



**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 EN INVERNADERO EN EL CULTIVO  
DE TOMATE DE CRECIMIENTO INDETERMINADO**

Tesis que presenta:

**MORÁN MARTÍNEZ MARÍA DE LOS ÁNGELES**

**RAMÍREZ ZACARÍAS JOEL**

Como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERÍA EN AGRONOMÍA**

---



Tuxtepec, Oaxaca.  
Marzo de 2019



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE  
LA CUENCA DEL PAPALOAPAN



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE  
LA CUENCA DEL PAPALOAPAN

## **COMPARATIVA ENTRE UNIDADES HIDROPÓNICAS Y CONVENCIONALES EN INVERNADERO EN EL CULTIVO DE TOMATE DE CRECIMIENTO INDETERMINADO**

**MORÁN MARTINEZ MARÍA DE LOS ÁNGELES**  
No. de control: 14810054

**ASESOR INTERNO:  
ING. EMANUEL PÉREZ LÓPEZ**

**ASESOR EXTERNO:  
M.C. MARÍA ADELA PÉREZ RÍOS**

**PERIODO DE REALIZACIÓN:**

**JULIO – MARZO 2019**

**SAN BARTOLO, TUXTEPEC, OAX. MARZO 2019**

El presente trabajo de tesis, de la C. Morán Martínez María de los Ángeles denominado Comparativa entre Unidades Hidropónicas y Convencionales en Invernadero en el Cultivo de Tomate de Crecimiento Indeterminado, que se desarrolló en el Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, ubicada en Avenida Tecnológico Numero 21, San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca, 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 08 de marzo de 2019

**ASUNTO:** Dictamen de tesis aprobada

**ING. ANTELMO PRADO LEAL**

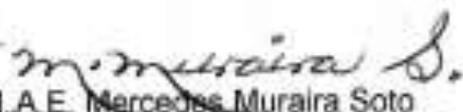
**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS**

**PRESENTE**

El comité de revisión de tesis de la C. Morán Martínez María de los Ángeles, 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 en Invernadero en el Cultivo de Tomate de Crecimiento Indeterminado 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.

  
M.C. María Adela Pérez Ríos  
SECRETARIO

  
AFENTAMENTE  
ING. Emanuel Pérez López  
DIRECTOR

  
M.A.E. Mercedes Muraira Soto  
VOCAL



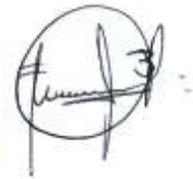
Av. Tecnológico No. 21, San Bartolo Tuxtepec, Oax.

Tel. 01 (971) 8702026, 8724015, e-mail: [itcp@tecnologico.mx](mailto:itcp@tecnologico.mx)  
[www.itecnol.mx](http://www.itecnol.mx) | [www.itecnol.mx/edu.mx](http://www.itecnol.mx/edu.mx)

La presente tesis, de la C. Moran Martínez María de los Ángeles denominada **Comparativa entre Unidades Hidropónicas y Convencionales en Invernadero en el Cultivo de Tomate de Crecimiento Indeterminado**, que se desarrolló en el Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, ubicada en Avenida Tecnológico Numero 21, San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca fue revisado y aprobado para su impresión por el Honorable jurado integrado por:

DIRECTOR

ING. EMANUEL PÉREZ LÓPEZ



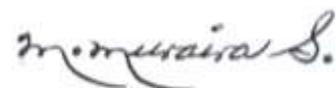
SECRETARIO

M.C. MARÍA ADELA PÉREZ RÍOS



VOCAL

M.A.E. MERCEDES MURAIRA SOTO



MARZO DEL 2019



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE  
LA CUENCA DEL PAPALOAPAN



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE  
LA CUENCA DEL PAPALOAPAN

## **COMPARATIVA ENTRE UNIDADES HIDROPÓNICAS Y CONVENCIONALES EN INVERNADERO EN EL CULTIVO DE TOMATE DE CRECIMIENTO INDETERMINADO**

**RAMÍREZ ZACARÍAS JOEL**  
No. de control: 14810034

**ASESOR INTERNO:**  
**ING. EMANUEL PÉREZ LÓPEZ**

**ASESOR EXTERNO:**  
**M.C. MARÍA ADELA PÉREZ RÍOS**

**PERIODO DE REALIZACIÓN:**

**JULIO – MARZO 2019**

**SAN BARTOLO, TUXTEPEC, OAX. MARZO 2019**

El presente trabajo de tesis, del C. Ramírez Zacarías Joel denominado Comparativa entre Unidades Hidropónicas y Convencionales en Invernadero en el Cultivo de Tomate de Crecimiento Indeterminado, que se desarrolló en el Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, ubicada en Avenida Tecnológico Numero 21, San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca, 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 08 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. Ramírez Zacarías Joel, 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 en Invernadero en el Cultivo de Tomate de Crecimiento Indeterminado 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.

M.C. María Adela Pérez Ríos  
SECRETARIO

ATENTAMENTE  
ING. Emanuel Pérez López  
DIRECTOR

M.A.E. Mercedes Muraira Soto  
VOCAL



Av. Tecnológico No. 21, San Bartolo Tuxtepec, Oax.

Tel. 01 (287) 8753926, 8754015, e-mail: dir\_cpapaloapan@tecnm.mx  
www.tecnm.mx | www.itcuencap.edu.mx

La presente tesis, del C. Ramírez Zacarías Joel denominada **Comparativa entre Unidades Hidropónicas y Convencionales en Invernadero en el Cultivo de Tomate de Crecimiento Indeterminado**, que se desarrolló en el Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, ubicada en Avenida Tecnológico Numero 21, San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca fue revisado y aprobado para su impresión por el Honorable jurado integrado por:

DIRECTOR

ING. EMANUEL PÉREZ LÓPEZ



SECRETARIO

M.C. MARÍA ADELA PÉREZ RÍOS



VOCAL

M.A.E. MERCEDES MURAIRA SOTO



MARZO DEL 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mi esposo e hijo por su apoyo brindado y entender que los éxitos requieren sacrificios.

A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

A mis compañeros de residencia Alexis y Joel con los que compartí dentro y fuera de las aulas, que se convierten en amigos de vida y aquellos que serán mis colegas, gracias por todo su apoyo y diversión.

Al ING Emanuel que con su sabiduría, conocimiento, apoyo, dedicación, y colaboración, me motivo a desarrollarme como persona y profesional.

A la M.A.E Mercedes y M.C. Adela por su apoyo en la revisión de dicha tesis y sus consejos.

Y por supuesto a mi querida Universidad y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme durante este proceso.

