



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN

**COMPARATIVA ENTRE UNIDADES HIDROPÓNICAS Y
CONVENCIONALES DE CHILE HABANERO EN INVERNADERO**

Tesis que presenta:

AVENDAÑO LÓPEZ ALEXIS

Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

Tuxtepec, Oaxaca, marzo del 2019





INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
LA CUENCA DEL PAPALOAPAN



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
LA CUENCA DEL PAPALOAPAN

COMPARATIVA ENTRE UNIDADES HIDROPÓNICAS Y CONVENCIONALES DE CHILE HABANERO EN INVERNADERO

AVENDAÑO LÓPEZ ALEXIS

No. de control:14810045

ASESOR INTERNO:
ING. EMANUEL PÉREZ LÓPEZ

ASESOR EXTERNO:
M.C. MARÍA ADELA PÉREZ RÍOS

PERIODO DE REALIZACIÓN:

JULIO – DICIEMBRE 2018

SAN BARTOLO, TUXTEPEC, OAX. MARZO 2019

El presente trabajo de tesis, del C. Avendaño López Alexis denominado Comparativa entre unidades hidropónicas y convencionales de chile habanero en invernadero, que se desarrolló en el Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, fue revisado y aprobado por el:

DIRECTOR INTERNO DE TESIS

ING. EMANUEL PÉREZ LÓPEZ



DIRECTOR EXTERNO DE TESIS

M.C. MARÍA ADELA PÉREZ RÍOS



MARZO DEL 2019



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan

"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

San Bartolo, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, a 28 de marzo de 2019

ASUNTO: Dictamen de tesis aprobada

ING. ANTELMO PRADO LEAL
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS
P R E S E N T E

El comité de revisión de tesis del C. Avendaño López Alexis, asignado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan de San Bartolo, San Juan Bautista, Tuxtepec, Oaxaca, integrado por los C.C.ING. Emanuel Pérez López, M.C. María Adela Pérez Ríos y M.A.E. Mercedes Muraira Soto, habiéndose reunido a fin de evaluar la tesis titulada "Comparativa entre unidades hidropónicas y convencionales de chile habanero en invernadero", que se presenta como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Agronomía, de acuerdo con las normas de elaboración de tesis de licenciatura y posgrado vigentes en el instituto; dictamino su AUTORIZACIÓN para ser presentado en el Examen Profesional correspondiente.


ATENTAMENTE


APAPAN
FIRMA Y SEL

ING.
EMANUEL PÉREZ LÓPEZ
DIRECTOR



M.C. MARÍA ADELA PÉREZ RÍOS
SECRETARIO




M.A.E. MERCEDES MURAIRA SOTO
VOCAL

La presente tesis, del C. Avendaño López Alexis denominada “Comparativa entre unidades hidropónicas y convencionales de chile habanero en invernadero”, que se desarrolló en el Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, fue revisado y aprobado para su impresión por el Honorable jurado integrado por:

DIRECTOR

ING. EMANUEL PÉREZ LÓPEZ

A handwritten signature in black ink, enclosed within a circular stamp. The stamp has the word "IPAPAN" partially visible on the left side.

FIRMA

SECRETARIO

M.C. MARÍA ADELA PÉREZ RÍOS

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes.

FIRMA

VOCAL

M.A.E. MERCEDES MURAIRA SOTO

A handwritten signature in black ink, written in a cursive style. The signature is underlined.

FIRMA

MARZO DEL 2019

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto de la vida, Él que en todo momento está conmigo ayudándome a aprender de mis errores y a no cometerlos otra vez, quien guía el destino de la misma, me da salud que es lo primordial para lograr mis objetivos y por darme una familia maravillosa como son mis padres, mis hermanos, tíos y abuelos, además de su infinita bondad de felicidad y amor.

Al maestro y amigo, el Ing. Emanuel Pérez López; gracias por compartir sus conocimientos conmigo y con todos los que fuimos sus alumnos, no me cabe la menor duda que se merece mis respetos, es de lo mejor que hay en el Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, pero sobre todo gracias por permitirme poner en práctica lo adquirido en las aulas, gracias por su confianza y sobre todo gracias por el tiempo que dedica a esta hermosa profesión, en el cual, por su dedicación, por sus esfuerzos,

por su paciencia y compromiso, es base fundamental de mi desarrollo como profesionista, gracias por la enseñanza y sabiduría.

Gracias a todos los docentes que formaron parte de mi formación profesional, por compartir sus conocimientos y experiencias conmigo. Les agradezco su digna labor y les doy mi reconocimiento por fomentar la educación de generación en generación, inculcando valores y sembrando el conocimiento formando a mejores profesionistas.

Gracias al Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan por la oportunidad de formar de personas profesionistas preparados y capacitados.

DEDICATORIA

Ésta tesis profesional es dedicada primeramente a Dios por que sin Él no tendríamos la oportunidad de lograrlo, completamente y personalmente a mis padres a los cuales amo en esta vida. A ustedes mis grandes motores de vida, a ti mamá María Elena López Castillo, al igual que a ti papá Santos Avendaño Herrera. Que con orgullo y entusiasmo les digo ¡LO LOGRAMOS!, porque esta meta no es solo mía, es suya también sin ustedes no lo hubiese logrado, gracias por todo el apoyo, y ahora sí, vamos a disfrutar juntos de todo este esfuerzo y sacrificio, que concluimos en esta carrera profesional. Siempre me alentaron a seguir adelante para tener un futuro prometedor, por ser mis guías y ejemplo a seguir, no encuentro como agradecerles su amor incondicional. Sólo me queda agradecerles el sacrificio y todo lo que hicieron por mí en estos años de carrera; Ustedes son y serán siempre mi primer amor. Los amo y los amaré toda mi vida.

A mis compañeros que con el tiempo se volvieron mis mejores amigos y que casi siempre en toda la carrera estuvimos juntos compartiendo los momentos de sacrificio e ideas enfocados a la carrera, pero que siempre le echábamos ganas a la escuela, María de los Ángeles Moran y Joel Ramírez., por ser parte importante en esta amistad y por apoyarme y alentarme en todo momento, Le agradezco a Dios por habernos cruzado en él camino y volvernos muy buenos compañeros y así los seguiremos siendo hasta el final.

A mis amigos, compañeros y colegas del Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan por todos los buenos momentos vividos durante este tiempo, por las risas, por las desveladas y por las diversiones que nos dábamos en los viajes de estudio. Gracias por convertirse en esa familia grupal. Siempre los recordare y sepan qué; aunque estemos lejos, nunca olvidaré que somos amigos y que estamos unidos por muchos recuerdos, aventuras y desafíos.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE CUADROS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xx
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Origen del chile habanero.....	5
2.2. Importancia y usos del chile habanero.....	7
2.3. Hidroponia.....	9
2.3.1. ventajas.....	9
2.3.2. desventajas.....	10

2.4. Producción del chile habanero.....	11
2.5. Marcos de plantación.....	11
2.6. Taxonomía del chile habanero.....	12
2.7. Descripción botánica.....	13
2.7.1. Características botánicas.....	13
2.7.1.1. Ciclo de vida.....	13
2.7.1.2. Tallo.....	13
2.7.1.3. Hojas.....	14
2.7.1.4. Raíz.....	14
2.7.1.5. Floración.....	14
2.7.1.6. Fruto.....	14
2.7.1.7. Planta.....	15
2.8. Requerimientos del cultivo.....	16
2.8.1. Requerimientos edáficos.....	16
2.8.2. Temperatura.....	17
2.8.3. Requerimientos hídricos.....	17
2.8.4. Radiación.....	19
2.8.5. Fertilización.....	20
2.9. Labores culturales.....	22
2.9.1. Poda.....	22
2.9.2. Deshojado.....	23
2.9.3. Aporcado.....	23

2.9.4. Tutorado.....	24
2.9.5. Nutrición.....	24
2.9.6. Preparación de suelo.....	26
2.9.7. Acolchado.....	26
2.9.8. Sustrato.....	27
2.9.9. Semilla.....	28
2.9.10. Trasplante.....	29
2.9.11. Polinización.....	30
2.10. Plagas en el cultivo de chile habanero.....	32
2.10.1. Plagas por insectos.....	32
2.10.1.1 Picudo del chile (<i>Anthonomus eugenii</i> Cano).....	32
2.10.1.2. Mosquita blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i> , <i>Bemisia tabaci</i>).....	33
2.10.1.3. Minador de la hoja (<i>Liriomyza</i> spp).....	33
2.10.1.4. La araña roja (<i>Tetranychus urticae</i> , Koch).....	33
2.10.1.5. Pulgón (<i>Aphis gossypii</i> , Sulzer y <i>Myzus persicae</i> , Glover).....	34
2.11. Plagas microscópicas.....	35
2.11.1. Virus.....	35
2.11.2. Trips (<i>Frankliniella occidentales</i> , Pergande, <i>Trips palmi</i> Karny).....	35
2.12. Enfermedades en el cultivo del chile habanero.....	36

2.12.1. Fumagina.....	36
2.12.2. Mancha bacteriana.....	37
2.12.3. Marchitez o Pudrición (Rhizoctonia solani Kúhn).....	38
2.13. Siembra.....	38
2.14. Cosecha.....	40
2.15. Manejo pos cosecha.....	40
2.16. Comercialización.....	42
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
3.1. Descripción y localización del área de estudio.....	44
3.2. Materiales.....	45
3.3. Métodos.....	47
3.3.1. Obtención de plántulas.....	47
3.3.2. Limpieza.....	48
3.3.3. Desinfección del suelo.....	48
3.3.4. Aplicación de insecticidas.....	49
3.3.5. Aplicación de productos.....	49
Forte Bayfolan®.....	49
Super arrancador®.....	50
Inspire Gold®.....	51
3.3.6. Preparación del terreno.....	52
3.3.7. Charolas.....	53
3.3.8. Elaboración de camas de cultivo.....	53

3.3.9. Acolchado.....	54
3.3.10. Trasplante.....	54
3.3.11. Medición de variables en invernadero.....	54
3.3.12. Instalación del sistema hidropónico.....	55
3.3.13. Preparación de soluciones nutritivas.....	56
3.3.14. Determinación de peso seco mediante la medición de la Humedad.....	56
3.3.15. Fruto.....	57
3.3.16. Determinación de humedad: método por secado en estufa	58
3.3.17. Cosecha.....	59
3.3.18. Post cosecha.....	59
3.3.19. Comercialización.....	60
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
4.1. Desarrollo de la planta.....	61
4.2. Producción de chile habanero.....	62
4.3. Determinación de materia seca.....	63
4.4. Discusión.....	64
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
5.1. Conclusiones.....	67
5.2. Recomendaciones.....	69
6. LITERATURA CITADA.....	71
7. APÉNDICE.....	77

