc). Los procesos químicos también perjudican la estructura del sustrato, cambiando sus propiedades físicas de partida.

Propiedades Biológicas.

Cualquier actividad biológica en los sustratos es claramente perjudicial. Los microorganismos compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes. También pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas de partida. Generalmente disminuye su capacidad de aireación, pudiéndose producir asfixia radicular. La actividad biológica está restringida a los sustratos orgánicos y se eliminarán aquellos cuyo proceso degradativo sea demasiado rápido.

Así las propiedades biológicas de un sustrato se pueden concretar en:

a) *Velocidad de descomposición.*

La velocidad de descomposición es función de la población microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato. Esta puede provocar deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. La disponibilidad de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas) determina la velocidad de descomposición.

b) Efectos de los productos de descomposición.

Muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos se atribuyen a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Una gran variedad de funciones vegetales se ven afectadas por su acción.

c) Actividad reguladora del crecimiento.

Es conocida la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo.

Características del sustrato ideal.

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc.

Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del medio de cultivo:

a) Propiedades físicas:

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire

- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores
- Baja densidad aparente
- Elevada porosidad
- Estructura estable, que impida la contracción (o hinchazón del medio)

b) Propiedades químicas:

- Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables
- Baja salinidad
- Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH
- Mínima velocidad de descomposición

c) Otras propiedades.

- Libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas
- Reproductividad y disponibilidad
- Bajo coste
- Fácil de mezclar
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales

(8)

Dentro de los sustratos utilizados más habitualmente destaca la lana de roca, espuma de poliuretano, gránulos de arcilla, piedra pómez, perlita, turba irlandesa, arena, etc.. Como es lógico, los cultivos hidropónicos puros y la aeroponía, no tienen la necesidad de utilizar ningún medio donde la planta se desarrolle, ya que sus raíces están en contacto directo con la disolución nutritiva. Uno de los métodos más conocidos son el NFT y el Plant Plain Hydroponic - en el que las raíces se desarrollan entre dos películas de plástico-.

En cualquiera de estos sistemas, el agua puede ser fácilmente esterilizada, tiene una vida larga y no se crea un flujo residual. Sin embargo, desde el punto de vista del cultivo, se observan algunas desventajas derivadas de un mayor riesgo -consecuencia de errores humanos y/o perturbaciones mecánicas-, fallos de potencia y una mayor susceptibilidad al desarrollo de infecciones debido a la muy baja capacidad buffer (7).

Sustratos Naturales.

Fibra de coco

Este es un sustrato muy importante para la horticultura protegida en México, dado su bajo costo, su facilidad de manejo, su sanidad y a la excelente respuesta agronómica que ha mostrado en los cultivos en que se ha evaluado.

Este producto tiene una capacidad de retención de agua promedio de 54 % con un rango que va de 45 a 68 %, una densidad media de 0.07 g/cm³ con un rango de 0.05 a 0.08 g/cm³, una capacidad de aireación media de 46 % con un rango de 37 a 61 %, un porcentaje de agua fácilmente disponible de 25 % con un rango de 15 a 28 %, un porcentaje de agua difícilmente disponible de 25 % con un rango de 18 a 24 % y con un porcentaje de reserva de 4.1 % con un rango de 3 a 5.7 % esto va a depender del grosor de la fibra.

En cuanto a las condiciones químicas en condiciones vírgenes presenta una alta salinidad que puede ir de 4 a 7 dSm⁻¹ en el extracto saturado. Esta salinidad corresponde principalmente al cloruro de potasio y sodio, pero con un buen lavado este se elimina en el mismo saco de cultivo, presentando una capacidad de intercambio catiónico de 60-117 meq/ 100g. Es un material muy estable, puede durar hasta 3 años en explotación, solo haciendo la desinfección previa al cultivo (Posadas, 1999).

Turba

La turba consiste de vegetación acuática, pantanosa o de ciénega parcialmente descompuesta. La composición de los diferentes depósitos de turba varía ampliamente, dependiendo de la vegetación original, estado de descomposición, contenido mineral y grado de acidificación.

De los tres tipos de turbas; turba de musgo, cañaveral y de humus, la primera es la menos compuesta y proviene de *Sphagnum*, *Eriophrum* y otros musgos, teniendo alta capacidad de retención de humedad (10 veces su peso), con acidéz elevada (pH de 3.8 a 4.5) y conteniendo una pequeña cantidad de nitrógeno, aunque con poco o nada de fósforo y potasio. La turba que proviene de otra clase de musgo se deshace con facilidad, comparada con la originada por el *Sphagnum*, siendo pues esta preferible. La turba de cañaveral y otras plantas acuáticas también se descomponen rápidamente.

La turba *Sphagnum* esta formada por la deshidratación de residuos recientes o incluso partes vivas de plantas ácidas de pantanos del género *Sphagnum*, tales como: *S. Papillosum*, *S. Capillacium* y *S. Palustre*.

Es relativamente estéril, ligero en peso y tiene una elevada capacidad de retención de agua, siendo generalmente picada antes de ser utilizada como medio de cultivo.

Sustrato Inorgánico.

Perlita

La perlita es un material silicio de origen volcánico extraído de los ríos de lava. El mineral recién sacado se muele y cierce, calentándose a continuación en hornos a unos 1400 °F (760 °C), temperatura a la cual se evapora el agua contenida en las partículas, extendiéndose éstas a otras mas pequeñas con aspecto de semilla, esponjas muy ligeras con un peso de 5 a 8 libras por pie

cúbico (80 a 128 kg/m³). La perlita absorbe de 3 a 4 veces su peso en agua, siendo esencialmente neutra con un pH de 6.0 a 6.8, aunque sin capacidad tampón; a diferencia de la vermiculita, no tiene capacidad de intercambio iónico y no contiene nutrientes minerales.

Es muy útil para incrementar la aireación de las mezclas, ya que tiene una estructura muy rígida que, mientras dura, da lugar a que el tamaño de las partículas vaya disminuyendo conforme éstas se parten con el uso. El tamaño mas fino es útil como medio de terminación, mientras que las partículas mayores u hortícola son las mas apropiadas para mezclarlas con turba a partes iguales para bancadas de enraizamiento o a partes iguales con arena y turba para cultivo (Resh, 1997).

Solución Nutritiva

La solución nutritiva se define como el conjunto de elementos nutritivos requeridos por la planta, disueltos en agua. Los elementos esenciales para el crecimiento de la planta son los elementos requeridos en mayor cantidad (MACRONUTRIENTES : C, H, O, N, P, K, Ca, As, Mg) y los que se requieren en menor cantidad (MICRONUTRIENTES: Hierro, Manganeso, Boro, Cobre, Zinc, Molibdeno, Cloro)

Bajo un sistema de cultivo hidropónico, con excepción del carbono, oxígeno e hidrógeno, todos los elementos esenciales son suministrados a través de una solución nutritiva y en forma asimilable por las raíces de las plantas, por lo tanto se considera un prerrequisito la solubilidad de los iones de agua.

Después de varios años de investigación, se ha llegado a concluir que no existe una solución teórica ideal para un cultivo en particular y que la concentración óptima de elementos nutritivos para una especie vegetal en

particular depende de un conjunto de factores entre los que destacan: la parte de las plantas que se van a cosechar (raíz, tallo, flor, fruto o semilla), la estación del año, el clima, la calidad del agua y el estado de desarrollo de la planta (Sánchez,1988).

En sistemas intensivos como invernaderos y/o sustratos artificiales, la solución nutritiva debe incluir: calcio, magnesio y micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo). El hierro debe de ser suministrado como quelato porque las sales de hierro, como sulfato de hierro son muy inestables en soluciones y este se precipita muy rápidamente. En caso de aguas duras se debe de tomar en cuenta el calcio y magnesio en el agua de riego (3).

Métodos para preparar Soluciones Nutritivas.

Son 3 los métodos que mas se usan en la preparación de soluciones nutritivas en hidroponia:

1. Método de la Solución Madre
2. Método Normal
3. Método de adición de los fertilizantes mezclados en seco

Método de la Solución Madre.

Se utiliza en trabajos experimentales donde se elaboran distintas concentraciones en las soluciones y/o varios cultivos a la vez. También se utiliza al preparar soluciones madre de microelementos, ya que como estos elementos son requeridos en muy pocas cantidades, su pesado y preparación presenta ciertos problemas prácticos.

No es conveniente hacer soluciones muy concentrados de dos o mas fertilizantes juntos ya que se precipitan reaccionando químicamente pudiendo

afectar el balance de los cationes y aniones en las soluciones y dan lugar a la formación de precipitados insolubles.

Antes de añadir la solución madre al agua en que se va a elaborar la solución final, se debe de calcular la cantidad requerida de cada uno de ellos para lograr la concentración deseada de cada uno de los nutrientes. También hay que asegurar de que al menos el 80% del agua se encuentra en el depósito donde se va a elaborar la solución final, después se van añadiendo las cantidades necesarias de cada una de la soluciones madre agitando regularmente. Con cada adición y antes de añadir la siguiente.

Método normal.

En este método los fertilizantes en seco se van añadiendo uno por uno al agua y en cantidades adecuadas para formar la solución nutritiva, este método es el mas utilizado para hacer la solución de micronutrientes.

Después de haber pesado cada fertilizante se añade uno por uno en agua de depósito, el cual al menos cuenta con el 50% del volumen total que deberá estar presente para elaborar la solución, el resto del agua se añadirá después de haber diluído los fertilizantes.

Método de la adición de los fertilizantes mezclados en Seco.

En este método todos los fertilizantes que intervienen en la solución se revuelven en seco para lograr una mezcla homogénea y posteriormente se disuelven en un volumen total de agua necesario para preparar la solución.

El peligro de disolver la mezcla en poca agua es que al producirse una alta concentración de sales se puede ocasionar la precipitación de los iones

fosfato en los compuestos solubles. Es conveniente preparar varias veces la cantidad necesaria de fertilizantes para hacer soluciones de este tipo.

Para utilizar este método es imprescindible no utilizar sales higroscópicas, ya que al absorber humedad de la atmósfera, además de ganar peso, hacen que la mezcla adquiera una consistencia masosa y pegajosa (Sánchez, 1988).

Formulación de Nutrientes.

La formulación de los nutrientes se da normalmente en partes por millón (ppm) de la concentración de cada uno de los elementos esenciales. Una parte por millón es una parte de cada uno de ellos en un millón de partes de otro; esto puede ser una medida de peso y volumen, ejemplo: 1 $\mu\text{l/l}$ (un microlitro por litro), 1 mg/l (un miligramo por litro) o 1 g/m^3 (un gramo por metro cúbico).

Con frecuencia se ha pedido una “formulación óptima” para diversas cosechas en particular, con frecuencia estas formulaciones no son exactas o perfectas y no pueden serlo, puesto que la formulación óptima depende de varias variables, las cuales no pueden ser controladas.

Para realizar una formulación óptima esta deberá depender de las siguientes variables:

- Estado y desarrollo de la planta
- Especie y variedad de la planta
- Parte de la planta que será cosechada
- Estación del año-duración del día
- Clima-temperatura, intensidad de luz, horas e iluminación del sol.

Por lo general una formulación estándar permite el buen desarrollo de una gran cantidad de especies, cada una busca dentro de las soluciones los elementos que absorbe y son funcionales para su ciclo vital (Resh, 1997).