*PD: María de los Ángeles Morán Martínez.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a mis padres Asunción Ramírez y María Luisa Zacarías Ortela, por el apoyo que nunca me hizo falta, porqué juntos hemos sacrificado muchas cosas pero he aquí los resultados, porqué nunca deje de lado mi meta gracias a ustedes a mi familia. A mi hermano José María Ramírez Zacarías por acompañarme en las noches de desvelo, por motivarme cuando me quería dar por vencido, gracias a mis abuelitos Manuel Ramírez Cardoso y María del Carmen Sánchez Rosas por sus palabras de apoyo y motivación. Gracias por el apoyo de familia que juntos nos sabemos dar, por las enseñanzas y por los valores que me inculcaron desde pequeño. Gracias a mis maestros que formaron parte esencial en mi formación desde primaria hasta la universidad, al ING. Emanuel Pérez López, a la M.C. María Adela Pérez Ríos, a la M.A.E. Mercedes Muraira Soto, al ING. Enrique Cavazos Arizpe y a la técnico Florencia Espina López por el apoyo y la paciencia. Y a mis dos compañeros de residencia, Alexis Avendaño López y María de los Ángeles Moran Martínez, por la convivencia durante esta etapa de nuestra carrera profesional.

*PD. Agradece infinitamente Joel Ramírez Zacarías.*

## **DEDICATORIA**

Dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener este título.

A mi esposo por su apoyo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mi hijo que más que el motor de mi vida es parte muy importante, gracias por cada palabra de apoyo, gracias por cada momento en familia sacrificado para ser invertido en el desarrollo de este proyecto, gracias por entender que el éxito demanda algunos sacrificios y que el compartir tiempo con él, hacia parte de estos sacrificios. Las bendiciones que de parte de Dios vendrán a nuestras vidas como recompensa de tanta dedicación, tanto esfuerzo. A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hija, son los mejores padres.

A mis hermanas por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que me apoyaron y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos

*PD: María de los Ángeles Morán Martínez.*

## ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS	x
DEDICATORIA	xiii
ÍNDICE	xv
ÍNDICE DE CUADROS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
ÍNDICE DE APÉNDICE	xx
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxiii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	4
1.1.1. Objetivo general	4
1.1.2. Objetivos específicos	4
1.2. Hipótesis	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. Jitomate	6
2.1.1. Clasificación taxonómica	7
2.1.2. Semilla	7
2.1.3. Sistema radical	8
2.1.4. Tallo	8
2.1.5. Floración	9
2.1.6. Polinización	10
2.1.7. Fruto	11
2.1.8. Cosecha	11
2.1.9. Poscosecha	12
2.1.10. Comercialización	13
2.2. Requerimientos edafoclimáticos del tomate	14
2.2.1. Suelo	14
2.2.2. Temperatura	15
2.2.3. Humedad relativa	15
2.2.4. Luminosidad	16
2.2.5. Radiación	16
2.3. Importancia	17
2.3.1. Aporte nutricional	17

2.3.2. Importancia nacional y mundial	18
2.4. Hidroponía	20
2.4.1. Problemática nacional del suelo	20
2.4.2. Baja productividad agrícola	21
2.4.3. Ventajas	23
2.4.4. Desventajas	24
2.5. Invernadero	25
2.5.1. Ventajas	25
2.5.2. Desventajas	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. Ubicación del proyecto	28
3.2. Materiales	29
3.3. Metodología	31
3.3.1. Desinfección de charolas	31
3.3.2. Tipo de sustrato y desinfección de sustrato	32
3.3.3. Siembra en charolas	34
3.3.4. Riego de plántulas	35
3.3.5. Preparación del terreno y desinfección del terreno	36
3.3.6. Elaboración de camas de siembra	38
3.3.7. Instalación del sistema de riego por goteo	39
3.3.8. Acolchado de las camas de siembra	40
3.3.9. Diseño del sistema de siembra	41
3.3.10. Trasplante	42
3.4. Manejo integrado del cultivo	43
3.4.1. Aporque	43
3.4.2. Fertilización	44
3.4.3. Poda	44
3.4.4. Tutorio y retutorio	45
3.4.5. Polinización	46
3.4.6. Riego	47
3.4.7. Aplicación de fungicidas	47
3.4.8. Poda de saneamiento	48
3.5. Instalación del sistema de hidroponía	48
3.5.1. Manejo del sistema hidropónico	50
3.5.1.1. Poda	50
3.5.1.2. Tutorio	51
3.5.1.3. Polinización	51
3.5.1.4. Fertilización	51
3.5.1.5. Aplicación de fungicidas	52
3.6. Determinación de peso seco	53

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1. Obtención de plántulas	55
4.2. Medidas de crecimiento	56
4.3. Medidas de producción	57
4.4. Discusión	58
4.4.1. Germinación de la semilla	58
4.4.2. Factibilidad de los sustratos para la germinación de la semilla	59
4.4.3. Crecimiento de altura y grosor del tallo	59
4.4.4. Rendimiento del sistema hidropónico	60
4.4.5. Producción en suelo con acolchado	60
5. CONCLUSIONES	62
6. LITERATURA CITADA	63
7. APÉNDICE	67

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Contenido de minerales y vitaminas en una porción de 100 g de tomate.	17
Cuadro 2. Estimación de la producción de jitomate.	19
Cuadro 3. Formulación de fertilizante según su concentración.	49
Cuadro 4. Porcentaje de germinación.	55
Cuadro 5. Medias de altura de plantas.	56
Cuadro 6. Media de grosor de tallo.	57
Cuadro 7. Medias de producción de peso seco.	57
Cuadro 8. Medias de producción de peso fresco.	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del ITCP y del laboratorio invernadero	29
Figura 2. Desinfección del sustrato	33
Figura 3. Siembra de la semilla en las charolas de germinación.	34
Figura 4. Preparación de terreno.	37
Figura 5. Elaboración de las camas de siembra.	39
Figura 6. Instalación del sistema de riego por goteo.	40
Figura 7. Colocación del acolchado.	41
Figura 8. Trasplante.	43
Figura 9 Tutoreo.	46
Figura 10. Perforación del tubo PVC para el sistema de hidroponía.	50
Figura 11. Tutoreo del sistema de hidroponía.	52

## ÍNDICE DE APÉNDICE

	Página
Apéndice 1. Medidas de grosor de plantas sistema suelo dentro de invernadero.	67
Apéndice 2. Medidas de altura de plantas en sistema suelo dentro de invernadero.	71
Apéndice 3. Medidas de grosor y altura de plantas seleccionadas en sistema hidropónico.	74
Apéndice 4. Producción de plantas en sistema en suelo dentro del invernadero.	75
Apéndice 5. Producción de plantas seleccionadas tanto en sistema hidropónico como en suelo.	76
Apéndice 6. Mediciones de plantas seleccionadas completamente al azar.	77
Apéndice 7. Estufa con las muestras a 110°C	78
Apéndice 8. Extracción de las muestras después 2 hrs.	79

## **RESUMEN**

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es uno de los cultivos de mayor importancia económica y extensión en el mundo, se cultiva tanto en invernaderos como en campo abierto (Arteaga *et al.*, 2006).