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características del fruto de chile habanero.....	16
Cuadro 2. Dosis del producto.....	51
Cuadro 3. Solución nutrimental.....	57
Cuadro 4. Medias de altura de plantas de chile habanero.....	61
Cuadro 5. Medias de grosor de tallo de plantas de chile habanero.....	62
Cuadro 6. Medidas de producción de las plantas de chile habanero.....	63
Cuadro 7. Muestra de determinación de materia seca.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización del invernadero del (ITCP).....	45
Figura 2. Limpieza externa de invernadero.....	77
Figura 3. Limpieza interna del invernadero.....	77
Figura 4. Desinfección del suelo dentro del invernadero.....	78
Figura 5. Aplicación de desinfectante Anibac® e hipoclorito de sodio.....	78
Figura 6. Aplicación de insecticida al suelo en invernadero.....	79
Figura 7. Fertilizante Forte Bayfolan®.....	79
Figura 8. Fertilizante súper arrancador®.....	80
Figura 9. Fungicida Inspire Gold®.....	80
Figura 10. Pase de rastra con arados de discos dentro del invernadero...	81
Figura 11. Desinfección de charolas.....	81
Figura 12. Siembra de chile habanero.....	82
Figura 13. Elaboración de camas en invernadero.....	82
Figura 14. Acolchado.....	83

Figura 15. Resiembra de semillas de chile habanero.....	83
Figura 16. Programación de riego al cultivo de habanero.....	84
Figura 17. Elaboración de la instalación del sistema hidropónico.....	85
Figura 18. Mediciones de variables en el sistema hidropónico.....	85
Figura 19. Flores del fruto de chile habanero.....	86
Figura 20. Frutos del chile habanero en desarrollo.....	86
Figura 21. Preparación de soluciones nutritivas.....	87
Figura 22. Muestras de chile habanero en la estufa	87
Figura 23. Instalación del sistema hidropónico.....	88
Figura 24. Corte de fruto en camas dentro del invernadero.....	88
Figura 25. Corte de fruto en el sistema hidropónico.....	89
Figura 26. Peso de fruto con balanza analítica.....	89
Figura 27. Clasificación del fruto por tamaño.....	90
Figura 28. Determinación de peso seco mediante la medición de la humedad.....	90

RESUMEN

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), es uno de los de mayor pungencia en el mundo, su contenido de capsaicina es entre las 200,000 a 500,000 unidades “Scoville” (Villa *et al.*, 2014), La importancia de este cultivo radica en su valor económico, alimenticio y como generador de mano de obra. Es materia prima para la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética e industrial (Aza-González *et al.*, 2011 citado por López-Espinosa *et al.*, 2018).

El presente proyecto se realizó con la finalidad de hacer una comparativa entre unidades hidropónicas, realizadas en tubos de pvc, y camas en suelo en invernadero en el cultivo de chile habanero. La metodología consistió en realizar un semillero, trasplante, análisis del crecimiento vegetativo y productivo de la planta. Se realizaron labores culturales como poda, tutorio, fertilización, aporque, polinización, control de maleza, y se realizaron las mediciones de variables de altura de la planta y el grosor del tallo.

Para la determinación de la comparación de las variables se utilizó un diseño experimental completamente al azar y como método de análisis, la prueba Diferencia Media Significativa (DMS) prueba de Test Tukey, con un nivel de significancia del 0.05%, calculado en InfoStat versión 2016.

Los resultados muestran una diferencia altamente significativa entre los dos sistemas, siendo el cultivo convencional en suelo el que obtuvo mejores resultados en cuanto altura del tallo, grosor, así como producción y degustación del fruto.

ABSTRACT

Habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.), Is one of the most pungent in the world, its capsaicin content is between 200,000 and 500,000 units "Scoville" (Villa et al., 2014), The importance of this culture lies in its economic value, food and as a generator of labor. It is raw material for the food, pharmaceutical, cosmetic and industrial industry (Aza-González et al., 2011 cited by López-Espinosa et al., 2018).

The present project was carried out in order to make a comparison between hydroponic units, made in pvc tubes, and beds in greenhouse soil in the cultivation of habanero pepper. The methodology consisted in making a seedbed, transplant, analysis of the vegetative and productive growth of the plant. Cultural tasks were carried out, such as pruning, tutoring, fertilization, hilling, pollination, weed control, and measurements of plant height and stem thickness variables were carried out.

To determine the comparison of the variables, a completely randomized experimental design was used and, as a method of analysis, the Mean Significant Difference (DMS) test of Tukey Test, with a level of significance of 0.05%, calculated in InfoStat version 2016 .

The results show a highly significant difference between the two systems, being the conventional crop in soil the one that obtained better results as far as height of the stem, thickness, as well as production and tasting of the fruit.

1. INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annum* L.) es un cultivo hortícola importante en México con una superficie sembrada de 144,391 hectáreas en el 2011, el chile habanero se considera uno de los cultivos de mayor valor en la agricultura (Coop *et al.*, 2011).

En México el chile es el octavo cultivo en cuanto a valor económico, con un volumen promedio de producción de 2.2 millones de toneladas anuales, de las cuales se exportan cerca de 900 mil toneladas en diferentes presentaciones (fresco, seco, polvo, entre otros) (SIAP, 2018). La importancia de este cultivo radica en su valor económico, alimenticio (especias y vegetales) y como generador de mano de obra. Es materia prima para la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética e industrial (Aza-González *et al.*, 2011 citado por López-Espinosa *et al.*, 2018).

Alpizar (2006) menciona que la hidroponía significa cultivar plantas sin suelo, al suministrar con el agua la cantidad mínima de alimento para desarrollar cultivos sanos y altamente productivos en menores espacios. En este sistema el agua acarrea los nutrientes hasta la raíz de la planta, esto hace que las raíces no tengan que desarrollarse tanto puesto que no tienen que recorrer espacios en busca de alimento como sucede en cultivos en suelo. Hoy en día la hidroponía alrededor del mundo llama la atención por muchas razones. Este desconocido, pero antiguo método de cultivar plantas viene a ser un centro de atracción por muchas personas; algunas solo quieren cultivar vegetales frescos, sin preocuparse de excesos de fertilización, pesticidas, clima, problemas de suelo, etc. otras tratan de cultivar sus propios alimentos sin tener que pensar en la cantidad de espacio requerido, y la gran mayoría procura cultivar sus plantas en el menor espacio, a la mayor cantidad y la mejor cantidad.

El cultivo bajo invernadero es una opción de producción que permite proteger a las cosechas de factores ambientales adversos. Tales como, temperaturas extremas, precipitación intensa, baja humedad relativa y radiación solar intensa, además se tiene un mejor control de las plagas y enfermedades, lo cual ayuda para que la calidad y cantidad de la cosecha se incremente (Villa *et al.*, 2014).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la mayor tasa de crecimiento, producción y contenido de materia seca de chile habanero tanto en hidroponía como en suelo, bajo condiciones de invernadero. La hipótesis bajo la cual se trabajó fue que los dos tratamientos presentan los mismos rendimientos y contenido de materia seca.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Comparar la tasa de crecimiento, producción y peso seco de chile habanero en condiciones de camas en invernadero y bajo tratamiento en hidroponía.

1.2.2 Objetivos específicos

- Comparar la tasa de crecimiento entre el cultivo hidropónico y el cultivo en suelo.

- Evaluar el peso seco del producto final de cada uno de los tratamientos (sistema hidropónico y en suelo dentro del invernadero).
- Comparación de gustativa de cada uno de los tratamientos (sistema hidropónico y en suelo dentro del invernadero).

1.3 Hipótesis

Los promedios de crecimiento, desarrollo, producción y peso seco de los frutos entre los dos sistemas productivos (en suelo e hidroponía) tienen el mismo valor.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del chile habanero

El cultivo del chile habanero en la Península de Yucatán ha sido una actividad favorecida por diferentes circunstancias a lo largo de la historia reciente. No siendo una especie originaria de México, las condiciones agroclimáticas de la región, derivadas mayoritariamente por el impacto del meteorito de Chicxulub, propiciaron un nicho de diversidad genética aprovechado de manera empírica y magistral por los productores de traspatio para generar una multiplicidad de formas, colores, sabores y niveles de pungencia de los frutos del chile habanero, convirtiendo a este cultivo en un elemento distintivo de la cultura peninsular. La estrecha relación entre las condiciones del medio ambiente y las características agronómicas del chile habanero es tan distintiva e indisoluble que de manera natural propiciaron el otorgamiento de lo que constituye su acta

de naturalización como un producto mexicano, la denominación de Origen “Chile Habanero de la Península de Yucatán” (González *et al.*, 2018). Probablemente fue introducido a la península de Yucatán desde Cuba, ya que se tenía mayor comercio con la isla, lo que podría explicar su nombre popular de habanero, (López-Puc *et al.* 2009).

En el 2010 se obtuvo la certificación de origen del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) de la Península de Yucatán, siendo el estado de Yucatán el principal productor (Borges-Gómez *et al.*, 2014).

Se cultiva principalmente por el sistema tradicional en campo a cielo abierto, sin embargo, el cultivo obtenido a través de este sistema es afectado negativamente por un gran número de factores ambientales capaces de reducir dramáticamente la calidad del chile habanero, rendimiento y rentabilidad del cultivo (Lugo-Jiménez *et al.*, 2010).

2.2. Importancia y usos del chile habanero

La importancia económica del chile se basa principalmente en la utilización de sus frutos. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el chile es a nivel mundial el quinto producto hortícola, por superficie cultivada. El interés por este cultivo no se centra únicamente en su importancia económica y consumo humano; también se ha demostrado que el chile es una fuente excelente de colorantes naturales, minerales y vitaminas A, C y E (Ruíz-Lau *et al.*, 2011).

Ruiz-Lau *et al.* (2011) mencionan que el habanero tiene gran demanda en Estados Unidos, ya que se considera dentro de los más picantes y aromáticos. Los únicos países que se sabe exportan esta especia son Belice y México; generalmente se hace en forma de pasta, para ser utilizada en la preparación de salsas verdes y rojas de chile habanero, que se distribuyen en el mercado nacional, Estados Unidos y Canadá. Además de su uso como alimento o condimento, el chile habanero y otros chiles menos picantes son utilizados en medicina, debido a la presencia de unos compuestos denominados capsaicinoides, que determinan el grado de

picor en la mayoría de los frutos del género *Capsicum*. Desde hace algunos años, los capsaicinoides son empleados por sus propiedades médicas y farmacológicas.