Medidas de Control.

Las elaboraciones de las soluciones nutritivas (abonado) debe realizarse exactamente ya que un mal manejo de éste podría perjudicar a las plantas e incluso acabar con la cosecha. Por otra parte se deberá todos los días hacer la medición del pH y C.E del agua de drenaje (agua sobrante del riego), ya que con esto se podrá tomar la decisión oportuna del manejo de riego de cada día. Se deben tomar muestras de varios goteros de la parcela y medir el pH y C.E, para comprobar si el sistema de riego está realmente inyectando lo programando.

Las soluciones nutritivas se modifican muy poco a lo largo del cultivo, ya que mientras mas se analiza la solución que emite tanto el drenaje como los goteros mas información se obtendrá para tener eficiencia en la solución que se aporte a nuestro cultivo.

Una vez calibrado el sistema, la información se puede tomar cada tercer día, siempre y cuando se esté todo controlado. Durante el ciclo de cultivo es conveniente analizar el agua de drenaje, la muestra se toma en días representativos, es decir que sean soleados y que corresponden a una determinada etapa fonológicas del cultivo (Castellanos, 2004).

Conductividad Eléctrica

Altas concentraciones de sales solubles producen presiones osmóticas elevadas en disoluciones de fertirrigación o de las soluciones de suelo que está en torno a la rizoosfera de la planta, las cuales a partir de ciertos valores limitan

el rendimientos de los cultivos. Los efectos son diferentes dependiendo de los cultivos y etapas de desarrollo.

El valor de conductividad eléctrica de una solución expresa su capacidad para conducir la corriente eléctrica y depende de la concentración total de los iones, de la naturaleza de estos y de la temperatura. Habitualmente la C.E se expresa en S/cm (conductividad específica) a 25°C; aunque también puede expresarse a través del concepto de salinidad, que se refiere a la concentración (mg/L o g/L).

En el reporte de los análisis de agua, suelo y solución nutritiva, la CE puede venir expresada en mmhos/cm que es equivalente a dS/m.

El pH

El pH está relacionado con la calidad del agua (HCO_3^-) y las características del fertilizante. El control del pH es necesario para evitar que se precipiten los nutrientes en forma de sales insolubles que obturan el sistema de goteo. El monitoreo del pH debe ser medido diariamente como primera actividad de la mañana. Como regla el pH al final del gotero debe ser de 5.5-6.0.

El pH se puede medir utilizando los reactivos indicadores azul de bromotimol (ABT) y ácido alizarin sulfónico (AAS). Para medir el pH se procede como sigue. Se toman dos muestras de la solución de 2 centímetros cúbicos cada uno en dos tubos de ensayo. Se le agrega una gota de cada reactivo a cada tubo y se agita; los colores resultantes se comparan con la carta de colores determinando así el pH.

Si es necesario disminuir el pH directamente se le añade ácido nítrico (HNO_3) o bien utilizando fertilizantes con amonio dentro de los límites permitidos para acidificar la solución (Castellanos, 2004).

Fertirrigacion

La fertirrigación consiste en la aplicación simultánea de agua y fertilizantes por medio del sistema de riego, con ello se pretende situar los nutrientes bajo la acción del sistema radical suministrándolos de forma continua y de acuerdo con lo necesario para las plantas.

El sistema de fertirrigación es hoy en día el método más racional de que disponemos para realizar una fertilización optimizada. A continuación señalaremos sus principales ventajas e inconvenientes:

a. Ventajas de la fertirrigación

- Dosificación racional de los fertilizantes
- Ahorro considerable de agua
- Utilización de aguas incluso de mala calidad
- Nutrición del cultivo optimizada y por lo tanto aumento de rendimientos y calidad de frutos
- Control de la contaminación
- Mayor eficacia y rentabilidad de los fertilizantes
- Adaptación de los fertilizantes a un cultivo, sustrato, agua de riego y condiciones climáticas determinadas, durante todos y cada uno de los días del ciclo

b. Inconvenientes de la fertirrigación

- Coste inicial de la infraestructura. No obstante la duración del cabezal de riego puede amortizarlo totalmente
- Obturación de los goteros

- Necesidad del manejo por personal especializado

c. Proceso de fertirrigación

Resulta esencial la preparación adecuada del sustrato para que la aplicación de fertilizantes en el riego tenga la máxima eficacia. Desde que se fabrica una disolución concentrada, lo que en el argot se conoce con el nombre de *disolución madre*, en un cabezal de riego, hasta que la planta absorbe los nutrientes de la disolución del sustrato, resultado de la interacción entre la disolución que llega a los goteros y dicho sustrato, transcurren una serie de etapas en el proceso de fertirrigación que puedan provocar un gran número de problemas. El sistema de cabezal de riego consta de diferentes módulos, distribuidos según una secuencia lógica de mezcla de fertilizantes y agua de riego. En primer lugar están los tanques de fertilizantes y de las disoluciones concentradas de fertilizantes y las de lavado (frecuentemente ácidas), alternativamente, según el programa establecido de tiempos y las concentraciones optimizadas. El agua de riego, convenientemente filtrada, se mezcla con las disoluciones extraídas por el inyector en la proporción dispuesta, así, se obtiene la disolución fertilizantes que, después de filtrada, llega a los goteros. Esta disolución reacciona con el sustrato y da lugar a la disolución nutritiva definitiva, de la que realmente se alimenta la planta(3).

Instalación del fertirriego.

En invernaderos, donde se utiliza el método de dosificación cualitativo o proporcional, se prepara una solución madre o stock concentrada en el cabezal de riego. Generalmente se utilizan dos disoluciones concentradas de fertilizantes: el tanque "A" con NPK y el tanque "B" con N, K, Ca, SO₄ y micronutrientes. También hay un tercer tanque "C" con una disolución de ácido (generalmente nítrico), cuya función es el ajustar el pH de la solución nutritiva, desobturar los goteros cuando sea necesario y lavar todo el equipo al final de cada aplicación. Cada tanque tiene un inyector para incorporar la solución

concentrada a la red de riego, formándose así la solución de riego final en la tubería principal.

El fertirriego se programa para diluir la solución madre con el agua de riego, y así lograr una solución nutritiva con las concentraciones finales de nutrientes según las recomendaciones. Generalmente las disoluciones se realizan en las proporciones de 1:100 o 1:1000, controlando el pH y CE. Así se obtiene la disolución fertilizante final que luego de filtrada llega a la red de goteros (Imas, 1999).

Monitoreo

El gran éxito de un cultivo deriva del seguimiento sistemático y juicioso del mismo. Es fundamental que diariamente se evalúe el pH y la CE en el agua de entrada y en agua drenada del sustrato y se cuantifiquen dichos volúmenes y se determine el porcentaje de agua drenada. El equipo para calcular el pH y la CE debe estar previamente calibrado.

Diariamente se debe de observar si el sistema de riego está inyectando el líquido programado. Una vez calibrado perfectamente el sistema y se ha tenido la experiencia necesaria, la información se puede tomar cada tercer día, siempre y cuando se tenga la certeza de que el equipo está trabajando adecuadamente.

Durante el ciclo del cultivo es conveniente analizar el agua de drenaje. Las muestras se toman en días representativos, es decir que sean soleados y que correspondan una etapa fonológica del cultivo (Castellanos, 2004).

Enfermedades del Cultivo del Chile

Mancha Bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) .

Los síntomas se desarrollan de 5 a 15 días después de la inoculación, con mas rapidéz en temperaturas superiores a 20° C. En el envés de las hojas aparecen manchas pequeñas, generalmente angulares y húmedas al principio, que luego se hacen circulares e irregulares, con márgenes amarillos, translúcidas, centros pardos posteriormente apergaminados. Las hojas severamente afectadas con manchas pueden amarillear y caer.

Antracnosis del Pimiento (*Colletotrichum spp*) .

Al principio aparecen magulladuras acuosas pequeñas que se extienden con rapidéz. La lesión en su completa magnitud son profundas y de color rojo oscuro a bronce o negro. A medida que la infección avanza, aparecen esporas color salmón dispersas o en anillos concéntricos en las lesiones.

Moho Gris / Moho Blanco (*Botrytis cinerea* / *Sclerotinia sclerotiorum*).

Los síntomas de *B. cinerea* incluyen lesiones en el tallo de la plántula a nivel de suelo o por debajo. Las infecciones se extienden desde flores y frutos hacia tallo; este se vuelve de marrón a blancuzco y desarrolla una llaga. El fruto inmaduro adopta un color ligeramente marrón a blanco. Posteriormente se desarrolla una pelusa fungosa y se puede formar un esclerocio negro en la superficie hospedera o debajo de ella. Consiste en un anillo negro y un interior ligero compuesto por una densa masa de hiladas de hongos. *S. sclerotiorum* produce un moho blanco, inodoro y acuoso al principio; que posteriormente seca la succulencia del tejido afectado.

Seca o Tristeza del Chile (*Phytophthora capsici*).

Es el responsable de varios desórdenes que van desde la marchitez de la hoja, hasta la pudrición del fruto o raíz. La planta sobre la tierra manifiesta una marchitez irreversible sin previo amarillamiento. En las raíces se produce un moho que se manifiesta con un engrosamiento y chancro en la parte del cuello. Es posible confundir los síntomas con la asfixia radicular. Presenta zoosporas que son diseminadas por la lluvia y riego.

Principales Plagas de Chile

Araña Roja (*Tetranychus urticae*).

La araña roja penetra la epidermis y extrae la savia del envés de la hoja. El follaje infestado adopta pronto un aspecto blancuzco o bronceado. Las hojas ligeramente infestadas muestran manchas o erupciones pálidas transparentes; cuando éstas son gravemente infestadas se tornan completamente pálidas y se secan. El envés de las hojas se ve recubierto por tejido sedoso sobre el cual los ácaros se arrastran.

Minador de la Hoja (*Liriomyza sativae*).

El minador de la hoja efectúa en las hojas horadaciones de ondulaciones irregulares. Las galerías tienen forma de una S y pueden estar agrandadas en un extremo. En las hojas más dañadas, se reduce gradualmente la eficiencia fotosintética y las plantas pueden perder la mayor parte de sus hojas. Si esto sucede al comienzo del período de fructificación, la defoliación podría reducir el rendimiento y el tamaño del fruto y exponer éste a las quemaduras del sol.

Mosquita Blanca (*Trialeurodes vaporariorum*).

Las plantas infectadas presentan menor vigor y las hojas están cubiertas por mielecilla. La mosca blanca se alimenta del tejido de las hojas, extrayendo la savia de la planta lo cual entorpece su crecimiento. Las hojas se vuelven amarillentas y se caen las plantas infectadas (Productores de hortalizas, 2004).

Experimentación de trabajos similares

Rendimiento.

Jiménez (2005), al evaluar la producción de tomate en 2 sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada, encontró que el mejor tratamiento fue la perlita + turba con un rendimiento promedio de 5.11 kg/m². Ramírez (2005), al medir el efecto de 3 sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada en la producción de tomate determinado (Cv. Floradade), detecto que los mejores tratamientos fueron, la fibra de coco con un rendimiento promedio de 2157.50 g y la perlita + turba con un rendimiento de 1531.48 g, finalmente Vásquez (2004), al registrar la producción de tomate bola (*Lycopersicum esculentum*, Mil) bajo diferentes sustratos hidropónicos, determinó que el mejor tratamiento fue la perlita + turba obteniendo una media de 3.491kg / m².