El presente proyecto se realizó con la finalidad de hacer una comparativa entre unidades hidropónicas y convencionales, en producción, bajo condiciones de invernadero en el cultivo de tomate de crecimiento indeterminado.

La metodología para la comparativa consistió en el control y registro del proceso de germinación (desinfección de charolas de siembra, desinfección de sustrato y determinación del porcentaje de germinación), medición de variables fenológicas (altura, grosor de tallo, peso de fruto fresco y peso seco de fruto), realizando labores culturales como la preparación y

desinfección del terreno, elaboración de camas de siembra, acolchado e instalación de sistema de riego para el sistema convencional; y fabricación del sistema hidropónico (tubos PVC), elaboración de dosis de sales minerales a diluir; poda, tutoreo, fertilización, aporque, polinización, control de maleza, en función del sistema de producción.

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), con un nivel de significancia del 0.05%, calculado en InfoStat versión 2016.

Los resultados muestran una diferencia altamente significativa, presentando un mejor desarrollo en altura y grosor del tallo, mayor producción en fruto fresco y mayor cantidad de materia seca en el cultivo convencional.

## **ABSTRACT**

The tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) is one of the crops of greater economic importance and extension in the world, it is cultivated both in greenhouses and in the open field (Arteaga *et al.*, 2006).

The present project was carried out with the purpose of making a comparison between hydroponic and conventional units, in production, under greenhouse conditions in the tomato crop of indeterminate growth.

The methodology for the comparison consisted in the control and registration of the germination process (disinfection of sowing trays, disinfection of substrate and determination of germination percentage), measurement of phenological variables (height, stem thickness, weight of fresh fruit and weight dry fruit), performing cultural tasks such as preparing and disinfecting the land, preparing beds for planting, mulching and installation of irrigation system for the conventional system; and manufacture of the hydroponic system (PVC pipes), preparation of doses

of mineral salts to be diluted; pruning, tutoring, fertilization, hilling, pollination, weed control, depending on the production system.

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

The results show a highly significant difference, presenting a better development in height and stem thickness, higher production in fresh fruit and more dry matter in conventional crop.

## 1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) también conocido como jitomate derivado de la lengua náhuatl de México, es uno de los cultivos más populares y los de mayor extensión en el mundo, pero nativo de los Andes (Chile, Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú); sin embargo, México es considerado como uno de los centros más importantes de domesticación de este cultivo y ha sido por siglos parte básica de la dieta; además, el tomate es la hortaliza que más valor aporta a la producción agropecuaria, asimismo, es uno de los productos agrícolas que genera más divisas (Arteaga *et al.*, 2006).

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 para 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 mejor calidad.

El cultivo protegido es un sistema agrícola especializado en el cual se lleva a cabo un cierto control del medio edafoclimático alterando sus condiciones (suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad y composición atmosférica). Mediante estas técnicas de protección se cultivan plantas modificando su entorno natural para prolongar el periodo de recolección, alterar los ciclos convencionales, aumentar los rendimientos y mejorar su calidad, estabilizando las producciones y disponer de productos cuando la producción a aire libre se encuentre limitada. El objetivo del cultivo protegido es obtener producciones de alto valor añadido (hortalizas, frutales, flores, ornamentales y plantas de vivero) (Castilla, 2007).

El presente proyecto tuvo como objetivo establecer una comparativa en la producción de jitomate de crecimiento indeterminado en condiciones hidropónicas y suelo, bajo condiciones de invernadero.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Establecer una comparativa en la producción de tomate de crecimiento indeterminado en condiciones hidropónicas y suelo bajo invernadero.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

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

Evaluar el peso del producto final de cada uno de los tratamientos (hidropónico y en suelo).

## **1.2. Hipótesis**

El cultivo de tomate bajo condiciones de suelo en invernadero tiene mejores rendimientos en comparación con un sistema hidropónico.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Jitomate

El jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) pertenece a la familia de las Solanáceas. Es una planta diploide, con  $2n = 24$  cromosomas, en la que existen numerosos mutantes monogénicos algunos de los cuales son muy importantes para la selección (Blancard, 2011).

Es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva tanto anual como polianual la planta puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta y el crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitado en las variedades indeterminadas, pudiendo llegar, en estas últimas, a los 10 m en un año, las variedades de crecimiento determinado están orientadas a la obtención de frutos aptos para la transformación industrial, las de crecimiento indeterminado la mayoría destinada a la obtención de frutos para consumo fresco (Moreno , 2007).

### **2.1.1. Clasificación taxonómica**

Reino: Plantae.

Sub-reino: Traqueobionta (plantas vasculares).

Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas).

División: Magnoliophyta (plantas con flor).

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas).

Subclase: Asteridae.

Orden: Solanales.

Familia: Solanaceae.

Género: *Lycopersicon*.

Especie: *Esculentum*.

Nombre binomial: *Lycopersicon esculentum* (Jaramillo *et al.*, 2007).

### **2.1.2. Semilla**

La semilla de tomate es aplanada y de forma lenticelar con dimensiones aproximadas de 3 x 2 x 1 mm. Si se almacena por periodos prolongados

se aconseja hacerlo a humedad del 5.5%. Una semilla de calidad deberá tener un porcentaje de germinación arriba del 95% (Pérez *et al.*, 2012).

### **2.1.3. Sistema radical**

Al germinar la semilla se desarrolla una raíz vertical que puede alcanzar una profundidad de 60 cm. Cuando se practica el trasplante este pivote se rompe y resulta sustituido por numerosas raíces adventicias y ramificadas, que se extiendan en el suelo a una profundidad media (Gorini, 2018).

### **2.1.4. Tallo**

El tallo es el eje principal sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y frutas además en el extremo de éste se encuentra el meristemo apical donde se inician los nuevos primordios foliares y florales. A lo largo del tallo en las axilas de las hojas surgen los brotes o tallos secundarios los cuales se deben eliminar mediante poda para poder dirigir la planta a un solo eje de crecimiento. El buen o mal manejo de la planta queda

registrado a lo largo del tallo, se puede observar en la longitud de tallo tramos delgados (indica que la planta sufrió una condición de estrés en ese momento) o tramos de tallo demasiado gruesos (indican que en ese momento la planta presento una condición de exceso de vigor) (Jaramillo *et al.*, 2007).

#### **2.1.5. Floración**

Las temperaturas superiores a los 30°C ocasionan que el polen no madure, por lo tanto no hay fecundación, observándose aborto floral o caída de flor. Por lo que recomienda seleccionar variedades que se adapten a este tipo de condiciones ambientales. Las variedades de tomate de crecimiento determinado inician su floración entre los 55 a 60 días después de sembrados; mientras que las de crecimiento indeterminado, entre los 65 a 75 días después de la siembra (Pérez *et al.*, 2012).