La capsaicina, el principal *capsaicinoide*, estimula la membrana mucosa del estómago, incrementando la secreción salival y la peristalsis (contracciones del intestino que hacen avanzar el alimento), lo que estimula el apetito. Además, los chiles picantes intensifican la secreción nasal y lagrimal, así también como la de los jugos gástricos. Así mismo, la capsaicina tiene un efecto antiinflamatorio y conirritante. Existen productos farmacéuticos hechos a base de extracto de chile habanero que sirven para aliviar dolores musculares. También se usa en ungüentos, lociones y cremas para tratar externamente problemas de dolor crónico relacionado con artritis, gota, neuralgias y cicatrices quirúrgicas. Del chile habanero se extraen oleorresinas, cuya aplicación, además de la industria alimentaria, se extiende a la industria química para la elaboración de pinturas y barnices, gases lacrimógenos, etcétera (Ruiz-Lau *et al.*, 2011).

2.3. Hidroponía

La palabra hidroponía proviene del griego y significa “trabajo en agua”; el término significa cultivar plantas sin suelo, al suministrar con el agua la cantidad mínima de alimento necesario para su desarrollar cultivos sanos y altamente productivos en menores espacios. En este sistema el agua acarrea los nutrientes hasta la raíz de la planta, esto hace que las raíces no tengan que desarrollarse tanto puesto que no tienen que recorrer espacios en buscas de alimento como sucede con los cultivos en suelo (Alpízar, 2006).

2.3.1. Ventajas

La hidroponía ofrece algunas ventajas, pues al no tratar con el suelo se puede cultivar y cosechar flores, hierbas, vegetales o frutos, de una manera limpia y fresca. Mediante esta técnica, la planta exhibe un mejor aspecto y sin dejarse de lado las prácticas de agricultura (Alpízar, 2006).

2.3.2. Desventajas

Sin embargo, Bizuet (2014) describe que la hidroponía también tiene ciertas desventajas, las cuales es necesario tener presentes para poder minimizar su impacto, que son:

- Alto uso de energía (gas, gasolina, aceite y electricidad).
- Alta inversión inicial.
- Análisis básico inicial de la calidad del agua.
- Entrenamiento para preparar soluciones nutritivas.
- Disponibilidad de instrumentos para determinar pH y la conductividad eléctrica.
- Por si sola no asegura rendimientos superiores.
- Plantas demasiados dependientes.

2.4. Producción del chile habanero

El chile habanero se cultiva en 13 estados de México. El rendimiento medio nacional es de 9,9 t/ha, aunque en algunos estados se han alcanzado rendimientos mayores a 17 t/ha (Noh-Medina *et al.*, 2010; SIAP-SAGARPA, 2012). Los principales estados productores de habanero son: Campeche y Quintana Roo. Los rendimientos a campo abierto varían de 10 a 40 t/ha (Macías-Rodríguez *et al.*, 2013).

2.5. Marcos de plantación

El marco de plantación que se recomienda es de 1.2 m entre hileras y 0.35 m entre plantas. Esto se establece con base a resultados de un estudio sobre densidades de población y nutrición de plantas de chile habanero que se llevó a cabo en el CENID RASPA (Villa *et al.*, 2010).

2.6. Taxonomía del chile habanero

El chile habanero pertenece al género *Capsicum* cuyo significado se deriva del griego: *Kapso* (picar) y *Kapsakes* (cápsula). Nuez *et al.*, (2003).

La CONABIO (2009) Lo clasifica de la siguiente manera:

Reino.....Plantae.

Subreino..... Embriophyta.

División..... Angiospermae.

Clase.....Magnoliopsida.

Subclase..... Ranunculidae.

Orden..... Solanales.

Familia.....*Solanaceae*.

Género..... *Capsicum*.

Especie..... *chinense*.

Nombre científico: *Capsicum chinense* Jacq.

Nombre común: Chile habanero.

2.7. Descripción botánica

2.7.1. Características botánicas

Ruiz-Lau *et al.* (2011), mencionan que las plantas de *C. chinense* Jacq. presentan las siguientes características botánicas

2.7.1.1. Ciclo de vida. Es una planta de ciclo anual, que puede alcanzar hasta 12 meses de vida, dependiendo del manejo agronómico. Su altura es variable: puede oscilar de 75 y 120 centímetros en condiciones de invernadero.

2.7.1.2. Tallo. Su tallo es grueso, erecto y robusto; con un crecimiento semi determinado.

2.7.1.3. Hojas. Las hojas son simples, lisas, alternas y de forma lanceolada, de tamaño variable, lo mismo que su color, el cual puede presentar diferentes tonos de verde, dependiendo de la variedad.

2.7.1.4. Raíz. Tiene una raíz principal de tipo pivotante, que profundiza de 0.40 a 1.20 metros, con un sistema radicular bien desarrollado, cuyo tamaño depende de la edad de la planta.

2.7.1.5. Floración. La floración inicia cuando la planta empieza a ramificarse, Las flores se presentan solitarias o en grupos de dos o más en cada una de las axilas, y son blancas, su tamaño varía entre 1.5 y 2.5 centímetros de diámetro de la corola. El número de sépalos y pétalos es variable, de cinco a siete, aun dentro de la misma especie, lo mismo que la longitud del pedúnculo floral.

2.7.1.6. Fruto. El fruto es una baya poco carnosa y hueca; tiene entre tres y cuatro lóbulos, las semillas se alojan en las placentas y son lisas y

pequeñas, con testa de color café claro a oscuro, y su periodo de germinación varía entre ocho y quince días.

El peso de fruto es de 6.5 a 10 g y presenta muy buena firmeza (58.3 N cm⁻²), lo que indica que tanto el pericarpio como las paredes internas del fruto presentan mayor solidez lo que le confiere resistencia al transporte y buena vida de anaquel (Ramírez *et al.*, 2015 citado por Ramírez *et al.*, 2018).

Cuando los frutos están maduros son de color anaranjado y rojo, además que tienen un intenso aroma a frutas maduras; a esta variedad se le considera uno de los chiles más picantes ya que alcanza hasta 300 mil unidades Scoville, mientras que el jalapeño se encuentra debajo de las 5 mil unidades.

2.7.1.7. La planta. Presenta en promedio hasta seis frutos por axila; éstos son de un tamaño entre 2 y 6 centímetros. El color es verde brillante cuando son tiernos, y cuando están maduros pueden ser anaranjados, amarillos, rojos o cafés y su sabor siempre es picante, aunque el grado de picor depende del cultivar mostrado en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características del fruto de chile habanero.

Color del fruto en estado intermedio	Verde
Color del fruto en estado maduro	Naranja
Forma del fruto	Acampanado
Ancho del fruto	2.83 cm
Largo del fruto	4.9 cm
Peso del fruto	8.4 g
Numero de lóbulos	3
Número de semillas por fruto	20-50
Diámetro de la semilla	3.5 mm

Fuente: Marcial-Salvador (2016).

2.8. Requerimientos del cultivo

2.8.1. Requerimientos edáficos

El suelo donde generalmente se cultiva el chile habanero se caracteriza por tener textura franco limosa, densidad aparente baja, porosidad alta que facilita la aireación y drenaje, pH de neutro a medianamente alcalino, muy ligeramente salino, con contenido alto de MO, (Borges-Gómez *et al.*, 2014).

2.8.2. Temperatura

El chile habanero muestra su mejor desarrollo en zonas templadas, subtropicales. Con altitudes que oscilan entre 0 y 2700 msnm. Se desarrolla en un rango de precipitación óptima de 600 a 1250 mm. Sin embargo, estos valores varían en base a la variedad que se vaya a cultivar y la adaptabilidad que ésta presenta. El chile habanero es una hortaliza de clima caliente, los rangos de temperatura en que se desarrolla de forma normal son: mínima 10°C, máxima 35°C y óptima de 30 °C. Las temperaturas menores de 10°C y mayores a 35°C limitan el desarrollo del cultivo (Ramírez *et al.*, 2006). La temperatura para la germinación fluctúa entre los 18 y 35 °C, siendo la óptima de 30°C (Villa *et al.*, 2014).

2.8.3. Requerimientos hídricos

De la disponibilidad del agua en el suelo depende el desempeño de un gran número de funciones en beneficio de las plantas y su deficiencia puede limitar el crecimiento. La falta de agua es de mayor incidencia en el crecimiento vegetal y es de especial interés en los sistemas agrícolas en

los que causa pérdidas económicas. La respuesta más sensible al estrés hídrico es el crecimiento celular; y es durante esta condición que las células permanecen más pequeñas y las hojas tienen menor desarrollo y, en consecuencia, se reduce el área foliar fotosintéticamente activa. Además, en tales condiciones la actividad hidrolítica de las enzimas aumenta considerablemente, el transporte de los iones disminuye y la respiración comúnmente aumenta (Quintal *et al.*, 2012).

también refieren a que diferentes procesos fisiológicos vegetales pueden ser afectados por la disminución del riego. Por ejemplo, la conductancia estomática se reduce a medida que aumenta el estrés hídrico en hojas a causa del cierre de estomas, en consecuencia, se incrementa la temperatura de la hoja a niveles que causen daños por calor. Al mismo tiempo se reduce la transpiración foliar y aumenta la resistencia estomática (Quintal *et al.*, 2012).

También el potencial hídrico de la hoja disminuye al incrementar el estrés hídrico, por lo que hay menor crecimiento vegetativo y producción de biomasa. Sin embargo, una reducción moderada de la humedad podría beneficiar a las plantas, (Quintal *et al.*, 2012).

El habanero sometido a tensión hídrica disminuye la altura de planta, el diámetro basal, el volumen de raíces y la biomasa. Según Ismail (2010), citado por Quintal *et al.*, (2012), el déficit hídrico en *Capsicum annum* se traduce en reducciones significativas del potencial hídrico foliar y del rendimiento (Quintal *et al.*, 2012).

2.8.4. Radiación

La incidencia de luz por la duración del día, es muy importante en la diferenciación o desarrollo del primordio floral, puesto que la duración del día controla la incidencia del primordio, dado que las plantas tienden a preferir un fotoperiodo intermedio. Prospera en condiciones de iluminación de intensa a moderada. Su ciclo vegetativo es de 75-130 días (Aceves *et al.*, 2008).

Su cultivo requiere precipitaciones pluviales promedio 750 a 1000 mm, como favorables para obtener altos rendimientos, precipitaciones menores a 30 mm mensuales afectan los rendimientos los cuales se ven disminuidos (Ramírez *et al.*, 2006 citado por Aceves *et al.*, (2008).