Peso fresco.

Ramírez (2005), al evaluar 3 sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada en la producción de tomate determinado (Cv. Floradade), observó que los mejores tratamientos fueron la perlita + turba a solución perdida con promedio de 1.71 kg y la fibra de coco con un promedio de 1.23 kg; Velásquez (2004), al medir la producción de tomate saladette en sistema de cultivo con y sin suelo, encontró que el mejor tratamiento fue el suelo obteniendo un promedio de 710 g, mientras que Jiménez (2005), determinó que la producción de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mil) en dos sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada, fue mejor la perlita + turba a solución perdida con un promedio de 1.65 Kg.

Peso seco.

Jiménez (2005), al evaluar la producción de tomate (*Lycopersicum esculentum, Mil*) en dos sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada, observó que la perlita + turba a solución perdida obtuvo los mejores valores con una media de 94.84 g; Ramírez (2005), al probar 3 sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada en la producción de tomate determinado (Cv. Floradade), encontró como mejores tratamientos la perlita + turba a solución perdida con un promedio de 245.38 g y la fibra de coco que obtuvo un promedio de 177.76 g, finalmente Velásquez 2004, al registrar la producción de tomate saladette (*Lycopersicum esculentum, Mil*) en sistema de cultivo con y sin suelo, observó que el mejor tratamiento fue suelo con promedio de 216 g.

Diámetro del fruto.

Vásquez (2004), al evaluar la producción de tomate bola (*Lycopersicum esculentum, Mil*) bajo diferentes sustratos hidropónicos, observó que el mejor tratamiento fue la perlita + turba con promedio de 4.9 cm; Velásquez (2004) encontró que la producción de tomate saladette (*Lycopersicum esculentum, Mil*) en sistema de cultivo con y sin suelo, fue mejor en suelo con media de 4.87 cm; Ramírez (2005), probó 3 sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada en la producción de tomate determinado (Cv. Floradade) y obtuvo que los mejores tratamientos fueron la perlita + turba a solución perdida con un promedio de 5.48 cm y la fibra de coco con un promedio de 5.79 cm.

Longitud de fruto.

Vásquez (2004), al medir la producción de tomate bola (*Lycopersicum esculentum, Mil*) bajo diferentes sustratos hidropónicos, observó que el mejor tratamiento fue la perlita + turba con un promedio de 5.6 cm; Ramírez (2005), evaluó 3 sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada en la producción de tomate determinado (Cv. Floradade), y obtuvo que los mejores tratamientos fueron la perlita + turba a solución perdida con promedio de 7.22 cm y la fibra de coco con promedio de 6.89 cm. Finalmente Velásquez (2004), al regular la producción de tomate saladette (*Lycopersicum esculentum, Mil*) en sistema de cultivo con y sin suelo, encontró que el mejor tratamiento fue suelo con media de 6.78 cm.

MATERIALES Y METODOS

Localización del terreno

Esta investigación se llevó a cabo en el invernadero del campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, que se localiza en la Ex Hacienda el “Canadá” en Escobedo N.L.

Aspectos generales del invernadero

El invernadero es de tipo coreano, las estructuras, cubiertas y equipos son desarmables, con 3 túneles que ocupan una superficie de 1000 m², sistema de ventilación natural con ventanillas laterales manuales que son operadas por medio de cables y malacates, con una malla antiafidos 40 * 30 en las cortinas, cuenta con un canal estructural que puede ser ensamblado fácilmente en el campo, las cortinas van enrollándose en los cenitales para favorecer un mejor cierre para el uso de la calefacción, la cubierta es de película plástica co-extruída con tres capas. Alta resistencia a la tensión, al rasgado y al impacto, teniendo con esto una vida útil de 4-5 años, la estructura es de tubería de acero galvanizado, utilizando tubería de 48.1 mm de diámetro en columnas y de 25.4 mm de diámetro en arcos. Su estructura esta diseñada para resistir vientos de 30 m/seg. Cuenta con un sistema de fertirrigación programable que permite aplicar hasta dos componentes de nutrientes, los cuales pueden ser dosificados en función de las necesidades de los cultivos, además mediante controles de tiempo, pueden ser a su vez programados los riegos en la frecuencia y tiempo necesarios (figura 1).



Figura 1. Estructura física del invernadero de la Facultad de Agronomía de la UANL

Material vegetativo

Se emplearon los genotipos de chile jalapeño Rey, Conchos y Jefe, que tienen las siguientes características: el Cv. Rey es de amplia adaptación, de madurez intermedia a precoz, alto rendimiento, adecuado para mercado fresco y de proceso, produce una carga pesada de frutos, picosos, grandes, de pared gruesa y planta compacta. El Cv. Jefe es muy recomendado para zonas semi-desérticas ya que desarrollan una planta muy vigorosa y de larga duración de corte. Posee frutos de tamaño ideal para la industria, de color verde intenso muy atractivo y prácticamente libre de antocianinas. El Cv. Conchos es un híbrido con pungencia relativamente alta, pared gruesa y color verde oscuro, de tamaño aproximado 4 x 9 cm. Rendimiento prolífico y excelente para mercado fresco o de procesado.



Figura 2. Frutos de C.v. Jefe a la izquierda y C.v Rey a la derecha

Sustratos

Se utilizaron los siguientes sustratos:

- Peat moss
- Perlita
- Fibra de coco

Descripción de tratamientos.

Para evaluar el potencial productivo del chile se manejaron dos sistemas de producción, cultivo en suelo y cultivo sin suelo donde se utilizaron dos sustratos (1 mezcla de perlita + peat moss y fibra de coco), dando un total de seis tratamientos que se describen a continuación:

Cuadro 1. Descripción de tratamientos.

TRATAMIENTO	CULTIVAR	SUSTRATOS
T1	REY	SUELO
T2	CONCHOS	SUELO
T3	JEFE	SUELO
T4	REY	FIBRA DE COCO
T5	CONCHO	PERLITA + PEAT MOSS (TURBA)
T6	JEFE	PERLITA + PEAT MOSS (TURBA)

Preparación de las camas de siembra para el establecimiento del cultivo en suelo

Esta actividad consistió en la construcción de las camas de siembra a una distancia de 45 m de largo por 1 m de ancho. Realizando las diferentes prácticas barbecho con cinceles mecánicos (rotovator), para facilitar el manejo del suelo al momento de la siembra.

Características físicas del suelo

- Color gris claro y café
- Bajo contenido de materia orgánica (1.18%)

Algunas características físico-químicas del suelo laboratorio de Fertilidad de Suelos. Facultad de Agronomía de la UANL.

Cuadro 2. Características físico- químicas del suelo.

Suelo	pH	C.E	Textura	% Poros
Valor	8.0	2.35	Arcilla	48.28

Iones presente en suelo.

ION	Cantidad
Nitratos	0.06 %
Fosfato	236.99 ppm
Potasio	0.82 meq / 100g
Magnesio	3.63 ppm
Fierro	11.59 ppm
Cobre	3.94 ppm

Análisis del agua de riego del laboratorio de Fertilidad de Suelos. Facultad de Agronomía de la UANL.

Cuadro 3. Análisis de laboratorio del agua de riego.

Análisis	C.E	pH	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	K (meq/l)	HCO ₃ (meq/l)	Cl (meq/l)	So ₄ (meq/l)
Agua	2.46	7.1	12.5	7.5	4.6	0	7.6	8.2	8.8

Siembra

La siembra fue de modo tradicional ya que se realizó colocando plantas a cada 30 cm en zig-zag (tresbolillo) teniendo un total de 310 plantas, 110 plantas de Cv. Rey, 100 plantas de Cv. Jefe y 100 plantas de Cv. Conchos; esta actividad se realizó el día 3 de Febrero del 2005.



Figura 3. Tutoreo del transplante de chile jalapeño en suelo.

Sistema de riego en el cultivo en suelo

El sistema de riego que se empleó para este cultivo fue el de riego por goteo conectado a la red alimentadora del invernadero. La capacidad del gotero fue de 2 litros por hora, los riegos se aplicaron 5 veces a la semana con un tiempo de riego de 45 min, durante todo el ciclo del cultivo.

Fertilización en el cultivo en suelo

Las aplicaciones de fertilizantes se realizaron semanalmente de acuerdo a las recomendaciones de la casa comercializadora y se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Fertilización en el cultivo en suelo

Fertilizante	Ingrediente activo	Dosis	Estado del Cultivo	Aplicación total
Ultrasol	18-18-18	250 gr	Crecimiento	500 gr
Monofosfato K	0-52-34	1 kg	Crecimiento	2 kg
F- 18 Supra	N-P-K	225 ml	Crecimiento	205 ml
Triple 19	19-19-19	2 kg	Crecimiento	6 kg
Grinamin	N-P-K- Micro	18.75 ml	Floración	37.5 ml
Broforte	Complejo	15 ml	Floración	15 ml
Multy K	13-2-44	2.5 kg	Floración	20 kg
Polyfeed	19-19-19	2 kg	Floración	18 kg
Pakcard	Ac. Carbónico-Ca-B	590 ml	Amarre	932.5 ml
Ac. Fosforito	H ₃ PO ₄	400 ml	Fructificación	3790 ml
Ac. Nítrico	HNO ₃	180 ml	Floración	1850 ml

Colocación de los chupatubos (Sondas de succión)

La instalación de los chupatubos se llevó a cabo en suelo húmedo a una profundidad de 30 cm, en la parte central de la cama de siembra para poder realizar la extracción de la solución de suelo y con una jeringa realizar el análisis detallado del consumo de los nutrimentos por parte de la planta.

Los chupatubos poseen una cápsula de cerámica permeable al paso del agua y de los iones.



Figura 4. Colocación de los chupatubos y extracción de solución de suelo en cultivo de chile jalapeño

Fabricación de los sacos para el establecimiento del cultivo sin suelo

Se fabricaron 30 sacos de 1m de largo, con un volumen de 20 litros con plástico de color negro en el interior y cubiertos de un plástico blanco en el exterior, que fueron llenados con una mezcla de $\frac{3}{4}$ de perlita + $\frac{1}{4}$ de peat moss. Además se agregaron 6 sacos de 1.40m de largo con 30 litros de fibra de coco que fueron colocados en la línea hidropónica.



Figura 5. Vista de sacos de cultivo conteniendo fibra de coco y planta de tomate

Nivelación del área donde serán colocados los sacos de cultivo

Se llevó a cabo la nivelación del terreno de 45 m de largo y 0.5 m de ancho con una pendiente del 1% de sur a norte, con la finalidad de facilitar el drenaje del líquido, donde se colocaron 36 sacos en total para la línea hidropónica.

Una vez nivelado el terreno se cubrió con un plástico transparente para evitar la propagación de patógenos presentes en el suelo, además de evitar la acumulación de solución drenada que pudiera causar contaminación.

Acomodo del sistema hidropónico

- Entre sacos de 20 cm.
- Tres goteros por saco
- Seis perforaciones por saco
- Una planta por perforación.



Figura 6. Acomodo de los sacos de cultivo en el área de trabajo dentro del invernadero.

Saturación de los sacos colocados en el área de trabajo

La saturación de los sacos se realizó con mucha precaución con ayuda del sistema de goteo colocado en la línea hidropónica, la cual esta conectada a una bomba eléctrica de $\frac{1}{2}$ hp.