### **2.1.6. Polinización**

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 tomates (Jaramillo *et al.*, 2007).

### **2.1.7. Fruto**

El fruto es una baya carnosa de forma variable, se cultivan variedades de fruto redondo, ovalado o acostillado. Interiormente y trazando una sección transversal observamos las cavidades ováricas que contienen numerosas semillas diseminadas en un medio gelatinoso. Puede haber solo dos cavidades, o alcanzar el número de seis o siete. Los pigmentos presentes en el fruto maduro son los antocianos, responsables del color rojo, y los carotenos responsables del color amarillo (Gorini, 2018).

### **2.1.8. Cosecha**

Cuando el tomate ha alcanzado el calibre deseado de acuerdo a la variedad y el fruto comienza a romper color y/o presenta algún cambio en su coloración, es el momento en que se puede comenzar el proceso de cosecha. La cosecha del tomate inicia de los 70 a 90 días después del trasplante (Nuño, 2007).

La recolección se efectúa cada 2 o 3 días según la temperatura y la velocidad de la maduración. El tomate para la industria se cosecha cada 10 o 15 días, cuando se obtenga el color rojo maduro indispensable para el tomate de procesamiento industrial. En el caso de la cosecha manual para el consumo en fresco, el tomate puede cortarse junto con el cáliz y la base del pedúnculo, pero comúnmente se cosecha el fruto dejando el cáliz en la planta. Esto hace una leve herida que seca rápidamente. Así se evita que los pedúnculos dañen a otros frutos en el empaque. Esto es indispensable para cumplir con las exigencias de calidad para tomate de consumo fresco. En la recolección manual se requieren cestos o cajones para el transporte de los frutos (Serrato, 2015).

#### **2.1.9. Poscosecha**

Los tomates para consumo en fresco se cosechan manualmente en estado de maduración conocido como estrellado o rayado (etapa de color 2, llamado Breaker o quebrante) y algunos pocos en estado 3 (Turning o cambiante) o 4 (Pink o rosado). Durante la cosecha es importante utilizar cajas o contenedores desinfectados y de ser posible emplear esponjas dentro de las cajas para evitar daños en el fruto. Los tomates son cortados

mediante un doblez cuidadoso en la zona de abscisión para evitar jalonearlo. Al momento de vaciarlos a las cajas no deben apretarse, ni tampoco deben dejarse expuestos al sol durante un periodo prolongado (INTAGRI, 2018).

#### **2.1.10. Comercialización**

La comercialización del tomate, se manejará 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 tomate participan varios agentes; desde el productor hasta un consumidor final, participando acopiadores, mayoristas, industriales, detallistas y exportadores, dependiendo de la forma de consumo del tomate y destino del mercado nacional o de exportación (Navarro, 2011).

## **2.2. Requerimientos edafoclimáticos del tomate**

### **2.2.1. Suelo**

La rusticidad de la planta de tomate permite que sea poco exigente a las condiciones de suelo. Sin embargo, debe tener un buen drenaje; de aquí la importancia de un suelo con alto contenido de materia orgánica. En suelos arcillosos y arenosos, se desarrolla con un mínimo de 40 cm de profundidad. En cuanto al pH de suelo, el óptimo debe oscilar entre 6 y 6.5 para que la planta se desarrolle y disponga de nutrientes adecuadamente. Los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligera a medianamente alcalinos. Al respecto, es posible encontrar cultivos de tomate establecidos en suelos que presentan pH 8, siendo un factor posible de manejar, ya que el tomate es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de pH. Situación similar respecto a la salinidad, tanto del suelo como del agua de riego, incluso en suelos enarenados, pueden sobre presentar conductividades eléctricas superiores a 3 dS/m (técnica que reduce la evapotranspiración al disminuir el movimiento del agua por capilaridad) (Torres, 2017).

### **2.2.2. Temperatura**

Para un desarrollo óptimo del cultivo, el rango de temperatura debe oscilar durante el día entre los 20 °C y 30 °C y durante la noche, entre 15 °C y 18 °C. Las temperaturas superiores a 35 °C e inferiores a 10 °C provocan caída de flor y limitan el cuajado del fruto. Ante el aumento de la temperatura nocturna, consecuencia del calentamiento global, las plantas reducen su producción entre un 4 % y un 14 %, debido a la afectación de la floración por la esterilidad del polen (Campos, 2016).

### **2.2.3. Humedad relativa**

La humedad relativa óptima para el cultivo del tomate oscila entre el 60 % y 80 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas en el follaje, agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se apelmaza, abortando parte de las flores. La presencia de una humedad relativa baja en el invernadero también afecta la fecundación, ya que el polen se reseca demasiado, lo que dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (SAGARPA, 2011).

#### **2.2.4. Luminosidad**

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de floración y fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos, durante el período vegetativo, resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad (SAGARPA, 2011).

#### **2.2.5. Radiación**

El jitomate es un cultivo insensible al fotoperíodo, entre 8 a 16 horas, y requiere de una buena iluminación. Las iluminaciones limitadas originan reducción en la fotosíntesis neta e implican mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo y en la producción. Valores de radiación total diaria alrededor de  $0.85 \text{ MJ m}^{-2}$ , son los umbrales considerados mínimos para la floración y formación de fruto, siendo preferible mayor iluminación en menor período de tiempo que iluminaciones bajas durante un mayor tiempo (SAGARPA, 2011).

## 2.3. Importancia

### 2.3.1. Aporte nutricional

Pérez (2012) menciona que los principales aportes nutritivos son vitamínicos, en concreto de vitaminas A y C (Cuadro 1). Tiene propiedades depurativas y ligeramente laxantes. Así mismo, posee virtudes profilácticas frente a trastornos vitamínicos, de cara a enfermedades de la dentición, anemias y baja resistencia a las infecciones.

Cuadro 1. Contenido de minerales y vitaminas en una porción de 100 g de tomate.

Ca (mg)	Vit. A (UI)	Tiamina (ug)	Riboflavina (ug)	Fe (mg)	P (mg)	Niacina (mg)	Ac. (mg)	Ascórbico
13	900	60	40	0.5	27	0.7	23	

Fuente: Bolaños, 1998 citado por Pérez, 2012.

### **2.3.2. Importancia nacional y mundial**

México es el principal proveedor a nivel mundial de jitomate con una participación en el mercado internacional de 25.115 % del valor de las exportaciones mundiales. A pesar de que durante el periodo 2003 - 2016 se experimentó una reducción en la superficie sembrada, en 2017, presentó un crecimiento acumulado (Cuadro 2) en la producción (54.25 %) y en las exportaciones en fresco (77.87 %), convirtiéndolo en uno de los cultivos con mayor incremento en productividad. En el contexto productivo, de las 51.861 hectáreas sembradas en 2016, el 96 % de la superficie se encuentra mecanizada; 73.26 % cuenta con tecnología aplicada a la sanidad vegetal, mientras que 76.62 % del territorio sembrado con este cultivo contó con asistencia técnica. Por otro lado, 3.57 % de la producción se realizó en modo de riego por bombeo, 0.04 % se realizó por gravedad, 0.93 % fue en modalidad de riego por goteo, 3.82 % fue de temporal y el resto en algún otro tipo de riego sin especificar (SAGARPA, 2017).