2.8.5. Fertilización

Uno de los problemas importantes en la producción del cultivo, es la pérdida de flor y fruto de la planta ocasionada por factores climáticos, nutricionales, fitosanitarios, la fertilización vegetal en el crecimiento de las plantas está determinada por absorciones de sustancias minerales, hidratos de carbono y hormonas (Graillet *et al.*, 2014).

Los nutrientes utilizados normalmente en el cultivo de Chile son nitrógeno y fósforo, un análisis de suelo puede determinar la cantidad de nitrógeno, fósforo y micronutrientes requeridos (Bosland y Walker, 2012).

La demanda nutrimental es uno de los tres factores que permite precisar la dosis de fertilización de cultivos. La falta de este valor puede conducir a un exceso o un déficit de la fertilización; la primera situación implica un efecto negativo sobre el medio ambiente mientras que el segundo no le permite al cultivo expresar su potencial productivo (Nieves *et al.*, 2015).

La absorción de nutrientes permite establecer las bases de la fertilización de los cultivos, de esta manera la fertilización puede ser ajustada al ciclo del cultivo y por consecuencia, optimizar la cantidad de fertilizante a utilizar; evitar el deterioro del suelo y disminuir el impacto de la fertilización en el ambiente. Las curvas de acumulación de NPK sugieren que la fertilización de 130-120-160 de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente, debe aumentarse en 63% para N, reducirse a la mitad el P₂O₅ y mantener la dosis de K₂O (Noh-Medina *et al.*, 2010). El uso y manejo de fertilizantes es, por lo tanto, de vital importancia para mantener el crecimiento y alto rendimiento en el cultivo de chile habanero (Chin, 2012).

La fertilización deberá ser aplicada preferentemente durante todo el ciclo de riego por goteo, y hacer los ajustes por predio, con base en el análisis de la fertilidad del suelo previo al establecimiento del cultivo, y con apoyo de análisis foliares durante el ciclo de desarrollo de la planta, debido a la naturaleza alcalina del suelo en que se produce el chile, es recomendable utilizar fuentes de fertilización ácida o bien aplicar acidificantes del agua de riego como el ácido sulfúrico, ácido fosfórico y/o ácido nítrico, para favorecer la disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo (Ramírez *et al.*, 2012).

2.9. Labores culturales

Villa *et al.*, (2014) recomiendan algunas labores culturales para el mantenimiento, Fitosanidad y producción del cultivo.

2.9.1 Poda

La poda de formación se realiza para delimitar el número de tallos con los que se desarrolló la planta. se trabaja con el sistema de poda a dos, tres y cuatro tallos por planta. Los mejores resultados en cuanto a rendimiento de fruto, se obtienen con tres tallos por planta. La poda se lleva a cabo cuando las plantas tienen las ramas necesarias para dejar los tres tallos y se hace a partir de la primera bifurcación. Las hojas y brotes debajo de la bifurcación principal se retiran con el objetivo de evitar que las plantas gasten energía y nutrientes; los cuales son necesarios para el crecimiento vegetativo y de órganos fructíferos.

Se requiere usar tijeras desinfectadas con una solución clorada al 10% para llevar a cabo esta práctica para evitar la transmisión de enfermedades. Una vez desarrolladas las ramas laterales o tallos secundarios se dejan cuatro nudos y se les corta el punto de crecimiento. También durante el ciclo del cultivo se cortan los brotes nuevos en la parte inferior de los tallos.

2.9.2 Deshojado

El deshojado consiste en quitar las hojas que están por debajo de la bifurcación de los tallos, las que van renaciendo y las que están enfermas. Esto se hace con el fin de lograr una mejor ventilación y evitar la propagación de enfermedades.

2.9.3 Aporcado

Esta práctica se recomienda cuando se usa arena como sustrato, y en superficies grandes. Consiste en cubrir con suelo parte del tronco de la planta para reforzar su base y favorecer el desarrollo radicular.

2.9.4 Tutorado

El tutorado se lleva a cabo para mantener erguida a la planta y evitar que se quiebren las ramas. Se hace después de la poda de formación y se utiliza hilo de rafia y arillos de plástico. Cada tallo es guiado con un hilo el cual se sujeta en la parte alta de la estructura del invernadero; los arillos de plástico se usan para sujetar el tallo con la rafia. Esta actividad facilita las labores de cultivo, favorece la aireación de la planta y el aprovechamiento de la luz lo que repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

2.9.5 Nutrición

Al habanero se le aplica fosfato diamónico (18-46-0) y fórmulas balanceadas como el triple 17 en etapas fenológicas de trasplante y floración, creyéndose ser las etapas más importantes.

Se consideran también el amarre de frutos y el primer corte, donde la planta debe fortalecerse para que no sea susceptible a plagas y enfermedades. Desde 1975 se determinó una dosis óptima económica de 68-90-0 con rendimientos de 20.7 t/ha en 18 cortes, siguiéndose aplicando por la mayoría de los productores sin la certeza de la verdadera eficiencia nutritiva en el cultivo. Estas formulaciones se han probado en los estados de Yucatán, Campeche y Tabasco, pero en general la fertilización deberá incluir N, P, K, Ca, S, Mg y micronutrientes cuyas dosis dependerán del tipo de suelo. Por ello, antes de fertilizar, es recomendable un análisis del suelo a fin de conocer los nutrientes presentes, así como la calidad y aptitud agrícola de éste.

En una experimentación exitosa realizada en Muna, Yucatán se evaluaron las etapas de floración, altura de planta, número de brotes axilares, número de frutos por racimo, frutos por planta, peso de fruto por planta, y rendimiento de fruto, concluyéndose que los más altos rendimientos de 21.1 t/ha se obtuvieron con triple 17, y 19.6 t/ha con aplicación de 18-46-0 + sulfato de potasio + urea, así como mayor peso y número de frutos por planta (Uribe, 2008).

2.9.6. Preparación del suelo

Se recomienda pasar el arado a una profundidad de 40 cm para permitir un adecuado desarrollo radicular y un buen drenaje. También se debe hacer un buen pase de rastra, para romper terrones y nivelar el terreno, de esta manera facilitar la formación de camas, surcos o líneas en donde se efectuará el trasplante (AGRIPAC, 1999 citado por Amaguaña, 2009).

2.9.7. Acolchado

El acolchado de suelo, es una técnica que consiste en cubrir el surco donde se va a establecer un cultivo con una película plástica, aplicándola directamente sobre el suelo. Esta metodología de cultivo provee múltiples beneficios reflejados en el rendimiento del cultivo, ya que la presencia de humedad permite tener el suelo más blando y esponjoso, propiciando mejor absorción de nutrientes y por consiguiente el desarrollo del cultivo, pues en promedio el cultivo trabajado en acolchado de suelos tiene un adelanto de 13 días en relación al cultivo tradicional (Tamaro, 1974 citado por Navarro, 2011).

Además de lo anterior, permite el crecimiento de la zona radicular de la Planta con más y mejor follaje y un uso más eficiente del agua de riego. Esta metodología, si se combina con el riego por goteo y la fertirrigación, es un éxito asegurado en la producción. Los materiales que se utilizan para el acolchado de suelos son polietileno de baja densidad calibre de 150 a 200, P.V.C. calibre de 200 a 250. En algunos lugares de la república se utiliza el polietileno de alta densidad calibre 100. Cabe hacer mención que en siembras de hortalizas de clima cálido como lo es el tomate es recomendable utilizar el color negro, con esto se evita el crecimiento de malezas en las rayas de siembra. En sí, el uso del acolchado de suelos es muy eficiente siempre y cuando se use de manera adecuada. El acolchado de suelos se puede realizar de manera manual, cuando son superficies pequeñas o de forma mecánica (Navarro, 2011).

2.9.8. Sustrato

El cultivo de chile habanero bajo condiciones de invernadero puede cultivarse directo en suelo o bien usando un sustrato y un contenedor para su desarrollo. Existe una variedad de sustratos y éstos se

clasifican en orgánicos e inorgánicos. Entre los orgánicos dos de los más usados son la fibra de coco y la turba; mientras que los inorgánicos comprenden a la roca volcánica o tezontle, piedra pómez, grava, perlita, vermiculita y arena de río (Villa *et al.*, 2014).

El mejor sustrato para el cultivo en cada caso varía de acuerdo con diferentes factores entre los que se encuentran: tipo de material vegetal (semilla, estaca, planta, etc.), especie cultivada, condiciones climáticas, tamaño y forma del contenedor, programas de riego y fertilización, así como aspectos económicos, experiencia en su utilización, etc. (Abad *et al.*, 2005 citado por Trejo, 2014).

2.9.9. Semilla

Las semillas de chile son mayores que las de jitomate, y tienen forma deprimida reniforme, son lisas, sin brillo y de color blanco amarillento. Las variedades de frutos pequeños usualmente tienen semillas más chicas (Guenkov, 1974, Pérez *et al.*, 1997, citado por Fuenfil, 2014).

Nuez *et al.* (2003) mencionan que la semilla se desarrolla a partir del primordio seminal. Es el órgano que establece el nexo de unión entre generaciones.

Las semillas de chile habanero son lisas, ovaladas y pequeñas (2.5 a 3.5 mm); tienen testa de color café claro a café oscuro y su periodo de germinación varía entre ocho a quince días. El sabor picante se debe a la presencia de capsicina, sustancia muy irritante en estado puro y cuya mayor concentración se encuentra en la placenta de las semillas (Tun, 2001).

2.9.10. Trasplante

Las plántulas están listas para trasplantarse cuando tienen una altura de 15 cm y cuatro hojas verdaderas, entre los 50 y 60 días después de la siembra.

Se recomienda hacer el trasplante en las horas frescas del día (por la mañana o por la tarde), con el fin de evitar marchitamiento de las plantas. Previo al trasplante y después de éste se aplica un riego pesado (villa, *et al.*, 2014).

Las plantas al trasplante deben estar uniformes, sanas, con hojas bien desarrolladas, de color verde y erectas, no se debe trasplantar plantas con coloración púrpura en las hojas, ya que esto indica una deficiencia de fósforo, deben tener un sistema de raíces bien desarrollado que permita contener el sustrato y que éste no se desmorone en el momento en que la plántula es sacada de la bandeja (Jaramillo *et al.*, 2007).

2.9.11. Polinización

Para que este proceso ocurra debe pasar el polen del estambre al estigma, es decir, de la parte masculina a la parte femenina de las flores. Para que una fecundación sea apropiada, debe haber condiciones de clima adecuadas; para que genere una buena polinización del chile habanero se produce a temperaturas entre 23 y 25°C de lo contrario sería afectada.