- Se aplicó solución nutritiva con pH y C.E adecuados para el cultivo.
- Se saturó a impulso no de golpe, lógicamente dependiendo de la granulometría de los sustratos, ya que de esta depende la curva de retención.
- Se reposo por 24 hrs, para homogenizar la concentración nutricional y lograr el humedecimiento adecuado del sustrato.

Siembra del cultivo sin suelo

La siembra en el sistema de cultivo sin suelo se realizó el día 5 de Febrero del 2005, consistió en colocar 6 plantas por saco dando un total de 216 plantas, de las cuales 90 fueron del Cv. Jefe y 90 de Cv. Conchos; las plántulas se

establecieron sobre una mezcla de sustratos ($\frac{3}{4}$ perlita + $\frac{1}{4}$ peat moss), mientras que 36 de Cv. Rey se colocaron en fibra de coco.



Figura 7. Transplante de chile jalapeño en el cultivo sin suelo

Preparación de la solución para el cultivo sin suelo

Estos son los datos que se obtuvieron de una consulta en Internet según la fuente de Horticultural Engineering, para poder determinar y preparar la solución ideal para el cultivo de chile sin suelo.

Cuadro 5. Calculo de Nutrientes

Análisis	NO ₃ (meq/l)	H ₂ PO ₄ (meq/l)	SO ₄ (meq/l)	NH ₄ (meq/l)	K (meq/l)	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	HCO ₃ (meq/l)
Agua	-	-	8.8	-	-	12.5	7.5	7.6
Solución Ideal	11	1.5	4	0.5	5	10	4	-
Aporte	11	1.5	X	0.5	5	X	x	7

Cuadro 6. Solución nutritiva ideal para chile.

Meq / litro	NO ₃	H ₂ PO ₄	Total
NH ₄		0.5	0.5
K	5.0		5.0
H	6.0	1.0	7.0
Total	11.0	1.5	12.5

Cuadro 7. Cálculo para macroelementos.

Fertilizantes	Meq / litro	Pe	Factor g / L	P / 2500L
HNO ₃	6.0	63	$0.06 \times 6 = 0.36$	900 ml
H ₃ PO ₄	1.0	98	$0.07 \times 1.0 = 0.07$	175 ml
KNO ₃	5.0	101	$0.1 \times 5 = 0.5$	1250 g
NH ₄ H ₂ PO ₄	0.5	115	$0.12 \times 0.5 = 0.06$	150 g

Cuadro 8. Cálculo para microelementos.

Fertilizante	Cálculos	Para 2500 L de agua
EDDHAFE	$3 \times 20 = 60 \text{ mg} / 1000 = 0.06\text{g}$	150 g
Mn SO ₄	$1.5 \times 2.72 = 4.08 / 1000 = 0.00408\text{g}$	10.1 g
Zn SO ₄	$0.4 \times 4.39 = 1.6 \text{ mg} / 1000 = 0.0016\text{g}$	4.06 g
Cu SO ₄	$0.2 \times 3.93 = 0.78 \text{ mg} / 1000 = 0.00078\text{g}$	2 g
H ₃ BO ₄	$0.4 \times 5.72 = 2.28 \text{ mg} / 1000 = 0.00228\text{g}$	5.75 g
NH ₄ MOO ₄	$0.05 \times 18.44 = .92 \text{ mg} / 1000 = 0.00092\text{g}$	2.3 g

Las cantidades señaladas de cada nutrimento se vaciaron en un depósito de 2500 L de agua, se tomaron su pH y C.E y se ajustaron para enviarla a los sacos de cultivo.

Costo de solución nutritiva

Se determinaron los costos de nutrición por metro cuadrado mediante un sondeo de precio de fertilizantes en las diferentes casas comercializadoras de la región (Cuadro 9).

Cuadro 8. Precios M/N de fertilizantes.

Nutrimento	Precio en pesos / Kg.
KNO_3	6.00
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	94.00
EDDHAFe	168.00
MnSO_4	5.00
ZnSO_4	8.30
CuSO_4	16.00
H_3BO_4	10.00
$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_2\text{O}_{24}4\text{H}_2\text{O}$	12.00

Nutrimento	Precio en pesos / litro
HNO_3	126.50
H_3PO_4	126.50

Nota: Paridad Peso / Dólar = a \$ 11.60

Colocación del gotero a la botella y bandeja de drenaje en los sacos de cultivo sin suelo

La colocación de los goteros a la botella se realizó con la finalidad de conocer la cantidad de solución nutritiva en sacos durante cada evento, además, de monitorear el pH y C.E de la solución.

La bandeja de drenaje es un recipiente de plástico que se utilizó para colectar la solución drenada. Con el volumen drenado en cada evento se determinó el porcentaje de drenaje, la conductividad eléctrica y el pH de la solución drenada. Para conocer el comportamiento en la zona radical de la planta



Figura 8. Colocación de la bandeja de drenaje en los sacos de cultivo sin suelo.

Características del equipo de bombeo del sistema de cultivo sin suelo

Se utilizó una bomba de $\frac{1}{2}$ HP, la que se conectó a un sistema de riego por goteo, para fertirrigar mediante un espagueti y piqueta de 100 ml / 2 min, a una presión de 10 PSI para satisfacer las demandas hídricas y el transporte de los nutrimentos al saco donde se encuentra el sistema radical de la planta, desde el transplante hasta la fructificación.

El sistema de riego estuvo controlado por un taimer de 8 tiempos que fueron programados durante el día por periodos de riego que variaron dependiendo de las condiciones climáticas dentro del invernadero y a la sintomatología del cultivo del chile; a continuación se muestran los datos sobre el programa de riego en el manejo del sistema de cultivo sin suelo (cuadro 10).

Cuadro 10. Programa de riego

ACTIVACION	DESACTIVACION
8:30	8:40
10:00	10:10
11:30	11:40
13:00	13:10
14:30	14:40
16:00	16:10
17:30	17:40
19:00	19:10

En donde el volumen del gasto por gotero fue de 250 ml por evento de riego, dando un total de 1.5 L por saco y 22.5 L por evento en toda la línea de riego. Se persiguieron lecturas de 25 – 30 % de volumen de drenado en la bandeja.

Características del taimer y del equipo de bombeo

Bomba

- Capacidad ½ hp
- Sistema eléctrico

Timer

Digital programable

Taimer digital programable mod. LR - 912

Marca LLOYD'S

Especificaciones:

- Voltaje 120 – 60 Hz
- Potencial máxima 10 A, 100 W
- Tiempo mínimo de programación 1 minuto
- Temperatura de operación -10° a 40° C
- Precisión +- 1.1 min / mes

- Batería de respaldo NIMH 1,2V >100 horas

Caracterización físico-química de los sustratos

La caracterización se hizo con la finalidad de conocer las propiedades con las que contaba cada uno de los sustratos.

1.- Porcentaje de Humedad y Materia Seca – consistió en pesar 25 gramos de cada muestra y calentarlos a 105°C en una estufa de conveccion forzada, hasta que esta llegara a peso constante para después registrarlo. La formula utilizada fue la siguiente:

$$\text{Humedad (\%)} = 100 \frac{(T+M) - (T+MS)}{(T+M)-T}$$

$$\text{Materia seca (\%)} = 100 \frac{(T+MS)-T}{(T+M)-T}$$

En donde:

T = Peso de la tara del recipiente seco y vacío

M = Peso de la muestra

MS = Peso de la muestra seca

2.- Determinación de materia orgánica y cenizas – Se empleó la muestra utilizada en la determinación de % de humedad y materia seca, la cual se colocó en cápsulas de porcelana previamente incineradas y se introdujeron a un horno mufla a 500° C durante 4 horas, posteriormente se dejó enfriar, se pesó y finalmente se llevaron a cabo los siguientes los cálculos

$$\text{Materia Organica (\%)} = 100 \frac{(T+MS) - (T+C)}{(T+MS) - T}$$

$$\text{Cenizas (\%)} = 100 \frac{(T+C) - T}{(T+MS) - T}$$

En donde:

T = Peso de las cápsulas de porcelana

MS = Peso de la muestra seca

C = Peso de las cenizas

3.- Determinación de la granulometría – Se tomaron 100 g de muestra de material secado al aire o a estufa, se colocaron en el dispositivo de tamizado que contaba con tamices desde 2 mm hasta 0.1 mm, se dejó por 10 min. en agitación constante para que después de ese tiempo se pesara el contenido de cada tamiz y que la suma de todas las fracciones no fuera inferior al 2% del peso de la muestra inicial. Los resultados se expresan en porcentajes.

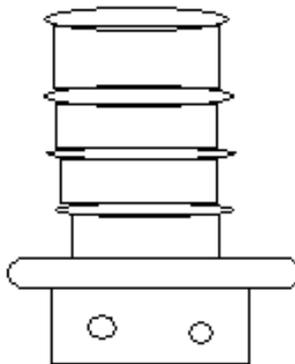


Figura. 9 Máquina cribadora

4.- Determinación de Densidad Real – Se pesó un matraz aforado de 100 ml limpio y seco se le añadieron 25 g de muestra, se le añadió agua destilada

previamente hervida hasta aproximadamente hasta la mitad del volumen del matraz dejándolo reposar por 24 horas, después se puso a hervir para expulsar el aire durante unos minutos sin que se formara espuma, se enfrió en baño termostático a 20° C y se enrasó con agua destilada hervida para posteriormente ser secado y pesado. Se vació y se limpió el matraz llenándose con agua destilada previamente hervida y pesándose de nuevo. El valor de la densidad real de los sustratos se obtuvo aplicando la siguiente formula:

$$Dr = \frac{Da (Ps - Pm)}{(Ps - Pm) - (Psa - Pa)}$$

En donde:

Dr = Densidad real

Da = Densidad del agua

Ps = Peso del matraz con el sustrato

Pm = Peso del matraz limpio y seco

Psa = Peso del sustrato con el agua

Pa = Peso del agua

5.- Determinación de Densidad Aparente – Se utilizó un cilindro calibrado con un litro de capacidad, un collar de extensión y un embudo, se pesó el cilindro en una balanza y se le instaló el collar de extensión y el embudo. Se llenó el equipo hasta la parte superior del collar para después aplicar un peso en la parte superior de 650 g durante 3 minutos. Después de ese tiempo se quito el peso y se retiro el collar; con ayuda de una espátula se eliminó el sustrato en exceso hasta nivelar con el borde superior del cilindro realizando de nuevo su pesado. La densidad aparente se calculó a través de la expresión:

$$D_a = \frac{M_1 - M_0}{V}$$

En donde:

Da = Densidad aparente

M1 = Peso del cilindro lleno

M2 = Peso del cilindro vacío

V = Volumen del cilindro en litros

6.- Determinación de Porosidad de aire – Se utilizó el mismo cilindro y botes de plástico con sus respectivos collares, los cuales contaban con orificios en la parte inferior, se llenaron hasta la parte superior del collar, con ayuda de un embudo se golpeó suavemente sobre la mesa para facilitar su asentamiento, adaptándole a la parte superior una tapa de malla, se introdujeron en un cubo vacío que posteriormente fue llenándose con agua hasta alinear con la superficie superior de la muestra. Se dejó que se saturara totalmente el sustrato durante una noche, posteriormente se dejó drenar por 5 minutos y se repitió la misma operación de saturación por menos tiempo; al final del tercer drenado se quitó la tapa y el collar de extensión con la ayuda de un cuchillo se eliminó con cuidado el sustrato húmedo que sobresalía del cilindro hasta nivelarlo con la parte superior. Se colocó de nuevo su tapa de malla y se introdujo al cubo, nivelando el nivel de agua a la parte superior del cilindro; se dejó por una hora de ahí se sacó cerrando los orificios para evitar pérdida de agua del sustrato, luego se puso a drenar durante 30 minutos y la cantidad drenada fue medida con una probeta para sacar el volumen total, la porosidad del aire se calculó con la siguiente expresión:

$$Pa (\%) = 100 \frac{V1}{V2}$$

En donde:

Pa = Porosidad del aire

V1 = Volumen del liquido recolectado en la probeta

V2 = Volumen del cilindro de ensayo

Características del instrumental utilizado en el experimento

Potenciómetro

A través de el se pudo balancear y llegar a un equilibrio en el pH de la solución, esto ayudado de la toma de datos tanto del drenaje como del gotero que nos indicaba los rangos en los que se encontraba en ese momento la solución. El pH en la solución nutritiva fue de 5.5 y se reguló con ácidos nítricos y fosfóricos.