Actualmente se satisface 100 % de los requisitos nacionales con producción interna; así mismo, las importaciones mundiales han

aumentado 39.41 % en la última década, lo que ha generado un incremento en las exportaciones mexicanas principalmente con destino a Estados Unidos. La estacionalidad de las exportaciones muestra que entre enero y abril son los meses de mayor flujo comercial al extranjero (SAGARPA, 2017).

Cuadro 2. Estimación de la producción de jitomate.

AÑO/PERIODO	ESTIMACIONES**				CRECIMIENTO ACUMULADO**				CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL**	
	2016	2018	2024	2030	2003 2016	2016 2018	2016 2024	2016 2030	2003 2016	2016 2030
PRODUCCIÓN POTENCIAL** (MILLONES DE TONELADAS)	3.35	3.95	5.56	7.56	54.26%	17.97%	45.70%	125.80%	3.39%	5.58%
EXPORTACIONES (MILLONES DE TONELADAS)	1.61	2.17	3.84	5.50	77.88%	34.76%	77.29%	242.48%	4.53%	8.55%
VALOR DE EXPORTACIONES (MILLONES DE DÓLARES A PRECIOS DE 2016)	1,939.12	2,613.25	4,633.02	6,641.02						

Fuente: SAGARPA. (2017). Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>

## **2.4. Hidroponia**

La palabra hidroponia 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 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 (Alpizar, 2006).

### **2.4.1. Problemática nacional del suelo**

Cañada (2012) indica que la calidad de los suelos agrícolas en México ha disminuido considerablemente, lo que ha empezado a propiciar el abandono de los mismos debido a que los rendimientos esperados de los cultivos no son los esperados. Una de las causas principales es la erosión. La mayoría de los suelos utilizados para la agricultura presentan algún grado de erosión, que va desde pérdida progresiva de la fertilidad hasta la desaparición total de la capa arable. El otro problema grave de los suelos

es su contaminación, la cual ocurre por varios factores. En primer lugar tenemos el alto grado de salinidad que han adquirido muchas parcelas debido al uso excesivo e inapropiado de fertilizantes, combinados con deficientes técnicas de riego, lo que los vuelve no aptos para la agricultura.

Otra problemática es el alto grado de toxicidad que muchos suelos presentan debido al indiscriminado uso de productos agroquímicos, que provocan desbalances serios entre los microorganismos que habitan el suelo, y que a la larga impiden el desarrollo de las plantas cultivadas; además de crear resistencia por parte de las plagas y enfermedades a los pesticidas, viéndose los agricultores en la necesidad de utilizar productos de mayor toxicidad y por ende más peligrosos para la salud humana (Cañada, 2012).

#### **2.4.2. Baja productividad agrícola**

Cañada (2012) señala que la baja producción agrícola en México es un problema severo, pues si se compara con otros países los rendimientos

que se obtienen quedan muy por debajo de la media, sobre todo hablando de granos básicos, de los cuales se importa la mayoría de lo que se necesita, debido al menor precio ofrecido por otros países, es decir, es más barato importarlo que producirlo. Este es un indicador que permite darse cuenta que se necesita buscar alternativas a la producción de cultivos básicos. La producción de hortalizas utilizando hidroponía e invernaderos es una buena alternativa dado que son productos altamente exportables a buen precio.

El uso de técnicas que puedan ser implementadas en pequeñas superficies pero que aun así se pueda obtener con ellas la suficiente producción para el sustento de las familias campesinas. La hidroponía como la solución adecuada a dicho problema, pues con una hectárea de cultivo hidropónico bien trabajada es posible obtener mayores beneficios que en 10 hectáreas a campo abierto (Cañada, 2012).

### **2.4.3. Ventajas**

La hidroponia 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 (Alpizar, 2006).

Cañada (2012) describe los beneficios principales que se pueden obtener de la hidroponia si se implementa de la manera correcta, éstos son:

- Es una opción en condiciones medioambientales limitantes.
- Puede contribuir a la producción de plantas de elevada calidad.
- Es un sistema adaptable a distintas condiciones.
- Se pueden controlar los aspectos de la producción.
- Se pueden tener mayores rendimientos que en el cultivo en suelo.

#### **2.4.4. Desventajas**

Sin embargo, Bizuet (2014) describe que la hidroponia 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.

## **2.5. Invernaderos**

El invernadero es una estructura, en la que las partes correspondientes a las paredes y el techo está cubierto con películas plásticas, con la finalidad de desarrollar cultivos en un ambiente controlado de temperatura y humedad. Se pueden tener construcciones simples, diseñadas por los agricultores a bajo costo y otras más sofisticadas con instalaciones y equipos para un mejor control del ambiente. Los invernaderos generalmente son utilizados para cultivos de porte alto, como tomate, pepino, pimentón, melón, flores y otras (Noreña *et al.*, 2006).

### **2.5.1. Ventajas**

Noreña *et al.* (2006) señalan que muchas son las ventajas que los invernaderos proporcionan a los cultivos de hortalizas, flores y ornamentales. Llegará un día que los productos de consumo en fresco de hortalizas y flor cortada no se hagan en cultivo al aire libre, si no siempre en instalaciones protegidas; en invierno con materiales de cubierta

impermeable al agua y al aire; en épocas calurosas con cubiertas de mallas transparentes y sombreadoras. Entre éstas ventajas tenemos:

- Protección contra condiciones climáticas extremas.
- Obtención de cosechas fuera de época.
- Mejor calidad de la cosecha.
- Preservación de la estructura del suelo.
- Siembra de materiales seleccionados.
- Aumento considerable de la producción.
- Ahorro en costos de producción.
- Disminución en la utilización de pesticidas.

### **2.5.2. Desventajas**

En este sentido, Noreña *et al.* (2006), dan a conocer que en los invernaderos también hay que tener en cuenta algunas desventajas, como:

- Alta inversión inicial.
- Alto costo de operación.
- Requiere de personal especializado.
- Requiere de monitoreo constante de las condiciones ambientales dentro del cultivo para un mejor control de plagas y enfermedades.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación del proyecto**

El proyecto se realizó en el laboratorio invernadero del Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan (ITCP) (Figura 1), que cubre una superficie de 600 m<sup>2</sup>, cubierto por una malla antiáfidos y el techado plástico transparente con transmitancia de luz de 0.8 MHz, segmentado en dos naves. Ubicado en el km 7.5, carretera federal Tuxtepec-Loma Bonita, ejido San Bartolo, municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, estado de Oaxaca, México.