Existen varios métodos de polinización y cada uno debe realizarse en días cálidos y húmedos para aumentar las posibilidades de éxito. El calor es uno de los factores a considerar en la polinización. Cuando las temperaturas están por encima de 32°C se dificulta la polinización. A medida que va aumentando la temperatura se alarga el estigma, pudiendo verse fuera, y ese alargamiento no permite que el polen segregado por el estambre caiga dentro del estigma (Valerio, 2012).

La polinización se puede hacer manualmente sacudiendo suavemente las plantas. Este método es más fácil y efectivo. Al sacudir suavemente las flores se libera el polen y permite que viaje hacia las partes femeninas. Se recomienda realizar esta práctica cada 2 o 3 días para que se produzca la polinización y que comience la producción de habaneros (Jaramillo, *et al.*, 2007).

2.10. Plagas en el cultivo del chile habanero

Las principales limitantes del cultivo de chile son los problemas fitosanitarios encabezados por el complejo mosca blanca, plagas de foliadoras y mancha bacteriana; lo anterior propicia riesgos de producción y eleva los costos de prevención y control (Ramírez *et al.*, 2012).

2.10.1. Plagas por insectos

2.10.1.1. Picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano). Es de las plagas más importantes en Chile, las pérdidas han llegado a presentarse hasta en un 40% de la producción.

El daño para el chile es cuando el adulto del picudo está listo para salir del fruto, este daño hace que comience a amarillarse de los pedúnculos desprendiéndose de la planta.

2.10.1.2. Mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*). Es la principal transmisora de virosis, el daño principal es la transmisión de virosis al alimentarse de la savia de una planta infectada y trasmitirla a una sana.

2.10.1.3. Minador de la hoja (*Liriomyza spp*). Es otra de las plagas importantes ya que puede llegar a causar cuantiosas pérdidas en los cultivos, el daño radica en las galerías que la larva realiza en las hojas y puede provocar defoliaciones completas si no se controla a tiempo, al quedar defoliada la planta de Chile se acentúa el golpe de sol, reduciendo los rendimientos.

2.10.1.4. La araña roja (*Tetranychus urticae*, Koch). Es un ácaro que normalmente se presenta en la época seca del año y que en poblaciones altas puede provocar la defoliación total de las plantas y la muerte de las mismas.

2.10.1.5. Pulgón (*Aphis gossypii*, *Sulzer* y *Myzus persicae*, *Glover*)*Aphis gossypii* y *Myzus persicae* :son las especies de pulgón más comunes y abundantes en los invernaderos. Presentan polimorfismo, con hembras aladas y ápteras de reproducción vivípara.

Tanto los adultos como las ninfas viven en colonias, en el envés de las hojas terminales y en los brotes, y en altas infestaciones, invaden las hojas más maduras. Al alimentarse succionan savia e inyectan una saliva tóxica que provoca enrollamiento de las hojas, disminuyendo el vigor de la planta. También al alimentarse secretan una sustancia azucarada tipo mielecilla, en la cual crece un hongo (fumagina) que causa un ennegrecimiento de las hojas, que afecta la fotosíntesis.

2.11. Plagas microscópicas

2.11.1. Virus

Un daño secundario de mucha importancia es que actúan como vectores de enfermedades virales. Entre los que se encuentran el virus del mosaico de las cucurbitáceas (VMC), el virus de la papa (PVY) y el virus del mosaico del tabaco (VMT), entre otros. Por esta razón se recomienda efectuar un combate continuo de ellos.

2.11.2. Trips (*Frankliniella occidentales*, *Pergande*, *Trips palmi* Karny)

Los adultos colonizan los cultivos realizando la ovoposición dentro de los tejidos vegetales en hojas, frutos y preferentemente en flores. En estas últimas se localizan los mayores niveles de población de adultos y larvas eclosionadas de los huevecillos. Los daños directos se producen por la alimentación de larvas y adultos, sobre todo en el envés de las hojas. Provocan espacios de aire entre los tejidos distorsión de hojas, brillo plateado en los órganos afectados que luego se necrosan.

2.12. Enfermedades en el cultivo del chile habanero

2.12.1. Fumagina

Es una enfermedad que prospera sobre las excreciones de insectos chupadores como pulgones o mosquita blanca. Se presenta como una capa de hollín oscuro sobre las ramas, hojas y frutos (como si la planta estuviera sucia). El hongo interrumpe el proceso de fotosíntesis debido a que dificulta la llegada de luz a las hojas.

Para su control se aconseja combatir primero la mosca blanca y los pulgones, lo que producirá la muerte del hongo, al no tener de qué alimentarse. En caso de persistir se puede aplicar Azufer 71 (azufre) a razón de 2.5 - 7.5 g por litro de agua.

2.12.2. Mancha bacteriana

Enfermedad causada por la bacteria *Xanthomona vesicatoria*, puede presentarse en todas las partes de la planta (hojas, frutos y tallos). Los primeros síntomas son manchas acuosas circulares que se presentan en las hojas, estas manchas se necrosan, con centros de color café y bordes cloróticos delgados, Por lo general las lesiones están ligeramente hundidas en el envés de la hoja y levantadas en el haz de la misma. Las manchas foliares más severas cambian a un color amarillento y la defoliación es común. En los frutos, la infección comienza como pequeños puntos negros levantados que pueden estar rodeados de un halo blanco, de apariencia grasa. Estas lesiones pueden agrandarse hasta alcanzar entre 4 y 5 mm de diámetro y se tornan de color negro, ligeramente protuberantes y costrosas.

2.12.3. Marchitez o pudrición (*Rhizoctonia solani* Kühn)

Es parte del complejo de hongos que provocan el “damping off”, o caída de plántulas como consecuencia del estrangulamiento y necrosis del tallo a nivel de cuello en plantas recién emergidas. En plantas adultas los síntomas se caracterizan por presentar lesiones cóncavas de color pardo rojizo que aparecen en el tallo y en la raíz principal. El suelo muy húmedo, con un drenaje pobre favorece el desarrollo del hongo (Villa *et al.*, 2014).

2.13. Siembra

Las plantas de chile habanero no se siembran directamente en el suelo, es común que las semillas se germinan en sitios especiales llamados almácigos, los cuales ofrecen condiciones muy favorables de suelo, luz y agua para posibilitar un buen crecimiento, así se obtienen las llamadas plántulas, que se trasplantan al sitio de cultivo y también suelen producirse en charolas de polietileno, (Tomás *et al.*, 2006).

Para determinar la mejor fecha de siembra se debe tener en cuenta cuáles son los requerimientos del cultivo y restricciones que el clima y suelo de la zona de producción van a ejercer sobre el mismo, de esta misma forma es importante señalar que los períodos de floración de los distintos cultivos en diferentes fechas de siembra coinciden con temperaturas que pueden o no ser adecuadas. Por ejemplo, la siembra temprana de cultivos cortos hace que la floración se produzca con temperaturas menores a la óptima. Por el contrario, la floración de materiales de ciclo largo se produce en mejores condiciones (Schwab, 2010).

La fecha de siembra tiene un efecto sobre el número de días en alcanzar la primera cosecha y a medida que se retrasa se reduce el periodo de producción (Grijalva *et al.*, 2011). Mayor duración de ciclo permite mayor intercepción de radiación y, por ende, una mayor acumulación de biomasa que pueda dar lugar a mayor rendimiento, el retraso en la fecha de siembra ubica el periodo reproductivo en condiciones de menor radiación y temperatura. No obstante, siembras muy tempranas pueden repercutir en un lento crecimiento inicial y menor desarrollo (Murgio *et al.*, 2012).

2.14. Cosecha

La cosecha se lleva a cabo cuando el fruto tiene una consistencia firme y presenta el color característico del material genético generalmente se emplea el de color naranja; en este caso, el primer corte se realiza cuando los frutos tienen un color verde brillante y son duros al tacto, La primera cosecha se realiza de los 75 a los 84 días después del trasplante y se hacen hasta 18 cosechas con intervalos de siete a diez días. El rendimiento total de fruto puede alcanzar hasta 62 ton ha, el peso de fruto individual fluctúa entre 8.5 a 10 g, mientras que el largo y ancho del fruto es de 4 a 5 cm y 2.7 a 4.5 cm, respectivamente (Villa *et al.*, 2014).

2.15. Manejo de poscosecha

Navarro (2011) recomienda que, una vez hecha la recolección, se deberá depositar en contenedores o en cajas de cosecha. No debe asolearse y debe llevarse al área de selección y empaque, cuidando que el tamaño y el peso de la caja no sean demasiado grandes para no dañar el fruto.

En el área de selección se lleva a cabo la limpieza y selección del chile habanero aplicando los criterios de color, tamaño, textura y el más importante en este caso el peso.

Según la demanda del mercado, se selecciona el chile habanero para el corte, manejando los siguientes parámetros:

- Acampanado: Es el fruto que inicia su maduración y se aprecia más verde que rojo.
- Rugoso: Usualmente es el parámetro que más se maneja.
- Su color se aprecia en tono naranja o rojo claro y su característica más rugosa y grande.
- Maduro: Este parámetro es cuando el fruto presenta madurez del 100%.

Posteriormente se clasificará, según su estándar de calidad en: primera (los más grandes), segunda (los de tamaño regular) y, tercera (los más chicos).

El empacado se realiza en cajas de cartón o taras, según se demande, cuyo llenado será entre los 5 y 10 kg para evitar dañar el fruto. El proceso más conveniente de empaque es intercalar un tendido de habanero y un entrepaño hasta alcanzar el peso ideal de la caja, donde los tendidos pueden variar dependiendo del tamaño del fruto. Posteriormente se estiban por clasificación, listos para salir al mercado.

2.16. Comercialización

La comercialización del chile habanero, se maneja de acuerdo con la producción que se obtenga y a la calidad de los mismos, estableciendo rangos para su oferta a través de diversos mecanismos que permitan su manejo adecuado en el tiempo y la oportunidad de los mercados para lograr el mejor precio. En la comercialización del habanero participan varios agentes; desde el productor hasta un consumidor final,

participando acopiadores, mayoristas, industriales, detallistas y exportadores, dependiendo de la forma de consumo del chile habanero y destino del mercado nacional o de exportación (Navarro, 2011).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción y localización del área de estudio

El presente proyecto se realizó durante el periodo comprendido del mes de julio a diciembre del año 2018 en el Invernadero del Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan (ITCP), ubicado en la Av. Tecnológico N°21, Ejido San Bartolo, municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, estado de Oaxaca.