Características

- Marca HANNA
- Modelo Combo, waterprof, HI98130
- Aparato de bolsillo
- Posee electrodos
- Digital

Conductivímetro

Se utilizó para registrar la conductividad eléctrica de la solución y drenaje, dando los cálculos en mmhos / cm (d Siemens m⁻¹). La solución nutritiva se ajustó a 3.7 d Siemens m⁻¹ durante todo el ciclo del cultivo.

Características

- Marca HANNA
- Modelo Combo, waterprof, HI98130
- Aparato de bolsillo
- Posee electrodos
- Digital

Vernier (PRETUL)

Características

- Marca Scala
- Aparato utilizado para medir longitud y diámetro de los frutos
- De 12 cm de longitud

La medición de la longitud y diámetro se realizó para determinar el tamaño del fruto al momento del corte.

Balanza digital granataria (OHAUS)

- Capacidad de 610 g.

Se utilizó para determinar el peso de los frutos al momento del corte.

Variables Evaluadas

1. Rendimiento
2. Longitud de los chiles
3. Diámetro de los chiles
4. Peso fresco de la planta
5. Peso seco de la planta

Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 6 tratamientos y 10 repeticiones, análisis de varianza (ANVA) y comparación de medias (DMS) se elaboró con el paquete estadístico de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSION.

RENDIMIENTO

El análisis de varianza para rendimiento de la planta de chile mostró alta significancia para tratamientos (cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis de varianza de la variable rendimiento de la planta de chile.

FV	GL	SC	CM	F		F	T
					P>F	0.01	0.05
Tratamientos	5	3756680.00	751336.00	8.3358**	0.000	3.51	2.45
Bloques	9	413896.00	45988.44	0.5102	0.860	2.89	2.12
Error	45	4056024.00	90133.86				
Total	59	8226600.00					

C.V. = 35.90%

Donde: (**) Altamente significativo, (*) Significativo, (NS) No significativo

Cuadro 12. Comparación de medias (DMS) para el rendimiento de la planta de chile.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
4	1221.78 A
3	1096.00 AB
2	774.00 BC
1	758.00 BC
6	689.27 C
5	478.53 C

Nivel de significancia de 0.01

DMS = 361.9192

El análisis de varianza mostró significancia para tratamientos y al realizar la prueba de medias para rendimiento, figura 9 se observa que el mejor

tratamiento fue el T4 sustrato de fibra de coco con media de 1221.78 g, este superó a todos los demás tratamientos evaluados con diferencia mínima significativa de 361.91 g. El tratamiento que presentó mas bajo rendimiento fue el T5 (Peat moss + Perlita) con promedio de 478.53 g.

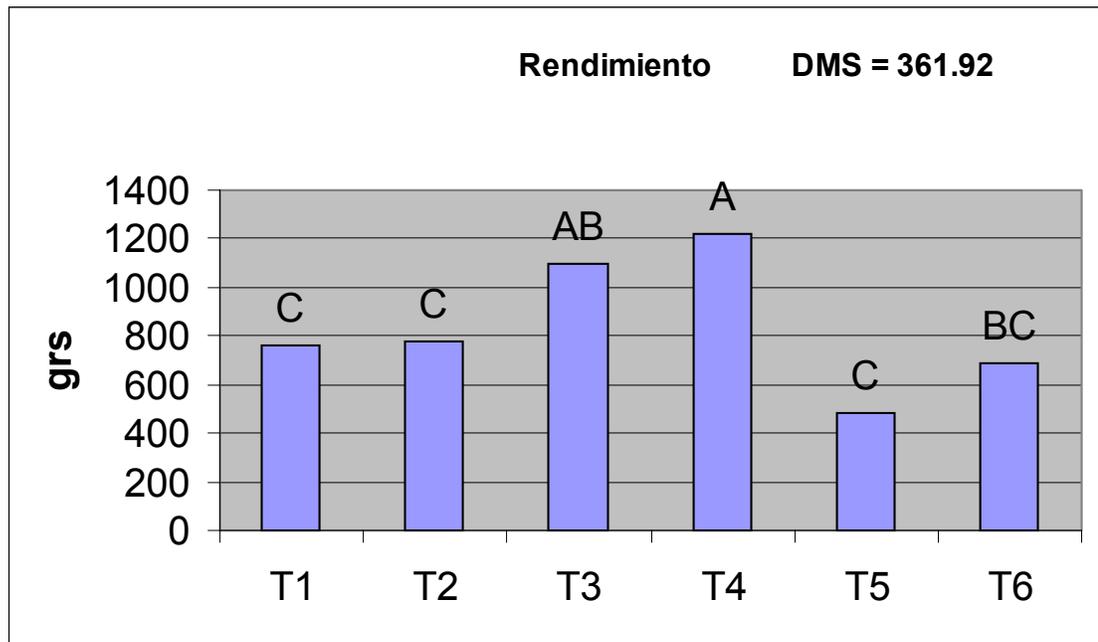


Figura 10. Rendimiento total por planta de chile jalapeño.

Los resultados obtenidos coinciden con Ramírez (2005), quien reporta que al utilizar fibra de coco obtuvo los mejores rendimientos, debido a que este tiene mejor capacidad de retención de humedad y de aireación en la parte radicular, la cual favorece a la planta de tomate en su crecimiento, por lo tanto esta investigación también concuerda con lo que menciona Vavrina (2005) quien reporta que al utilizar fibra de coco obtuvo mayor numero de frutos lo que le proporcionó mejores rendimientos, alcanzando valores de 5.47 kg por planta de chile, debido a que este sustrato tiene mejor capacidad de amarre de fruto por los altos contenidos de agua que este puede retener en su interior y además coincide también con Cantliffe et al. (2005) quien reporta que la fibra de coco es uno de los sustratos mas utilizados por su porosidad satisfactoria de aireación y capacidad de retención de humedad, lo cual nos proporciona mejor

valores en la producción, alcanzando valores de 5.10 Kg por planta de chile, pero esto difiere de Jiménez (2005) y de Vásquez (2004) quienes reportan que la mezcla de Peat moss + Perlita da el mejor rendimiento para las plantas de tomate.

LONGITUD DE CHILE

El análisis de varianza para longitud de los frutos de la planta de chile mostró significancia para tratamientos (cuadro 13).

Cuadro 13. Cuadro de análisis de varianza de longitud de chile durante el ciclo.

FV	GL	SC	CM	F		F	T
					P>F	0.01	0.05
Tratamientos	5	7.0825	1.4165	5.8631*	0.000	3.51	2.45
Bloques	9	1.2419	0.1379	0.5712	0.814	2.89	2.12
Error	45	10.8719	0.2415				
Total	59	19.1962					

C.V = 7.58 %

Donde: (**) Altamente significativo, (*) Significativo, (NS) No significativo

Cuadro 14. Comparación de medias (DMS) para la longitud de los frutos de la planta de chile.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
2	7.1600 A
4	6.5540 B
5	6.5350 B
3	6.3580 B
1	5.2550 B
6	6.0650 B

Nivel de significancia de 0.01

DMS = 0.5925

La prueba de medias para longitud de chile se muestra en la figura 12 y muestra claramente que el mejor tratamiento fue el 2 , sistema de cultivo en suelo con media de 7.16 cm, con diferencia mínima significativa de 0.5925 cm en comparación con los demás tratamientos. La longitud de los demás tratamientos se comportaron similares ya que no hubo mucha diferencia entre ellos.

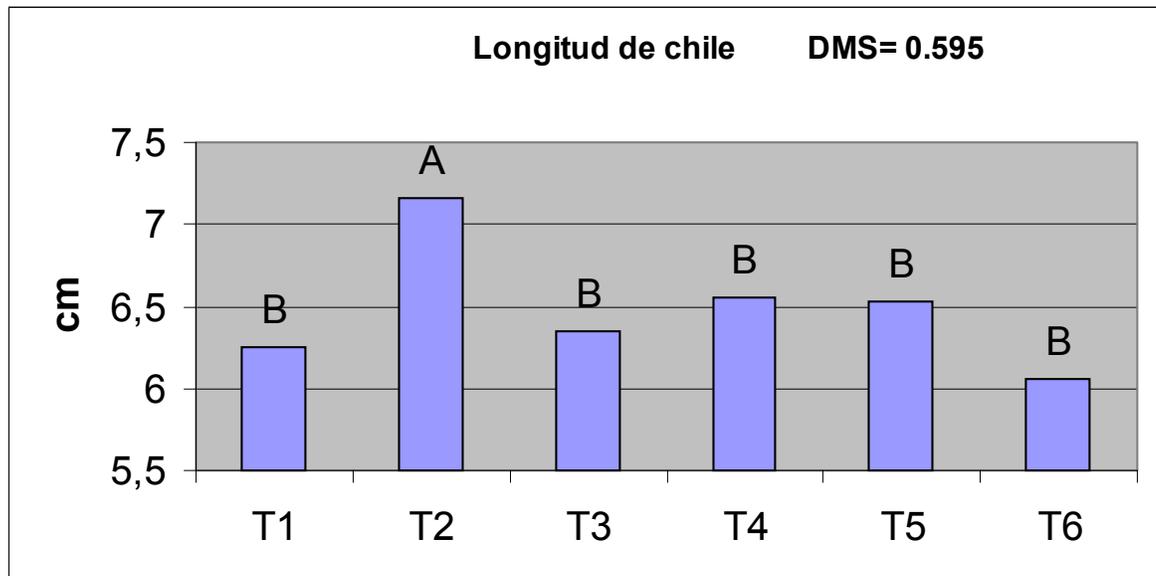


Figura 11. Longitud de los frutos de chile jalapeño por planta

Los resultados anteriores coinciden con Velásquez (2004) quien menciona que el sistema de cultivo en suelo nos da mejores longitudes de cosecha con mejor calidad en plantas de tomate y con Azofeifa (2004) quien reporta que el sistema de cultivo suelo proporciona los mejores tamaños de frutos de chile, debido a que en este sistema se tiene la mejor capacidad de retención de carbono por parte de las plantas y aumento a medida que sus órganos se desarrollan, pero difiere de Vavrina (2005) y Cantliffe et al (2005) quienes reportan que al utilizar fibra de coco se incrementa la calidad y rendimiento de las plantas de chile, así como también difiere de Vásquez (2004) y Ramírez (2005) quienes mencionan que las mezclas de peat moss + turba que fueron utilizados en su experimento, registraron los mejores niveles de longitud en cuanto a fruto, obteniendo un coeficiente de variación muy alto para

el sistema de cultivo sin suelo en la producción de tomate, por último esto difiere también de la investigación realizada por Gruda (2004) quien reporta que la utilización de sustratos hidropónicos es la alternativa para alcanzar los más altos niveles de producción, ya que se pueden controlar los requerimientos que la planta necesita con lo cual obtuvo una diferencia de producción del 70 % en comparación con la producción tradicional.