Entre los paralelos 18°00´ y 18°10´ de latitud norte y los meridianos 96°00´ y 96°15´ de longitud oeste del Meridiano de Greenwich (Google earth).



Figura 1. Ubicación del ITCP y del laboratorio invernadero.

### 3.2. Materiales

Los materiales utilizados tanto en el sistema hidropónico como en el convencional son los siguientes:

Invernadero escolar.

1 lápiz y 1 lapicero.

Semillas de tomate (Tipo saladette de crecimiento indeterminado).

16 charolas de unicel (copperblock) de 200 cavidades.

3 cajas.

1 bomba de mochila de aspersión de 20 l.

4 cubetas de plástico de 20 l.  
1 vernier marca Wolfox.  
1 rastrillo de jardinería.  
2 palas rectas.  
Bolsas de polietileno de 1 kg.  
1 cinta métrica de 20 m.  
1 balanza de 2 Kg.  
1 rollo de plástico para acolchado negro/plata calibre 90 de 915 m de largo por 1.20 m de ancho.  
1 bomba de agua eléctrica de 1 hp.  
24 piezas de rafia de polietileno de 1 kg.  
5 m de manguera de 1".  
3 tijeras para podar.  
1 probeta de 1000 ml.  
1 libreta para anotaciones.  
Cloro.  
2 machetes.  
20 m de manguera de ¾".  
784 m de cintilla para riego.  
22 conectores.  
Roto martillo.  
Broca tambor de 1.5".  
Tuvo PVC de 4".  
Bomba para pecera.  
18 vasos desechables N°8.

Agua.  
Micorrizas 1 kg.  
Trichodermas fungicida biológico.  
Anibac plus 500.  
Inspire Gold 1 L (fungicida).  
Prontius (fungicida).  
Foley (insecticida).  
Bayfolan® Forte (nutriente vegetal foliar).  
MKP (fertilizante) Fosfato Monopotásico.  
Cerillo® (herbicida).  
1 tabla entomológica.  
1 balanza analítica.  
1 mango con bisturí.  
1 pinza.  
2 crisoles.  
1 pesafiltro con tapa.  
1 balanza analítica marca Pioneer™.  
1 estufa marca Fisher Scientific Isotem 737F.

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Desinfección de charolas**

Para evitar riesgos de enfermedades, se desinfectaron las charolas utilizando agua, detergente y tallarlas con un cepillo. Para desinfectar, se puede utilizar productos específicos o una solución de hipoclorito de sodio con agua, en una proporción de 20:1 (20 l de agua por 1 l de hipoclorito de sodio) como lo recomienda Reveles-Hernández *et al.* (2012).

Las charolas desinfectadas se sumergieron en agua limpia para eliminar el cloro y se dejan reposar en estibas con las cavidades hacia abajo durante 2-3 días. Después se vuelven a sumergir en solución desinfectante y se dejan reposar otros dos días para que ejerzan su efecto y puedan ser usadas (Seminis, 2016).

### **3.3.2. Tipo de sustrato y desinfección de sustrato**

El sustrato que se utilizó para la germinación de las semillas en las charolas de siembra fue una composta que se elaboró en el ITCP por los alumnos de 7° semestre, a base de gallinaza, hojarasca y suelo a proporción 1:1:2.

Los sustratos son uno de los materiales más usados para cultivos de invernadero. Los sustratos sirven para la retención de agua y nutrientes, es un lugar donde los gases y los nutrientes se intercambian y también sirven como anclaje para el sistema radicular de la planta. Estas características físicas de un sustrato están determinadas por los componentes que se usan y la proporción en la que se encuentran en la mezcla. Lo importante es recordar que las características físicas resultantes no son equivalentes a la suma de los ingredientes (PRO-MIX®, 2018).

Para la desinfección del sustrato se diluyeron 15 ml de Anibac® en 10 l de agua aplicando con una aspersora manual de mochila (marca Jacto

modelo PJH 9000) al sustrato, posteriormente se guardó en una bolsa negra totalmente cerrada dejando reposar por 3 días (Figura 2).



Figura 2. Desinfección del sustrato.

### 3.3.3. Siembra en charolas

Se realizó el día 18 de julio de 2018 llenando las charolas con el sustrato previamente desinfectado. Una vez llenas, se procedió a hacer hoyos para la siembra, procurando que fueran al centro de cada cavidad, posteriormente se depositó una semilla en cada una de ellas. Una vez depositada, se procedió a tapar la semilla con el mismo sustrato (Figura 3).



Figura 3. Siembra de la semilla en las charolas de germinación.

Se aplicó un riego con regadera cuidando que la semilla no quedara descubierta; el riego se realizó de manera uniforme, posteriormente se colocaron las charolas en una estructura metálica elevada a 1m del suelo para evitar que las plántulas se vieran afectadas por alguna plaga, hongo e incluso la falta de luz y aire, de esta manera asegurar la germinación de las semillas.

#### **3.3.4. Riego de plántulas**

La temperatura y el agua son dos de los factores más importantes para que una semilla tenga una adecuada germinación, a través del riego se proporciona la humedad necesaria al sustrato; esta humedad debe ser razonable, ya que encharcamientos causan pudrición de las semillas incluso presencia de enfermedades fungosas en la plántula y otros problemas. Por otro lado, la falta de humedad disminuye la capacidad de germinación de la semilla y detiene el crecimiento de las plántulas y puede provocar un marchitamiento temporal o en casos mayores marchitamiento permanente. Se estableció el riego cada dos días aplicándolo dos veces: uno por la mañana y otro por la tarde con una

regadera de jardinería (capacidad 4 l), se consideró la humedad del sustrato de las charolas para efectuar o no el riego.

### **3.3.5. Preparación del terreno y desinfección del terreno**

La preparación del suelo se llevó a cabo el día 19 de julio de 2018, con el apoyo de un tractor se acondicionó el suelo pasando dos veces la rastra para removerlo y airearlo. Posteriormente se aplicó Cerillo® para la maleza con una mochila aspersora manual (marca Jacto modelo PJH 9000) aplicando la recomendación de la etiqueta (Figura 4).

La desinfección de suelos y sustratos puede lograrse mediante la aplicación de diferentes técnicas debiendo realizar la elección de los métodos de desinfección de acuerdo con las condiciones de cada sistema de cultivo. En función a su actividad, los diferentes tratamientos desinfectantes pueden tener una acción biocida total o resultar biostáticos y tener poca actividad biocida (Buenaño, 2013).



Figura 4. Preparación de terreno.