Se localiza al norte del estado en la parte de la región del Papaloapan, entre las coordenadas de longitud oeste -96.107500 de latitud norte 18.092222 , se encuentra a 20 metros sobre el nivel del mar (Figura 1). Tiene un clima caluroso con una temperatura media anual de 25°C y precipitación pluvial variable.



Figura 1. Localización del invernadero del Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan.

3.2 Materiales

Los materiales que se utilizaron durante el periodo de estudio fueron los siguientes:

- | | |
|-----------|--------------------------|
| 1.Machete | 4.Guantes |
| 2.Lima | 5.Cloro |
| 3.Escoba | 6.Anibac (desinfectante) |

- 7.Tractor con arados de discos
- 8.Bomba de mochila
- 9.Charolas
- 10.Sernidor
- 11.Sustratos (composta)
- 12.Semillas de chile habanero
- 13.Palas rectas y cuadradas
- 14.Picos
- 15.Nailo de Acolchar
- 16.Una balanza
- 17.Tubo de PVC de 16 metros
- 18.Esponjas
- 19.Taladros de brocas
- 20.Pegamento de PVC
- 21.Vernier
- 22.Cinta métrica
- 23.Libreta y lapicero
- 24.Bomba de agua para riego
- 25.Agua con soluciones nutrimentales
- 26.Cubeta de 20 litros
- 27.Bolsa de plástico
- 28.Fertilizantes y fungicidas
- 29.Azadon
- 30.Extencion de 20 metros
- 31.Bomba de agua para sistema hidropónico
- 32.Rastrillos de jardinería
- 33.Rafias
- 34.Invernadero
- 35.Cintillas para riego
- 36.Micorrizas® 1kg
- 37.Prontius® (fungicida)
- 38.Trichodermas® (fungicida biológico)

3.3 Métodos

3.3.1. Obtención de plántulas

En este procedimiento Se sembraron las semillas del chile habanero manzano el día 26-07-2018, de la marca del producto de Horta flor esto aplicándole el producto llamado prontosix® esto para evitar que la semilla se contaminara o se dañara por alguna plaga, se alcanzó un total de rendimiento de hasta 70 semillas por sobre, sembrando un total de 3 charolas de 200 cavidades, Generando un total de 300 plántulas germinadas (50 %) de un total de 600 semillas sembradas, continuamente se le estuvo regando durante los 30 días después de haberse sembrado.

Debido al bajo porcentaje de germinación se realizó una segunda siembra de las semillas del habanero el día 3-08-2018 (teniendo un aproximado de 75% de germinación), para posteriormente poder resembrar dentro del invernadero y en el sistema hidropónico.

3.3.2. Limpieza

Se realizó la limpieza interna y externa del invernadero del Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan esto con el fin de eliminar toda la maleza que se encontraba dentro del mismo, utilizando machetes y guantes para así dejar en buen estado el lugar del invernadero, para posteriormente empezar nuestro cultivo.

Además, se realizó la limpieza del área de trabajo como fue el semillero, pileta y el jardín, esto cada semana para que tener una buena imagen del área de trabajo.

3.3.3. Desinfección del suelo

Se realizó la desinfección del suelo dentro del invernadero con hipoclorito de sodio y el desinfectante Anibac® este proceso se realizó con una bomba de mochila posterior al rastreo para mantener eliminar el área de patógenos y plagas.

3.3.4. Aplicación de insecticidas

Se programó y se realizó la aplicación del insecticida con una bomba de mochila, esto aplicándolo al suelo dentro del invernadero. Se realizaron dos aplicaciones una antes y otra después del rastreo, esto con el fin de eliminar toda clase de huevecillos y plagas que sobrevivieron al primer paso de rastra, como también eliminar los insectos dentro del invernadero.

3.3.5. Aplicaciones de productos

Se realizaron aplicaciones de fertilizantes y fungicidas a las plantas de chile habanero, los cuales fueron los siguientes:

Forte-Bayfolan®. Es un fertilizante Foliar inorgánico/líquido, su composición garantizada se representa en %/peso y contiene fósforo-potasio-calcio-Nutrientes-vitaminas y fitohormonas: esto para su desarrollo (en cosechas abundantes y de calidad). Este ayuda a resolver deficiencias de micro elementos que da buenos resultados al cultivo a este producto. Se debe aplicar en cultivos con etapas de desarrollo vegetativos

o en reproducción intensa. Su Dosis baja durante el desarrollo vegetativo y de 1 a 2 aspersiones a un intervalo de 15 días y durante la floración para promover el amarre de fruto. La variación de la dosis dependerá del desarrollo vegetativo de los cultivos.

Súper Arrancador®. Es un fertilizante inorgánico, líquido, su formulado es en solución concentrada, y su composición garantizada de este producto son los nutrimentos como el Magnesio (Mg) 2.5 %, Cobre (Cu) 3.0 %, Zinc (Zn) 4.0 %,Manganeso (Mn) 2.5 %, Fierro (Fe) 0.2 %,este producto está diseñado para mejorar significativamente el desempeño del cultivo en cada etapa de desarrollo y promover un crecimiento vegetal en completo balance nutricional y se utiliza también para la corrección de deficiencias nutricionales en las plantas porque contiene micronutrientes, acomplexados orgánicamente que aseguran una biodisponibilidad y eficiencia de asimilación al momento de la aplicación ya que aporta nutrientes esenciales en el funcionamiento de las enzimas de síntesis y vida útil de las hormonas de crecimiento (auxinas, citoquininas y giberelinas),y estimula significativamente el crecimiento de raíces. plantas fuertes y productivas, su dosis foliar y dosis al suelo son las siguientes como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Dosis del producto.

DOSIS FOLIAR		DOSIA AL SUELO	
L/HA	1.0-1.5	L/HA	1.5-2.5

Este producto se debe aplicar a los 14-21 días después del trasplante o siembra, al inicio del desarrollo vegetativo del chile, excelente etapa para corregir deficiencias nutricionales y obtener el mejor rendimiento del cultivo, también se debe realizar de 2 a 3 aplicaciones a intervalos de 8 a 10 días.

Inspire Gold®. Es un fungicida que contiene 2 ingredientes activos dirfenoconazol y cydrodinil con actividad sistémica que penetra en el tejido de la hoja y que genera una distribución durable y uniforme en hojas tratadas, esto proporciona un efecto preventivo, sistémico y curativo, los ingredientes se representan en % en peso. El Dirfenoconazol+cyprodinil son mezclaS de fungicidas agrícolas, aceite en agua, al igual la Emulsión: /ingredientes inertes, este producto es un ajustador de pH, agente antiespumante, espesante, anticongelante, conservador, surfactantes y

disolventes, el uso exclusivo de este cultivo es recomendado en cultivos y enfermedades. Es también recomendable para el control de las enfermedades, los cultivos a los que se puede utilizar este fungicida son hortalizas, las enfermedades que puede controlar este producto son: la enfermedad de pudrición del florete (*Alternaria brassicola*), su dosis suele ser 1.0-1.5 L/ha esto se debe aplicar en condiciones de alta humedad.

3.3.6 Preparación del terreno

Se programó un pase de rastreo con tractor con arados de discos al suelo dentro del invernadero, esto con el fin de remover el suelo y así mismo eliminar plagas del suelo y posteriormente realizar las camas para el cultivo.

3.3.7. Charolas

Al igual se realizó la desinfección de charolas con hipoclorito de sodio y desinfectante Anibac®, esto para poder mantener limpias las charolas y libres de algún patógeno, posteriormente se realizó el cernido del sustrato (composta) para así poderlo desinfectar con el Anibac® e insecticida, esto para evitar que existiera algún insecto y se dejó reposar 3 días para su máximo efecto y ya posteriormente se empezaron a llenar las charolas con sustrato para posteriormente sembrar las semillas.

3.3.8. Elaboración de camas de cultivo

Se elaboraron las camas para mantener el cultivo dentro del invernadero, para posteriormente poder trasplantar las plantas de habanero que se encontraban germinadas en charolas. La medida de la cama muestra fue de 0.5 m de ancho por 28 m de largo, con un área de 14 m² para suelo y 0.3 m x 6 m las unidades experimentales de hidroponía, con un área total de 1.8 m².

3.3.9. Acolchado. Este procedimiento se realizó del 31 de julio al 5 de agosto del 2018, El acolchado se realizó de forma manual utilizando un plástico negro/plata calibre 90 y unas palas rectas para ir colocando suelo a los costados de las camas y así agarrar el sobrante del plástico para su presión. El color negro quedó por debajo y la plata por arriba esto debido a que el color plata refleje los rayos solares y el color negro impida la entrada de luz en la parte inferior del plástico y no se desarrolle las malezas.

3.3.10. Trasplante

Se realizaron los trasplantes de plantas de habanero a las camas del invernadero y al sistema hidropónico al mes de haber germinado en sus respectivas charolas.

3.3.11. Medición de variables en invernadero

Se realizaron las mediciones de variables de las plantas del sistema hidropónico y la del sistema en camas del invernadero a los 30 días

después del trasplante, la cuales: fueron: número de hojas, altura, grosor del tallo y número de flores (fruto) esto con la ayuda de un vernier y una cinta métrica.

3.3.12. Instalación del sistema hidropónico

El sistema de hidroponía se instaló el día 6 de noviembre de 2018, primero se calculó la distancia de los orificios que se hicieron al tubo de pvc para establecer el cultivo, los cuales se hicieron con un roto martillo reversible de media 600w marca CHUNDAY modelo HYTR600 y una broca de tambor de 1.5 pulgadas (Figura 10), posterior a esto se elaboró el diseño de la esponja que sería el soporte de las plantas y se procedió a anivelar el tubo en el cual se estableció de forma definitiva, se realizó el llenado del tubo con las sales minerales diluidas, según la formulación, Se instaló una bomba de pecera (marca BOYU, modelo SP-2300) para oxigenar el agua y darle un flujo continuo, por último se trasplantó las plántulas en el sistema de hidroponía para darle su manejo de cultivo Continuamente.

3.3.13. Preparación de soluciones nutrimentales

Se realizaron preparaciones de soluciones nutrimentales en el laboratorio de suelos del Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan (ITCP), para proporcionar los nutrimentos necesarios a las plantas de hidroponía de chile habanero y generar un crecimiento adecuado, las soluciones nutrimentales fueron realizadas con base en lo descrito por González (2011) como se muestra en el Cuadro 3. La cantidad de solución utilizado fue calculada para preparar 40 litros de agua para cada sistema hidropónico.