DIAMETRO DE CHILE

El análisis de varianza para diámetro de fruto, reportó significancia para tratamientos, esto indica que los tratamientos provocaron respuestas diferentes del chile en estudio.

Cuadro 15. Análisis de varianza de diámetro de chile durante el ciclo.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	F	T
						0.01	0.05
Tratamientos	5	0.942047	0.188409	5.8627*	0.000	3.51	2.45
Bloques	9	0.486420	0.054047	1.6918	0.121	2.89	2.12
Error	45	1.446167	0.032137				
Total	59	2.874634					

C.V = 6.40 %

Donde: (**) Altamente significativo, (*) Significativo, (NS) No significativo

Cuadro 16. Comparación de medias (DMS) para la diámetro de frutos de la planta de chile.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
5	2.9730 A
4	2.9660 A
6	2.7680 AB
1	2.7290 B
2	2.7080 B
3	2.6510 B

Nivel de significancia de 0.01

DMS = 0.2161

La prueba de medias para diámetro de los frutos de las plantas cultivadas se presenta en la figura 12, donde los mejores tratamientos fueron el T4 (Fibra de coco) y el T5 (Peat moss + Perlita) obteniendo una media de 2.97 mm y presentaron una diferencia mínima significativa de 0.2161 mm con respecto a los demás tratamientos, el tratamiento que provocó el valor mas bajo fue el T3 (suelo) que presentó una media de 2.65 mm.

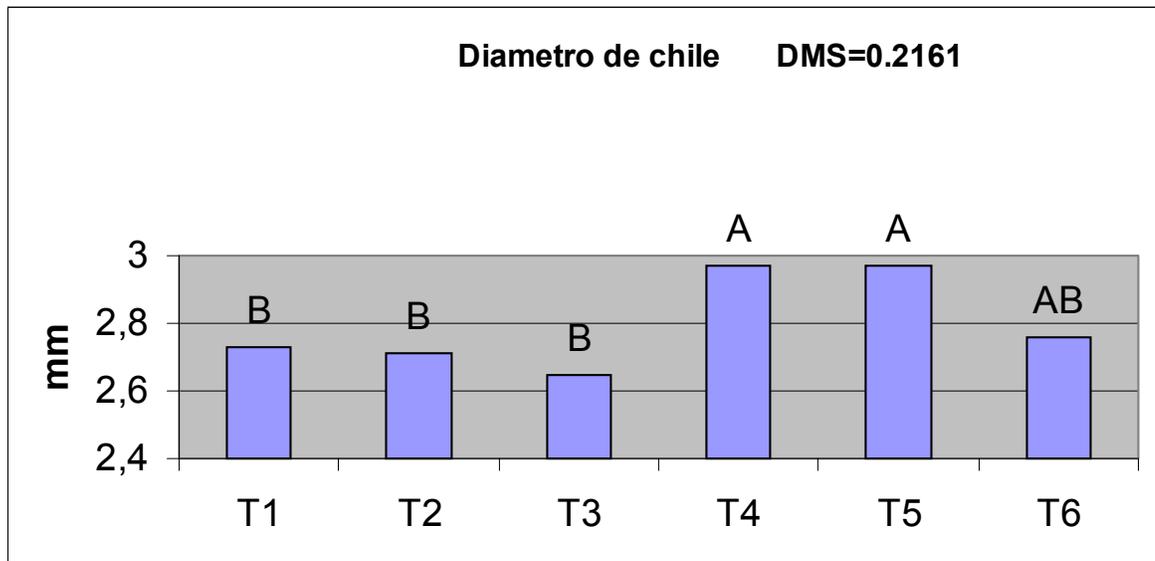


Figura 12. Diámetro de los frutos de las plantas de chile jalapeño.

Los resultados anteriores coinciden con Ramírez (2005) y Vásquez (2004) quienes reportaron que los mejores sustratos para diámetro de frutos son la fibra de coco y la mezcla de peat moss + perlita encontrando valores altos en sus mediciones, así también coinciden con Vavrina (2005) quien reporta que al utilizar fibra de coco aumentó su calidad de fruto de chile en un 50% y con Hidalgo (2001) quien menciona que la mezcla peat moss + perlita aumentan la calidad y rendimiento de planta en crisantemo, por ultimo coincide también con Cantliffe et dalt (2005) quien reporta que al utilizar fibra de coco y mezcla de peat moss + perlita se alcanzan valores de diámetro de 2.8 – 3 mm en la calidad de frutos de chile en este sistema de producción, mientras que Velásquez (2004) encontró que los cultivos en suelo dan los mejores valores sobre el diámetro de los frutos de las plantas cultivadas.

PESO FRESCO

El análisis de varianza para el peso fresco de la planta de chile se mostró altamente significativo para tratamientos (cuadro 16)

Cuadro 17. Cuadro de análisis de varianza de peso fresco de la planta de chile.

FV	GL	SC	CM	F		F	T
					P>F	0.01	0.05
Tratamientos	5	2405968	481193.5937	13.9953**	0.000	3.51	2.45
Bloques	9	102635	11403.8886	0.3317	0.959	2.89	2.12
Error	45	1547215	34382.5546				
Total	59	4055818					

C.V = 37.25 %

Donde: (**) Altamente significativo, (*) Significativo, (NS) No significativo

Cuadro 18. Comparación de medias (DMS) para la peso fresco de la planta de chile.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
2	750 A
3	714 AB
1	539 AB
4	494 B
6	264 C
5	226 C

Nivel de significancia de 0.01

DMS = 223.5304

La prueba de medias para peso fresco de la planta de chile se presenta en la figura 13, donde el mejor tratamiento fue el T2 sistema de cultivo en suelo con una media de 750 g, con diferencia mínima significativa de 223.53 g en comparación con los demás tratamientos; el tratamiento que provocó el valor mas bajo fue el T5 (Peat moss + Perlita) que presentó una media de 226 g.

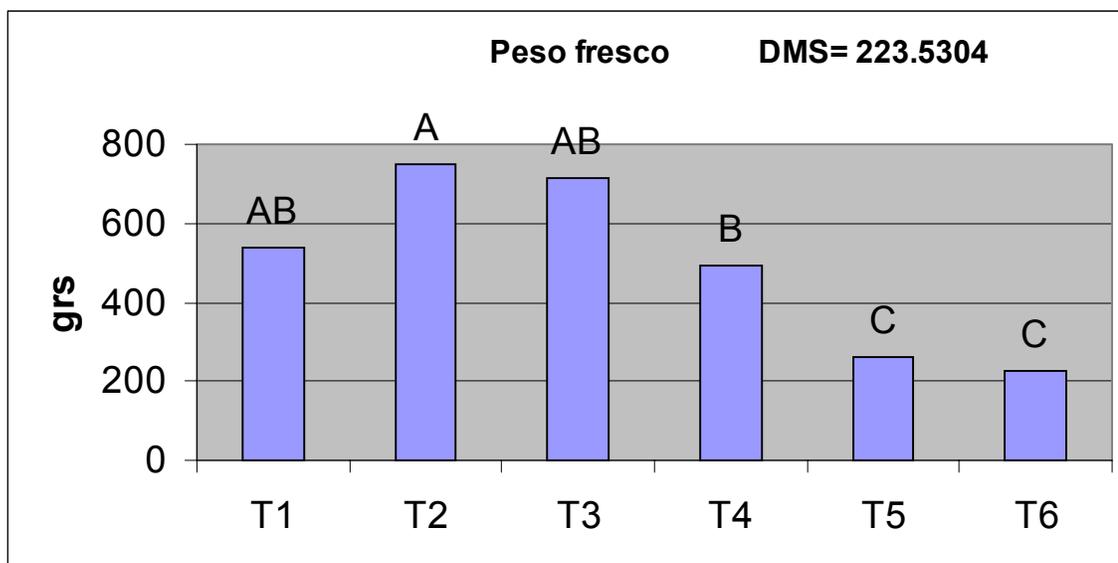


Figura 13. Peso fresco de la planta de chile jalapeño al final del ciclo

Los resultados anteriores coinciden con Velásquez (2004) quien reportó que los cultivos en suelo obtienen mayor crecimiento vegetativo durante su etapa de crecimiento, esto debido a la aplicación de nutrientes al suelo durante el ciclo del cultivo, mientras que Vavrina (2005) no encontró diferencias en el crecimiento fisiológico de las plantas de chile ya que se comportaron con similitud, pero esto no coincide con Markovic (2005) quien reportó que el utilizar sustratos se incrementa en un 30% el crecimiento de la planta de chile en diferencia al suelo, finalmente esto tampoco coincide con Ramírez (2005) y Jiménez (2005) quienes mencionan que el sistema de producción en sustratos incrementaron el crecimiento vegetativo de la planta, esto debido al control óptimo de la solución nutritiva que se le proporciona a la planta de tomate.

PESO SECO

El análisis de varianza para peso seco de la planta de chile mostró alta significancia para tratamientos (Cuadro 18).

Cuadro 19. Cuadro de análisis de varianza de peso seco de la planta de chile.

FV	GL	SC	CM	F		F	T
					P>F	0.01	0.05
Tratamientos	5	78864.3750	15772.8750	9.2969**	0.000	3.51	2.45
Bloques	9	6438.8125	715.4235	0.4217	0.917	2.89	2.12
Error	45	76345.5625	1696.5681				
Total	59	161648.7500					

C.V = 32.54 %

Donde: (**) Altamente significativo, (*) Significativo, (NS) No significativo

Cuadro 20. Comparación de medias (DMS) para la peso seco de la planta de chile.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
2	177 A
3	167 A
1	131 AB
4	115.40 BC
6	88 BC
5	81 C

Nivel de significancia de 0.01

DMS = 49.6539

La prueba de medias para peso seco de la planta de chile se presenta en la figura 14 y muestra claramente que los mejores tratamientos fueron el T2 y T3 sistema de cultivo en suelo con una media de 177 y 176 g respectivamente con diferencia mínima significativa de 49.65 g en comparación con los demás tratamientos, el tratamiento que provocó el valor mas bajo fue el T5 (Peat moos + Perlita) que presento una media de 81 g.