Se preparó una solución de hipoclorito de sodio diluyendo un litro del desinfectante por cada 20 l de agua, se aplicó al suelo con una aspersora manual de mochila (marca Jacto modelo PJH 9000) el día 19 de julio de 2018 y el invernadero permaneció cerrado por dos días. Después se preparó una dosificación de Anibac®, solución desinfectante, según las indicaciones de la etiqueta, y se aplicó con una aspersora manual de mochila (marca Jacto modelo PJH 9000G) el día 22 de julio de 2018, siendo uniformes en la aplicación al suelo, dejando el invernadero cerrado

durante dos días. Posteriormente se aplicó *Trichoderma* (fungicida biológico) el día 25 de julio de 2018 con una aspersora manual de mochila, se calculó la dosis según las indicaciones en la etiqueta del envase, se cerró el invernadero por dos días.

### **3.3.6. Elaboración de camas de siembra**

Las camas de siembra se elaboraron del día 3 al 5 de agosto de 2018 con las siguientes medidas: ancho de 75 cm y una longitud de 28 m con una altura de 35 cm y una distancia entre cama y cama de 45 cm, Se utilizaron palas derechas y rectas para el levantamiento de éstas y una cinta métrica para tomar las medidas establecidas (Figura 5).



Figura 5. Elaboración de las camas de siembra.

### **3.3.7. Instalación del sistema de riego por goteo**

Posterior a la elaboración de las camas de siembra se instaló el día 15 de agosto de 2018 el sistema de riego de cintillas por goteo, se colocaron dos guías por cama, y se realizó una prueba para aprobar su correcto funcionamiento y descartar las que estuvieran dañadas o taponeadas (Figura 6).



Figura 6. Instalación del sistema de riego por goteo.

### **3.3.8. Acolchado de las camas de siembra**

Una vez realizadas las camas de siembra e instalado el sistema de riego, el día 16 de agosto, se procedió al acolchado de las camas, esto con el fin de permitir el crecimiento de la zona radicular de la planta con más y mejor follaje y un uso más eficiente del agua de riego. Se colocó el color negro en la parte inferior y en la parte superior el color blanco, con esto

se evita el crecimiento de malezas en las camas de siembra y se repelen los insectos plaga (Figura 7).

### 3.3.9. Diseño del sistema de siembra

El sistema de siembra que se estableció fue el tresbolillo para poder aprovechar el espacio disponible en la parcela, disminuir la maleza y retener mayor cantidad de humedad en el suelo, se estableció a una distancia entre planta y planta de 30 cm.



Figura 7. Colocación del acolchado.

### **3.3.10. Trasplante**

Se llevó a cabo el día 18 de agosto del 2018, una vez que las plántulas alcanzaron su desarrollo, se arrancaron de las charolas, lo cual se consigue fácilmente al dar un riego, posteriormente se toma de la base y se le da un tirón hacia arriba, de esta forma sale con todas sus raíces y con el sustrato en el cual se desarrolló (Figura 8).

El trasplante de las plántulas al suelo se realizó a los 30 días después de la emergencia en las charolas de siembra, previo al trasplante se aplicó un riego de 10 minutos para que las plantas tuvieran humedad y evitar un estrés hídrico, se le aplicaron 50 gr de micorriza (marca CEFO) diluida en 20 l de agua.



Figura 8. Trasplante.

### **3.4. Manejo integrado del cultivo**

#### **3.4.1. Aporque**

Esta labor cultural consistió en remover el suelo superficial en el área radical de las plantas y arrimarlo al tallo de las mismas para darle mayor fortaleza y promover el desarrollo de las raíces.

### **3.4.2. Fertilización**

La fertilización se realizó de manera foliar con un fertilizante foliar inorgánico Súper Arrancador® en las primeras etapas con una dosis de 70 ml por 20 l de agua con un intervalo de 10 días a partir del 28 de agosto, el cual se aplicó dos veces.

Una vez en el desarrollo vegetativo, se aplicó fertilizante granulado MKP Fósforo Monopotásico®, y después de 28 días se aplicó fertilizante foliar (Bayfolan Forte®) cada 10 días durante la floración para un mejor amarre de la flor y durante la fructificación con una dosis de 45 ml por 20 l de agua.

### **3.4.3. Poda**

La poda se realizó para la eliminación de brotes axilares para favorecer el desarrollo del tallo principal, los cortes se realizaron con tijeras y una solución desinfectante de Anibac® según las indicaciones de la etiqueta

para evitar la posible entrada de enfermedades fungosas y con el objeto de facilitar la aireación y mejorar la maduración homogénea de los frutos, así como hojas enfermas que deben eliminarse inmediatamente del invernadero para evitar la presencia de fuentes de inóculo y evitar la presencia de plagas.

#### **3.4.4. Tutoreo y retutoreo**

El tutorado se hizo con hilos de rafia que se colgaron de alambres colocados longitudinalmente sobre las hileras de las plantas. Se procedió a enrollar el hilo alrededor de la planta desde la parte baja del tallo hasta la parte más alta en donde se presentaban las últimas ramas en sentido apuesto a su crecimiento, hasta que la planta alcance el alambre (Figura 9). Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y, sobre todo, los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta, favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales.



Figura 9. Tutorio.

#### **3.4.5. Polinización**

La polinización de las flores se realizó de manera manual, polinizando dos veces diariamente: una en la mañana y la otra en la tarde para obtener mayor cuaje del fruto.

### **3.4.6. Riego**

La aplicación del riego se realizó con una bomba una bomba de agua eléctrica de 1 HP, cada dos días, por la tarde, con una duración de 15 a 20 minutos, tomando en cuenta la humedad del suelo, la etapa del cultivo y las necesidades hídricas.

### **3.4.7. Aplicación de fungicidas**

Se realizó la aplicación de tres fungicidas; el Trichoderma® se aplicó de forma foliar y al suelo pegado a la pata de la planta para controlar el *Fusarium oxysporum* con una dosis de 100 ml por 20 l de agua con un intervalo de aplicación de 7 días.

Prontius® se hizo la aplicación foliar y al suelo con una dosis de 60 g por 20 l de agua para el control y prevención de tizón con un intervalo de 7 días de aplicación, y el Inspire-Gold® se aplicó de forma foliar con una

dosis de 60 ml por 20 l de agua con un intervalo de 7 días de aplicación para contrarrestar el moho gris (*Botrytis cinerea*).

#### **3.4.8. Poda de saneamiento**

La poda de saneamiento se realizó para eliminar las ramas y hojas que presentaran algún daño por hongos para evitar la propagación de alguna enfermedad fungosa, de igual manera se realizó esta poda con el fin de eliminar las ramas que presentaran algún maltrato por el manejo de la planta.

### **3.5. Instalación del sistema de hidroponía**

El sistema de hidroponía se instaló el día 1 de noviembre de 2018, primero se calculó la distancia de los orificios que se hicieron para establecer el cultivo, los cuales se hicieron con un roto martillo reversible de 600 W, marca HUNDAY® 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 nivelar el tubo en el cual se estableció de forma definitiva, se realizó el llenado del tubo con las sales minerales diluidas, según la formulación (Cuadro 3). Se instaló una bomba de pecera (marca BOYU®, modelo SP-2300) para oxigenar el agua y a darle un flujo continuo, por último; se trasplantaron las plántulas en el sistema de hidroponia.