3.3.14. Determinación de peso seco mediante la medición de la humedad.

Se realizó la determinación de peso seco mediante la medición de la humedad, en el laboratorio de Fisiología Vegetal del ITCP, en frutos de chile habanero promediando entre el tamaño más grande y el más pequeño de la producción obtenida.

Cuadro 3. Solución nutrimental por 1000 L de agua.

Fuente de fertilizante	Concentración			
	100%	75%	50%	25%
Ac. fosfórico 85%	100 ml	75 (ml)	50 (ml)	25 (ml)
Sulfato de potasio	870	652.5	435	217.5
Sulfato de magnesio	1230	922.5	615	307.5
Nitrato de potasio	750	562.5	375.0	187.5
Nitrato de calcio	1300	975.5	650	325.0
Sulfato ferroso	50	37.5	25.0	12.5
Sulfato de manganeso	10	7.5	5.0	2.5
Sulfato de zinc	5	3.8	2.5	1.3
Sulfato de cobre	5	3.8	2.5	1.3
Bórax	20	15.0	10.0	5.0

Fuente: González (2011).

3.3.15. Fruto

El fruto tiene una consistencia firme y presenta el color característico del material genético generalmente se emplea el de color naranja, presenta mejor tamaño y textura, este se observa a la décima semana ddt (70 días ddt), estos para posteriormente empezar la cosecha.

Los frutos se presentaron con diferentes características, unos rugosos grandes, y otros acampanados, verdes brillosos, con un peso excelente para su correspondiente comercialización

3.3.16. Determinación de humedad: Método por secado en estufa.

Se calculó el porcentaje de humedad, reportándolo como pérdida por secado a 100-110 ° C, bajo la metodología marcada por UNAM (2007).

Se pesaron de 2 a 3 g de muestra en una pesa filtro con tapa (previamente pesado después de tenerlo a peso constante 2 horas, a 130°C aproximadamente.) secar la muestra en la estufa 2 horas, a 100-110°C, retirar de la estufa, tapar, dejar enfriar en el desecador y pesar tan pronto como se equilibre con la temperatura ambiente. Y repetir hasta peso constante.

3.3.17. Cosecha

El primer corte o cosecha, se realizó a los 100 días ddt, una vez que los frutos empezaron a cambiar de color (de verde a naranjas/rojos). En el periodo comprendido de investigación, se realizaron 15 cortes en total.

3.3.18. Poscosecha

El manejo que se le dio a los frutos una vez cosechados, consistió en separarlos de acuerdo al grado de maduración, en bolsas. Esto con la finalidad de evitar el maltrato del fruto e ir comercializándolo de acuerdo con las peticiones del cliente.

3.3.19. Comercialización

Se realizó de acuerdo al valor del fruto en el mercado; básicamente con pequeños comerciantes dentro de la población de San Bartolo, Tuxtepec centro y con las amas de casa.

Se pesaron los frutos e introdujeron en bolsas de polietileno de 1 kg y de tamaño mediano a la cual le cabía 1 kg de chiles y así se hizo la comercialización a clientes.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Desarrollo de la planta

Según la prueba estadística de Test Tukey, con $p = 0.05\%$ muestra que existe diferencia significativa en las medias de altura de planta entre la de invernadero y la del sistema hidropónico (Cuadro 4).

Cuadro 4 Medias de altura de plantas de chile habanero.

Tratamiento	Medias (cm)	Clasificación
Hidroponía	47.64	a
Invernadero	20.35	b

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.5$)

Según la prueba estadística de Tukey, con alfa a escala de $p = 0.05\%$ muestra que existe diferencia significativa en las medias de grosor de tallo de las plantas (Cuadro 5) entre las de invernadero y las del sistema hidropónico.

Cuadro 5. Medias de grosor de tallo de plantas de chile habanero.

Tratamiento	Medias (mm)	Clasificación
Hidroponia	2.5	a
Invernadero	4.9	b

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.5$)

4.2. Producción de chile habanero

Según la prueba estadística Test Tukey, con $p=0.05\%$, muestra que existe diferencia significativa en las medias de peso sobre número de frutos de producción, realizado en ocho cortes al tratamiento en hidroponia y al suelo del invernadero (Cuadro 6). Los cortes fueron realizados en función del cargado y llenado de los frutos sin llegar a la maduración total, en el punto medio del climaterio.

Cuadro 6. Medias de producción de fruto de chile habanero.

Tratamiento	Medias g	Clasificación
Hidroponía	5.84	a
Invernadero	7.49	b

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.5$)

4.3. Determinación de materia seca.

Según la prueba estadística de Test Tukey, con $p = 0.05\%$ muestra que existe diferencia significativa en las medias de determinación de materia seca del fruto entre la de invernadero y la del sistema hidropónico (Cuadro 7).

Cuadro 7. Muestra de determinación de materia seca del fruto.

Tratamiento	Medias (g)	Clasificación
Hidroponía	0.29	a
Invernadero	0.27	b

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.5$)

4.4. Discusión

Torres-Bojorques *et al.* (2017) reportaron en su trabajo bajo condiciones de invernadero, que utilizaron un acolchado plástico color negro, como el empleado en el presente proyecto, y en donde tuvieron a los 90 ddt del chile habanero, un diámetro del tallo de 11.5 mm y 59.3 cm de altura de la planta, mientras que el presente trabajo se reporta, en suelo, una media de 10.0 mm para diámetro del tallo y 79.33 cm de altura, es decir, tuvimos un menor tamaño en cuanto a grosor y altura de la planta de lo que ellos reportan.

En cuanto a la producción Torres-Bojorques *et al.* (2017) mencionan que la media productiva bajo condiciones de invernadero con acolchado negro fue de 401.3 g/m², mientras que el presente trabajo tuvo un rendimiento de 302.27 g/m², incluso son rendimientos menores a los registrados por López *et al.* (2015) con 360 g/m² esto pudo ser debido a que el invernadero donde se trabajó se encuentra en una zona baja.

Tapia-Vargas *et al.* (2016) reportan, en sistema hidropónico, una altura de la planta de 1.37 m y un grosor de tallo de 13.4 mm sin embargo mencionan que la medición se hizo de forma semanal pero no reportan el total de semanas medidas; mientras que el reportado en el prentes experimento fue de 47.64 cm para altura de la planta y 2.5 mm para grosor del tallo como promedio a los 90 ddt.

Por su parte Villa *et al.* (2014) reportan para hidroponia un rendimiento de 690 g/m² valores muy superiores registrados al presente proyecto con 355 g/m². Esto puede ser debido a que la luz eléctrica era cortada durante el día y la bomba encargada de oxigenación de la solución nutritiva dejaba de funcionar de 8 :00 a 6 :00 horas, horario donde la tasa fotosintética y la radiación solar activa es mayor, otro punto también que al dejar de funcionar la bomba las soluciones nutricionales se concentraban al fondo del tubo de PVC en un solo lugar y eso hacía que las plantas no absorbieran suficientes nutrientes esto por las raíces de las plantas estaban muy comprimidas y no había libertades de las mismas.

Por su parte en base al objetivo planteado del proyecto, se realizó una comparación degustativa del fruto en ambos sistemas de producción, dando a probar el producto con las personas que lo adquirieron y que por sus comentarios determinaron que el producido en el invernadero era el que presentaba mejor olor y sabor.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De acuerdo con los objetivos planteados al inicio del proyecto, se puede concluir con lo siguiente:

Que el cultivo bajo invernadero es una opción de producción que permite proteger a las cosechas de factores ambientales adversos. Tales como, temperaturas extremas, precipitación intensa, baja humedad relativa y radiación solar intensa.

También en el sistema en invernadero es posible tener un mejor control de las plagas y enfermedades, lo cual ayuda para que la calidad y cantidad de las cosechas se incrementen.

Se determinó que, de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, la hipótesis planteada se rechaza, debido a que se obtuvo en promedio un mayor crecimiento, producción y peso seco en sistemas convencionales en invernadero.

Que la comparación de la tasa de crecimiento y peso de fruto entre el cultivo hidropónico y en suelo en invernadero fue muy diferente respectivamente, siendo el tratamiento de camas en invernadero el más adecuado para alcanzar los más altos rendimientos (peso y gustación) y mejor calidad de los frutos de chile habanero.

5.2. Recomendaciones

Con base a lo obtenido en el proyecto con respecto a la producción y el desarrollo de la planta se deben hacer las siguientes recomendaciones:

Sistema hidropónico

Se sugiere que hay que tener energía eléctrica cerca de nuestro sistema hidropónico esto para darle mayor oxigenación al agua, y para que también las soluciones nutricionales no se queden estancadas en el fondo de los tubos.

Otra sería tener tubos de pvc con un diámetro más grande esto para que las raíces de las plantas de chile estén más liberadas y absorban los nutrientes con más facilidad.

No dejar que las soluciones se vuelvan sales ya que esto puede quemar a nuestras plantas por su mayor concentración.

Realizar la preparación de soluciones nutritivas cada 30 días y cambiarle el agua cada 15 días.

Camas en invernadero

Se recomienda desinfectar con más plenitud el suelo antes de trasplantar el cultivo esto para eliminar todo tipo de virus y enfermedades que todavía quedan en el suelo después de haberla removido con pase de rastras.

Aplicar hongos benéficos al suelo antes del trasplante esto para eliminar los hongos del suelo.

No tener tanta humedad en nuestros suelos para que no existan enfermedades.

6. LITERATURA CITADA

- Aceves, N. I. A., I. J. F. Juárez, I. D. J. Palma, I. R. López, H. B. Rivera, R. J. A. Rincón, C. R. Morales, A. R. Hernández y S. A. Martínez 2008. "estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) En el estado de Tabasco." SAGARPA, INIFAP. Pp. 56.
- Alpizar, A. L. (2006). Hidroponía Cultivo sin Tierra. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.
- Amaguaña A., L. A. 2009. Evaluación de tres biofertilizantes frente a tres dosis de aplicación en el tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero en Quichinche-Otavaló. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica del Norte. Ecuador. Pp 110.
- Bizuet García, A. (2014). Desarrollo e instrumentación virtual para un invernadero hidropónico de lechuga Simpson. México: UNAM.
- Borges-Gómez, I., Moo-Kauil, C., J. Ruíz-Novelo, M. Osalde-Balam, C. González Valencia, C. Yam-chimal y F. Can-Puc. 2014. Suelos destinados a la producción de chile habanero en Yucatán: características físicas y químicas predominantes. Agro ciencia.
- Bosland P. W. and E. Y J. Votava. 2012. Peppers: vegetable and spice capsicums. Crop production science in horticulture. 2nd edition. Cabi publishing. Wallingford, UK.