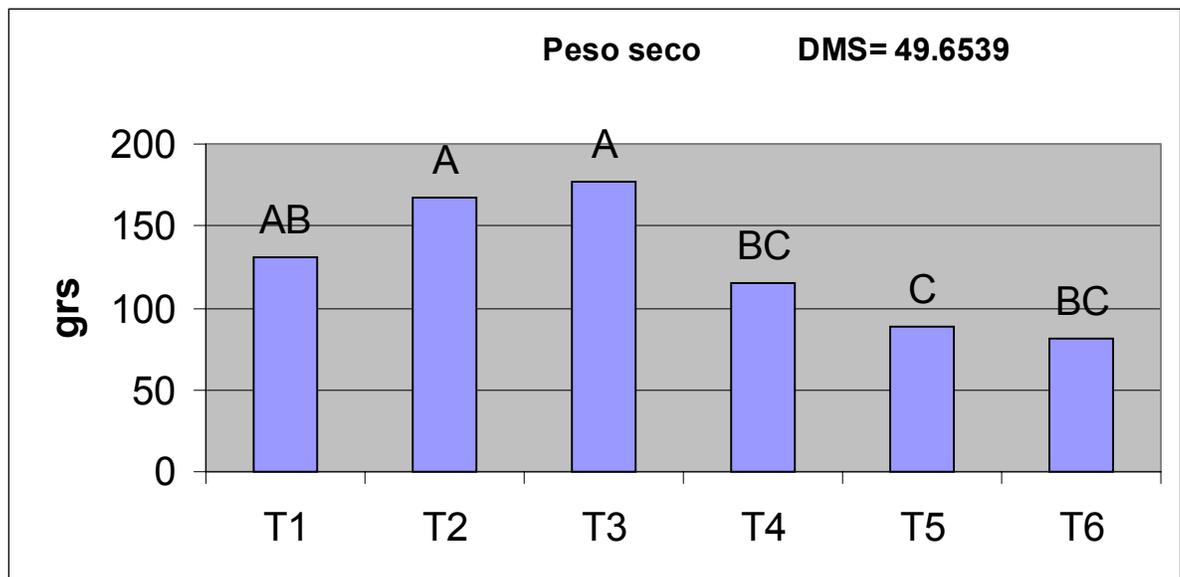


Figura 14. Peso seco de la planta de chile jalapeño al final del ciclo

Los resultados obtenidos coinciden con Azofeifa (2004) quien reporta un crecimiento acelerado en plántulas de chile en suelo a los 83-110 DDT, debido a que en este tiempo son proporcionales los nutrientes que la planta necesita fácilmente, también coinciden con Velásquez (2004) quien reporta que los mejores crecimientos vegetativos en tomate los obtuvo en el cultivo en suelo, pero esto difiere de Markovic (2005) quien menciona que la fibra de coco y la mezcla de peat moss + perlita incrementa la producción de materia seca del área foliar de la planta de chile en un 16% en diferencia al cultivo tradicional, mientras tanto Vavrina (2005) reporta que al utilizar fibra de coco se obtienen los mejores crecimientos vegetativos ya que este sustrato tiene la capacidad de dar a la planta los requerimientos necesarios para su desarrollo, mientras que

Cantliffe et al (2005) reportó que el utilizar una mezcla peat moss + perlita en la producción de especies vegetativas estas incrementan la materia seca en un 20%, debido a que este sustrato tiene alta capacidad de aireación que beneficia a la planta de chile, finalmente Gruda (2004) reporta que los sustratos orgánicos son una alternativa de producción de chile ya que encontró un incremento de materia seca debido a que estos tienen la capacidad de proporcionar los nutrientes que la planta necesita, así como las condiciones favorables para que esta se desarrolle.

En cuanto al rendimiento se puede observar que el T4 (Cv Rey en fibra de coco) obtuvo los mejores rendimientos con un media de 1.221 Kg/planta realizando una conversión podemos obtener un rendimiento de 3.35 Kg/m², este seguido de los demás tratamientos, T3 (Cv Jefe, Suelo) obtuvo una media de 1.096 kg/planta que es igual a 3 Kg/m², el T2 (Cv Conchos, Suelo) obtuvo una media de .774 Kg/planta que es igual a 2.12 Kg/m², el T1 (Cv. Rey , Suelo) media de .758 Kg/planta a si mismo a 2.07 Kg/m², el T6 (Cv. Jefe en peat moss + perlita) con una media de .689 Kg/planta que es igual a 1.88 Kg/m² y finalmente el T5 (Cv. Conchos en peat moss + perlita) con una media de .479 Kg/planta que es igual a 1.31Kg/m². En cuanto a longitud de frutos podemos observar que el tratamiento que mejor se comporto fue el T2 (suelo) el cual presento una media de 7.16 cm y en cuanto a los demás tratamientos estos se comportaron de manera similar ya que no hubo una diferencia significativa en el crecimiento longitudinal del fruto estos se encontraron en un rango de 6 – 6.5 cm. En relación a el diámetro de fruto podemos darnos cuenta que los mejores tratamientos fueron T4 (fibra de coco) y T5 (peat moss + perlita) los cuales presentaron una media de 2.97 mm, seguidos estos por los T1, T2 y T3 (suelo) quienes reportan una media similar de 2.7 mm y el peor tratamiento fue el T3 (peat moss + perlita) que reporta una media de 2.6 mm. Así mismo para peso fresco encontramos que el tratamiento que mejor se comporto fue T2 (suelo) quien mostró una media de 750 g superando a los demás tratamientos por una diferencia mínima de 223 g, el peor tratamiento para esta variable fue T5 (peat moss + perlita) que presento una media de 226 g de materia fresca. En relación a peso seco se observa que los mejores tratamientos fueron T2 y T3 sistema de cultivo en suelo que presentaron una media de 177 y 176 g respectivamente, teniendo una diferencia mínima de 49.65 g, el tratamiento que presento mas bajo valor fue el T5 con una media de 81g.

CARACTERIZACION DE LOS SUSTRATOS

Se realizó la caracterización de los sustratos donde se encontró que los valores de Humedad, Materia seca, Materia orgánica, Cenizas, Densidad real, Densidad aparente y Porosidad de aire se encuentran en los rangos óptimos de caracterización física variando en un 0.5-1% de los valores reales lo cual no afecta al ser utilizados estos, así mismo se obtuvieron los valores de pH y C.E de los sustratos que mostraron una diferencia entre cada uno de ellos pero que se encuentran en los rangos permitidos para su uso en el experimento cuyos resultados se presentan en los cuadros 18 y 19 respectivamente.

Cuadro 21. Resultados de la caracterización de los sustratos.

Sustrato /caract. Física	Humedad %	Mat. Seca %	M.O %	Cenizas %	D. R gr/cc	D. A gr/cm ³	P.A %
Peat moss	11.6	88.4	48.48	51.52	0.87	0.139	7.88
Perlita	0.8	99.2	0	100	1.52	0.168	33.62
Fibra de coco	25.5	74.4	86.66	13.34	1.38	0.104	19.96
Mezcla (3/4 Perlita + 1/4 Peat moss)	2.8	97.2	9.52	90.48	0.85	0.168	19.43

Cuadro 22. Resultados de pH y C.E de los sustratos

Sustrato	pH	C.E
Peat moss	4.3	0.8
Perlita	7.6	0.9
Fibra de coco	6.6	3.6
Mezcla	6.9	3.6

Estos resultados coinciden con Ansorena (1994) quien realizó las mismas pruebas de caracterización para conocer el comportamiento de los sustratos y con esto tener una idea de cual sería el mejor sustrato a utilizar y como se desempeñaría este durante el ciclo del cultivo.

COSTOS DE PRODUCCION

Costo de la solución nutritiva

Se realizó un análisis económico para determinar el costo por metro cuadrado de solución nutritiva para producir chile jalapeño. Para ello se obtuvieron los costos de los fertilizantes que conforman la solución nutritiva (cuadro 23)

Cuadro 23. Precios de los fertilizantes que conforman la solución nutritiva para chile

Nutrimento	Precio en pesos / Kg.
KNO_3	6.00
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	94.00
EDDHAFe	168.00
MnSO_4	5.00
ZnSO_4	8.30
CuSO_4	16.00
H_3BO_4	10.00
$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_2\text{O}_{24}4\text{H}_2\text{O}$	12.00

Nutrimento	Precio en pesos / litro
HNO_3	126.50
H_3PO_4	126.50

Nota. Paridad peso/Dólar = \$ 11.60

Fuentes: AGRODELTA, REACTIVOS ANALITICOS Y GRUPO BIOQUIMICO MEXICANO

Calculo de los nutrimentos que se utilizaron para la elaboración de la solución nutritiva de Chile.

En el cuadro 24 se presenta los precios de cada producto utilizado en la formulación de 2500 litros de solución.

Cuadro 24. Cálculo del costo de la solución nutritiva.

Nutrimento	Formulación para 2500 L de solución	Precio en pesos
KNO₃	1250 g	7.5
NH₄H₂PO₄	150 g	14.10
HNO₃	500 ml	63.25
H₃PO₄	175 ml	22.13
EDDHAFE	159 g	25.2
Mn SO₄	10.1 g	0.050
Zn SO₄	4.06 g	0.033
Cu SO₄	2 g	0.032
H₃BO₄	5.75 g	0.057
(NH₄)₆Mo₂O₂₄4H₂O	2.3 g	0.027
Total	2258.21 g	132.37

Nota: Paridad Peso/Dólar =11.30

Los costos de los fertilizantes no fueron los mismos para los dos sistemas. Para el caso de el sistema en suelo se hicieron 43 aplicaciones de fertilizantes durante el ciclo, mientras que para el sistema hidropónico fueron 8 aplicaciones durante el ciclo. El costo de aplicación fue \$ 132.37 pesos y de \$ 1058.96 pesos por las 8 aplicaciones.

En el manejo de la solución nutritiva durante el experimento, el costo fue de \$13.44 pesos/m². Para el manejo de la fertilización de suelo durante el ciclo, el costo fue de \$ 2.08 pesos/m², con esto se puede observar que en cultivos en suelo se tiene un ahorro de 36% del gasto total sobre el sistema de cultivo sin suelo, esto no coincide con García y Urrestarazu (2000) quienes han demostrado que el ahorro del gasto se puede estimar entre un 10 a 50% en los cultivos hidropónicos.

En cuanto al costo de fertilizante para producir un kilogramo de chile se puede observar que en el sistema de cultivo sin suelo el gasto para el Cv. Rey fue de \$ 4.01 pesos/kg, mientras que para el C.v Conchos fue de \$ 10.34 pesos/kg y finalmente para el Cv. Jefe fue de \$7.14 pesos/kg, mientras que para el sistema de cultivo en suelo se puede constatar un gasto para el C.v Rey fue de \$ 1.08 pesos para producir un kilogramo de chile, para el Cv. Conchos fue de \$ 0.98 pesos/kg, por ultimo el Cv. Jefe fue de \$ 0.69 pesos/kg. Con esto nos podemos dar cuenta que hay una diferencia de precios entre los C.v Rey de 73%, mientras que en los Cv. Conchos de 90.5% y finalmente entre los Cv. Jefe fue de 91%.

Consumo de agua y solución nutritiva

Se realizó un análisis de consumo de agua y solución nutritiva en dos tratamientos escogidos al azar. El trasplante se realizó el 5 de Febrero y la toma de datos se extendió desde el 18 de Febrero hasta el 6 de de Junio, recabando un total de 46 lecturas de volúmenes. Con estos datos se calculó el consumo de agua durante el ciclo de cultivo, volumen de drenaje, eficiencia en el uso de agua y drenajes (Cuadro 25) que fue el mismo para el Tratamiento 4, 5 y 6.

Cuadro 25. Volumen de solución nutritiva promedio en la botella y solución nutritiva drenada promedio durante el ciclo de cultivo del chile.

Tratamiento	Volumen total de botella / gotero (L)	Volumen total de drenado (L)
T5 (var. Conchos)	243.69	128.15
T6 (var. Jefe)	243.69	134.52

Los resultados observados en el cuadro no concuerdan con lo dicho por Burgeño (2001), quien menciona que los valores de drenaje obtenidos se deben de encontrar dentro de un rango de 30% y 40%, esto se debió a las constantes fallas en el sistema eléctrico de bombeo.

CONCLUSIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que:

En cuanto a las variables rendimiento y diámetro de fruto en el cultivo de chile se desarrolló mejor en el sistema de cultivo sin suelo ya que fue mejor que el sistema de cultivo en suelo, presentando medias de 1221.78g y 2.97mm respectivamente, esto debido a que en este sistema se mantienen condiciones adecuadas de nutrición.

En cuanto a las variables longitud de fruto, peso fresco y peso seco se encontró que el sistema de cultivo en suelo presentó mejores resultados, ya que hubo una diferencia significativa en cuanto al sistema de cultivo sin suelo, presentando una media de 7.16 cm, 750 g y 177g respectivamente.

En cuanto a los sustratos el mejor fue la fibra de coco ya que se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a rendimiento con un promedio de 3.35 kg/m² .

Por todo lo anterior el mejor fue el sistemas de cultivo en suelo que presentan una menor inversión en fertilizantes de \$ 2.08 pesos/m², ya que en el sistema de cultivo sin suelo fue mayor la inversión en cuanto a los fertilizantes la cual es de \$ 13.44 pesos/m².

RESUMEN.

El trabajo se realizó en el invernadero del campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizada en la Ex Hacienda el Canadá en Escobedo N.L, se establecieron genotipos de chile jalapeño Rey, Conchos y Jefe bajo sistemas de cultivo en suelo y sin suelo con la finalidad de evaluar el potencial productivo.

Para el sistema de cultivo en suelo se preparo una cama de 47 m de largo por 1.75 de ancho, se establecieron 310 plantas (110 plantas de Cv. Rey, 100 plantas de Cv. Conchos y 100 plantas de Cv. Jefe) a 30 cm de distancia, se aplico fertilizante semanalmente. Antes de establecer el cultivo se hizo un análisis de suelo para determinar la cantidad de fertilizantes a utilizar durante el ciclo. Para el sistema de cultivo sin suelo se utilizó fibra de coco y una mezcla de peat moss + perlita como sustrato y se fabricaron sacos de polietileno negro protegidos por un plástico blanco en su interior, se utilizó un volumen de mezcla para los sacos de 20 L, la longitud del saco fue de 1 metro, se fabricaron 30 sacos y además se compraron 6 sacos de fibra de coco con un volumen de 30 L, longitud de 1.40 metros. El área donde se estableció el sistema se nivelo al 1% para no tener problemas de drenaje, se colocaron los 36 sacos con 6 plantas cada uno, los sacos se saturaron con solución nutritiva antes de sembrar las plantas, esto con la finalidad de que el cultivo se desarrollara sin problemas. Se estableció el sistema de riego por goteo tipo espagueti, el cual se controlaba con un taimer. El tiempo de riego se programo de acuerdo a las condiciones climáticas y sintomatología del cultivo. Las variables evaluadas fueron : rendimiento, longitud de fruto, diámetro de fruto, peso fresco, peso seco y costo de producción.

En rendimiento de la planta de chile se concluye que el mejor tratamiento fue T4 fibra de coco, obteniendo una media de 1221.78 g por planta. Para longitud de chile se concluye que el mejor tratamiento fue T2 suelo, obteniendo

una media de 7.16 cm. Para diámetro de fruto se concluye que los mejores tratamientos fueron T4 fibra de coco y T5 peat moss + perlita, obteniendo un media de 2.97 mm. En peso fresco se concluye que el mejor tratamiento fue T2 suelo, obteniendo un media de 750 g. En cuanto a peso seco se concluye que los mejores tratamientos fueron T2 y T3 que presentan un sistema de cultivo en suelo obteniendo una media de 177 y 176 g respectivamente.

En cuanto al costo unitario para cada cultivar para producir un kilogramo de chile se puede observar que en el sistema de cultivo sin suelo el gasto para el Cv. Rey fue de \$4.01 pesos/kg, mientras que para el Cv. Conchos fue de \$ 10.34 pesos/kg y finalmente para el Cv. Jefe fue de \$7.14 pesos/kg, mientras que para el sistema de cultivo en suelo se puede constatar un gasto para el Cv. Rey fue de \$ 1.08 pesos para producir un kilogramo de chile, para el Cv. Conchos fue de \$ 0.98 pesos/kg, por ultimo el Cv. Jefe fue de \$ 0.69 pesos/kg, de acuerdo a los resultados obtenidos, con respecto al objetivo planteado resultó mejor el sistema de cultivo en suelo con una inversión que fue menor en fertilizantes de \$ 2.08 pesos/m², en cuanto al sistema de cultivo sin suelo la inversión fue mayor en fertilizantes de \$ 13.44 pesos/m².

El pH y C.E se mantuvieron en los rangos adecuados, aunque se presentaron varias fallas las cuales alteraron estos valores en el sustrato, pero fueron modificados a tiempo con el fin de evitar daños a las plantas.

LITERATURA CITADA

Andrés P. R. 1997. Cultivos bajo invernadero. Ed. Hemisferio Sur. Santa Fe, Argentina.

Ansorena M. J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

Azofeifa A. 2004. Análisis del crecimiento del chile jalapeño (*capsicum Nahum*) en Hojuela Costa Rica. Tesis de grado de la escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica.

Bolivin. C, G. A., 1987. Effect of supplementary lighten on transplants Growth and yield of greenhouse tomato. HortScience 22 (6): 1266 – 1268.

Bringas. G. L. 2004. Productores de Hortalizas. Perspectivas de la producción y exportación de chiles y pimientos. Ed. Meister.

Cantliffe D.J. 2005. Media and containers for green house soilless grown cucumbers, melons, peppers and strawberries. University of Florida. Horticultural Sciences Department, PO Box 110690, Gainesville, FL 32611-0690, USA.

Castellanos. Z. J. 2004. Manual de producción hortícola en invernadero. Inteca. México.

Gruda N. y Shnitzler W.H. 2004. Suitability of Word substrate for production of vegetable transplants. Scientia Horticulturae. Vol.100 Pág.309-322.

Garza, C. R, 1987. Efecto del Ethrel en la institución floral del cultivo de la calabacita Grey Zucchinni. Mori N. L. Programa y Memorias del VII Congreso Nacional de Horticultura. Marzo, 1997. Culiacán, Sinaloa, México.

Grafiadellis M. (1985). A study of different green house heating systems. Research, Report 1-40 of agricultural Research Center of Northern Greece, Thessaloniki, Greece.

Hidalgo. P.R. 2001. Fertilizer Rate Effect on Chrysanthemum production in Vermicompost substrate. SNA Research Conference. Vol. 46. Mississippi State University.

Imas. P. 1999. Manejo de Nutrientes por Fertirrigación en Sistemas Frutihortícolas. Ed. IPI. Presentado en el XIX Congreso Argentino de Horticultura.

Jiménez. A. J. 2005. Producción de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en dos sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista Saltillo Coahuila. México.

Márquez. M. Y, 1978. Guía para el control de hongos del suelo, utilizando el sistema de fertirrigación. División Agropecuaria, Merk Sharp y Dohme México. 1-5

Markovic. V. 2005. Effect of seedling quality on yield and characters of plant and fruits of sweet pepper. University of Florida, Journal of Sciences. Vol. 3. Pág. 27-28

Olivares, S. E, 1995. Paquete estadístico Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Posadas. S. F. 1999. Propiedades y características de los sustratos. Curso superior de especialización. Ed. Almería, España.

Productores de Hortalizas 2004. Plagas y Enfermedades de Chiles y Pimientos. Guía de identificación y manejo. Ed. Meister.

Ramírez. V. O. 2005. Evaluación de 3 sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada en la producción de tomate determinado (Cv. Floradade). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista Saltillo Coahuila. México.

Resh. H. M. 1997. Cultivos Hidropónicos. 4ª Edición. Ed. Mundi – Prensa. España

SARH. 1984. Presente y Pasado del Chile Mexicano. 1ª Reimpresión. México D.F. México.

Sánchez. C. F. 1988. Hidroponia. Un sistema de producción. Tercera edición. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo. México.

Sánchez del C. F. , 2001. Producción de hortalizas basadas en doseles escaleriformes. Sexto Symposium internacional de fertirriego. Morelia Michoacán.

SAGARPA, 2004. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Volumen 3. Centro de Estadísticas Agropecuarias. D.F. México

Valadez, A. 1998. Producción de Hortalizas. Ed. Uteha Noriega. México D.F.

Vavrina C.S. 2005. Coconut coir as an alternative to peat media for vegetable transplant production. University of Florida, Southwest Florida Research and Education Center P.O. Drawer 5127. Immokalee, FL 33934.

Vásquez. P. R. 2004. Producción de tomate bola (*Lycopersicum esculentum*, Mill) bajo diferentes sustratos hidropónicos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista Saltillo Coahuila. México.

Velásquez. G. E. N. 2004. Producción de tomate saladete (*Lycopersicum esculentum*, Mill) en sistema de cultivo con y sin suelo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista Saltillo Coahuila. México.

Paginas Web:

- 1) <http://www.infoagro.com/hortalizas/chile.asp>
- 2) <http://canales.nortecastilla.es/canalagro/datos/abonos.htm>
- 3) http://www.fertiberia.com/informacion_fertilizacion/articulos/fertirrigacion/Manejo_DisolucionesNutritivas.html
- 4) http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos3.asp
- 5) <http://www.Terralia.com/revista23/pag.52.aps>
- 6) <http://www.uaa.mx/news/2003/434-iyp.htm>
- 7) http://www.tecnociencia.es/espaciales/cultivos_hidro/htm
- 8) http://www.infoagro.com/industrias_auxiliar/cultivosinsuelo.htm

APENDICE

Cuadro 26. Lecturas tomadas de pH y C.E del drenaje y chupatubos en diferentes fechas en el cultivo sin suelo.

Fecha	muestra	pH	C.E
29/03/2005			
	T1	6,4	7,6
	TB	6	3,8
	T2	6,1	8,3
	chupatubos 1	6,7	10,5
07/04/2005			
	T1	6,5	6,5
	TB	5,9	4
	T2	6,5	6,5
	Chupatubos 1	8	14,8
21/04/2005			
	T1	6,1	5,5
	TB	4,5	3,5
	T2	5,8	5,2
	Chupatubos 1	7,5	11,6
28/04/2005			
	T1	6	4,1
	TB	5,5	3,7
	T2	6	4,1
	chupatubos 1	7,4	10,4
13/05/2005			
	T1	6	3,9
	TB	5,5	3,7
	T2	6	3,9
	Chupatubos 1	6,5	4,0

Cabe resaltar que los diferentes aumentos en el pH y C.E se deben a fallas en el equipo eléctrico de bombeo por lo cual se realizaron varios lavados en el sustrato para eliminar las sales acumuladas sin embargo el pH y C.E en el tambo de llenado de solución nutritiva siempre se mantuvo en un rango de pH 6,0 y C.E 3,5.