- Chapingo, México (2010) y González Jiménez (2011). Combinación de sustratos y solución nutritiva en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y p) Laboratorio de alimentos departamento de alimentos y biotecnología facultad de química, UNAM ;(2007-2008).
- Chin, A. Y. (2012). "Impact of different fertilization methods on the soil, yield and growth performance of black pepper (*piper nigrum* l.) " *malaysian journal of soil sciencie*.
- Conabio (2009). *Capsicum chinense* Acq. Recuperado el 24 de junio de 2013. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21809_especie.pdf
- Coop, G. F. Y., C. A. I. Corona, R. R. Rodríguez y R. F. J. Herrera. 2011. Conservación de la calidad postcosecha en chile habanero (*Capsicum chinense* jacq.) mediante atmósferas modificadas. *Revista Iberoamericana de Tecnología post cosecha*.
- Fuenfil Ocampo, A. (2014). Informe técnico de residencia profesional, en Juan Sarabia Quintana Roo.
- Fundamentos y técnicas de análisis de alimentos (2007-2008) laboratorio de alimentos, departamento de alimentos y biotecnología facultad de Química, UNAM.
- González, E.T., Zúñiga, A. J.J., Vázquez, F. F. (2018). Mejoramiento Genético del chile habanero de la Península de Yucatán, Centro de Investigación Científica de Yucatán. México. Pp. 188.
- Graillet, J. E. M., H. J. A. Hernández, G. I. C. Alvarado y A. A. Retureta. (2014). "Evaluación de cuatro reguladores de crecimiento en chile habanero".
- Grijalva, C. R. I., D. R. Macías, D. S. A. Grijalva y C. F. Robles. (2011). "Evaluación del efecto de la fecha de siembra en la productividad y calidad de híbridos de pepino europeo bajo condiciones de invernadero en el noroeste de Sonora." *Biotecnia* xiii:

- Ismail S. M. (2010). Influence of deficit irrigation on water use efficiency and bird pepper production (*Capsicum annum L.*). Meteor. Environ. Arid Land Agric. Sci.
- Jaramillo, J., V. P. Rodríguez, M. Guzmán, M. Zapata, y T. Rengifo. (2007). Manual Técnico de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) bajo condiciones protegidas en la producción de tomate. Medellín. Colombia.
- López-Espinosa, S. T., Latournerie-Moreno, L., Castañón-Nájera, G., Ruiz-Sánchez, E., Gómez-Leyva, J.F., Andueza-Noh, R.H. y Mijangos-Cortés, J.O. (2018). Diversidad genética de chile habanero (*Capsicum chinense jacq.*) mediante ISSR. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 41 (3). Pp. 227 - 236.
- López L. R., Mirafuentes, H. F., Avilés B. W.I., Jiménez C. J.A. y Meneses M. I. (2015). Producción de chile habanero con riego por goteo. INIFAP. México. 64 p.
- López-Puc, G., Canto-Flick, A. y Santana-Buzzy, N. (2009). El reto biotecnológico del chile habanero. Ciencia - Academia Mexicana de Ciencias. 60 (3). México. P 30 - 35.
- Lugo-Jiménez, N., M. Carballo-Bautista, E. Sauri-Duch, A. centurión-yah y E. tamayo-canul. (2010). "efecto del sistema de cultivo sobre la calidad".
- Macías-Rodríguez, H., J. A. Muñoz-Villalobos, M. A. Velásquez-Valle, m. d. c. potisek-talavera y m. villa-castorena. (2013). Chile habanero: descripción de su cultivo en la Península de Yucatán." revista Chapingo serie zonas áridas xii.
- Marcial S. L. (2016). Crecimiento y producción de chile habanero (*Capsicum chinense jacq.*) bajo tres fechas de siembra en la comarca lagunera. Tesis.
- Murgio, M., F. Fuentes, I. Salines, D. Soldini y V. A. (2012). "respuesta del rendimiento de cuatro cultivares de soja en diferentes fechas de siembra." inta.
- Navarro U., E. (2011). Producción de tomate saladette (*Lycopersicum esculentum Mill.*) bajo condiciones de invernadero en una unidad de producción chaparrosa, de Villa de Cos, Zacatecas.

Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.

- Nieves, G. F., S. G. Alejo, E. G. luna, F. C. Lemus, I. P. Juárez y P. E. Salcedo. (2015). "extracción y requerimiento de fósforo en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) 'Big brother' "interciencia 40: 282-286
- Noh-Medina, J., Borges-Gómez, L., Soria-Fregoso, M. (2010). Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) tropical and subtropical agroecosystems.
- Nuez, F., O.R. y J. Costa. (2003). El cultivo de pimientos, chiles y Ajies.mundi-prensa. México. Pérez J., Hurtado, G., Aparicio, V., Argueta, Q., &, Larin, M. (2012). Guía técnica cultivo de tomate. El Salvador, Centa.
- Nuño M., R. (2007). Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el Valle de Mexicali, Baja California. México.
- Quintal, O. W.C., Pérez-Gutiérrez, A., Latournerie, M.L., May-Lara, C., Ruiz, S.E., Martínez, C.A.J. (2012). Uso de agua, potencial hídrico y rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Rev. fitotec. mex [online], vol.35, n.2, pp.155-160. ISSN 0187-7380.
- Ramírez, J. G., B. W, Avilés., E. R. Dzip. (2006). Áreas con Potencial Productivo para Chile Habanero (*Capsicum chinense*, Jacq) en el Estado de Yucatán. En: Primera Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. INIFAP, COFUPRO, CICY, AMEAS y otras instituciones. Mérida, Yucatán, México.
- Ramírez, M. M.; Arcos C. G.; y Méndez, A. R. (2018). Jaguar: cultivar de chile habanero para México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 9 (2). México. Pp.487-492.
- Ramírez, M. M., C. G. Arcos, V. H. Mata y G. E. Vázquez. (2012). "Jaguar, variedad de chile habanero para México." SAGARPA, INIFAP, Cirn.

- Ruiz-Lau, F., Medina, L.F., Martínez, E. M. (2011). El chile habanero: su origen y usos. *Ciencia - Academia Mexicana de Ciencias*. 62 (3). México. P 70 - 77.
- Schwab, M. I. (2010). "comportamiento agronómico de colza según fechas de siembra." universidad católica argentina, facultad de ciencias agrarias, Argentina.
- SIAP-SAGARPA. (2012). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadera, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- SIAP-SAGARPA. (2007). Servicio de información agroalimentaria y pesquera-secretaria de agricultura, Ganadera, desarrollo rural pesca. www.siap.gob.mx/.(consultado 23 enero 2013).
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2018). Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de información agroalimentaria y pesquera, SAGARPA. Ciudad de México. <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola> (junio 2018).
- Tapia-Vargas *et al*, (2016). Producción Hidropónica de chile habanero Negro (*capsicum chinense* jacq), *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 39 (3): 241 - 245, 2016
- Tomás, G.E., Gutiérrez, P.L. y Contreras, F.M. (2006). El chile habanero de Yucatán. *Ciencias y desarrollo*. CONACYT. (Variedades y características del chile habanero, 2017).
- Torres-Bojorques, A. I., Morales-Maza, A., NúñezRamírez, F., & Cervantes-Díaz, L. (2017). Utilización de acolchado plástico y aplicación de hierro foliar en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivado en malla sombra infectado con virus. *Acta Universitaria*, 27(5), 3-10. doi: 10.15174/au.2017.1333
- Trejo R., R. (2014). Evaluación de sustratos y enarenados en producción de tomate bola (*Solanum Lycopersicum* L.) en invernadero. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 45 pp.
- Tun, D. José de la Cruz. (2001). Chile habanero, características y Tecnología de Producción. SAGARPA, INIFAP, Centro de Investigación Regional del Sureste. Yucatán, México.

- Uribe Fazla. (2008). El chile habanero como opción de cultivo, hortalizas la mano derecha del productor.
- Valerio M. (2012). Polinización adecuada de tomates, [http://www.hortalizas.com/articulo/32273/polinización adecuada de-T](http://www.hortalizas.com/articulo/32273/polinización%20adecuada%20de-T).
- Villa C. M., E. A. Catalán V., M. A. Inzunza I. A. Román L. Y H. Macías R. (2010). Población de plantas y manejo de la solución nutrimental del chile habanero (*Capsicum chinense Jacq.*) en invernadero. XXII semana Internacional de Agronomía.
- Villa, C. M., Catalán, V. E. A., Inzunza, I. M. A., Román, L. A., Macías, R. H. y Cabrera, R. D. (2014). Producción hidropónica de chile habanero en invernadero. INIFAP. México. Pp.56.
- Villa C. M., E. A. Catalán V., M. A. Inzunza I. A. Román L. y H. Macías R. (2013). Podas y bioestimulantes en chile habanero (*capsicum chinense Jacq.*) bajo condiciones de invernadero. Memorias del XXXVIII Congreso de la SMCS, A.C. pp. 336-340.

7. APÉNDICE



Figura 2. Limpieza externa del invernadero.



Figura 3. Limpieza interna del invernadero.



Figura 4. Desinfección del suelo dentro del invernadero.



Figura 5. Aplicación de desinfectante Anibac® e hipoclorito de sodio.



Figura 6. Aplicación de insecticida al suelo en invernadero.



Figura 7. Aplicación del Fertilizante Forte-Bayfolan®.



Figura 8. Aplicación Fertilizante súper arrancador®.



Figura 9. Aplicación de Fungicida Inspire Gold®.



Figura 10. Pase de rastra con arados de discos dentro del invernadero.



Figura 11. Desinfección de charolas.



Figura 12. Siembra de chile habanero.



Figura 13. Elaboración de camas en invernadero.



Figura 14. Establecimiento del acolchado.



Figura 15. Resiembra de chile habanero en semillero.



Figura 16. Programación de riego al cultivo de habanero en camas.



Figura 17. Elaboración para la instalación del sistema hidropónico.



Figura 18. Medición de variables en el sistema hidroponia.



Figura 19. Flores del fruto de chile habanero.



Figura 20. Fruto de chile habanero en desarrollo.



Figura 21. Preparación de soluciones nutritivas.



Figura 22. Muestras de chile habanero en la estufa.



Figura 23. Instalación del sistema hidropónico.



Figura 24. Corte de fruto en camas en invernadero.



Figura 25. Corte de fruto en hidroponia.



Figura 26. Peso de fruto con balanza analítica.



Figura 27. Clasificación del fruto por tamaño.



Figura 28. Determinación de peso seco mediante la medición de la humedad.