Cuadro 3. Formulación de fertilizante según su concentración.

Fuente de fertilizante	Concentración			
	100%	75%	50%	25%
	g/ 1000L de agua			
Ac. Fosfórico 85%	100(ml)	75(ml)	50(ml)	25(ml)
Sulfato de Potasio	870.0	652.5	435.0	217.5
Sulfato de Magnesio	1230.0	922.5	615.0	307.5
Nitrato de Potasio	750.0	562.5	375.0	187.5
Nitrato de Calcio	1300.0	975.0	650.0	325.0
Sulfato Ferroso	50.0	37.5	25.0	12.5
Sulfato de Manganeso	10.0	7.5	5.0	2.5
Sulfato de Zinc	5.0	3.8	2.5	1.3
Sulfato de Cobre	5.0	3.8	2.5	1.3
Bórax	20.0	15.0	10.0	5.0

Fuente: González M.A. (2011). Combinación de sustratos y solución nutritiva en chile manzano (*Capsicum pubescens* R&P).



Figura 10. Perforación del tubo PVC para el sistema de hidroponia.

### **3.5.1. Manejo del sistema hidropónico**

**3.5.1.1. Poda.** La poda de las plantas establecidas en el sistema de hidroponia se realizó a las 3 semanas del establecimiento, eliminando las ramas y hojas viejas o dañadas para evitar alguna enfermedad fungosa. La poda permite el paso de la luz y aire entre las plantas, además ésta evita que se sufra algún contagio de enfermedades.

**3.5.1.2. Tutoreo.** El tutoreo se realizó una vez que las plantas alcanzarán una altura de 40 cm para dar soporte al tallo y evitar que se doblaran o se dañaran. Se enrolló el hilo alrededor de la planta desde la parte baja del tallo hasta la parte más alta en donde se presentaban las últimas ramas en sentido apuesto a su crecimiento (Figura 11).

**3.5.1.3. Polinización.** La polinización de las flores se realizó de manera manual y continua, polinizando dos veces diariamente, una en la mañana y la otra en la tarde para obtener mayor cuaje del fruto.

**3.5.1.4. Fertilización.** La fertilización de las plantas en el sistema de hidroponía se realizó de forma foliar, a las cuales se les aplicó Bayfolan Forte®, con una dosis calculada en función en la recomendación de la etiqueta, siendo de 45 ml por 20 l de agua, aplicando cada 10 días.



Figura 11. Tutoreo del sistema de hidroponia.

**3.5.1.5. Aplicación de fungicidas.** Se aplicó Inspire Gold® de forma foliar, con una dosis calculada en función en la recomendación de la etiqueta, siendo de 60 ml por 20 l de agua; con un intervalo de 7 días de

aplicación para controlar la incidencia de enfermedades fungosas, en específico el moho gris (*Botrytis cinerea*).

### **3.6. Determinación de peso seco**

Método por secado en estufa Pesar de 2 a 3 g de muestra en un pesafiltro con tapa (previamente pesado después de tenerlo a peso constante 2 hrs. a 130°C aprox.). Secar la muestra en la estufa 2 hrs. 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. Repetir hasta peso constante (Kirk et al, 1996 citado por Laboratorio de alimentos I departamento de alimentos y biotecnología facultad de química, UNAM 2007-2008).

En base a lo anterior se realizó lo siguiente para determinar el peso seco del fruto de ambos cultivos:

Se utilizó dos crisoles y un pesafiltro, se pesaron previamente a introducirlos a la estufa a una temperatura de 130°C durante dos hrs,

posteriormente se sacaron de la estufa (marca Fisher Scientific Isotem 737F) con una pinza y se colocaron en un desecador hasta que se equilibraran a temperatura ambiente, posteriormente se tomaron los pesos de cada uno con una balanza analítica marca Pioneer™. Una vez registrados los pesos de los dos crisoles y el pesafiltro, se procedió a tomar 3 muestras de tres tomates diferentes, dos del cultivo en suelo acolchado y uno del cultivo hidropónico, se pesaron con la ayuda de una balanza analítica marca Pioneer™, cada muestra fueron de 2 a 3 gramos, una vez registrados los pesos se introdujo a la estufa a una temperatura de 110°C durante dos hrs (apéndice 7), posteriormente se extrajo la muestra con una pinza (apéndice 8) para depositarlas en el desecador hasta que equilibraran a temperatura ambiente para tomar el peso de cada muestra, repetimos otras dos veces este mismo procedimiento hasta obtener el peso constante.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Obtención de plántulas

La siembra se realizó el 18 de julio de 2018 y el tiempo de germinación fue de 5 a 10 días, posteriormente a los 8 días se realizó el porcentaje de germinación, en cual el sustrato utilizado mostro un porcentaje de germinación total de 72.36 % como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Porcentaje de germinación.

Charola	Plántulas germinadas	% de germinación
1	151	75.5
2	153	76.5
3	135	67.5
4	147	73.5
5	157	78.5
6	145	72.5
7	155	77.5
8	164	82
9	120	60
10	124	62
11	141	70.5
<b>Total</b>	<b>1592</b>	<b>72.36</b>

Fuente: Creación propia.

## 4.2. Medidas de crecimiento

Para la determinación de la comparativa se utilizó, como método de análisis, la prueba Diferencia Media Significativa (DMS), con un nivel de significancia del 0.05 %, calculado en InfoStat versión 2016.

Los Cuadros 5 y 6 muestran las medias obtenidas en la comparativa de altura y grosor de tallo en la etapa de crecimiento vegetativo.

Cuadro 5. Medias de altura de plantas.

Tratamientos	Medias (cm)	Datos	Clasificación
Hidroponia	45.14	30	a
Invernadero	108.33	30	b

Nota: medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 6. Media de grosor de tallo.

Tratamientos	Medias (cm)	Datos	Clasificación
Hidroponia	0.32	30	a
Invernadero	0.83	30	b

Nota: medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ ).

### 4.3 Medidas de producción

El Cuadro 7 presenta las medias del muestreo estadístico del peso fresco del fruto por tratamiento y el Cuadro 8 define los resultados en peso seco del fruto por sistema en la etapa de producción.

Cuadro 7. Medias de producción de peso fresco.

Tratamientos	Medias (g)	Datos	Clasificación
Hidroponia	369.04	6	a
Invernadero 2	948.56	6	b

Nota: medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0.05$ ).

Cuadro 8. Medias de producción de peso seco.

Tratamientos	Medias (g)	Datos	Clasificación
Hidroponia	4.3	3	a
Invernadero	7.0	3	b

Nota: medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

## 4.4 Discusión

### 4.4.1. Germinación de la semilla

Monge (2016) y López (2017) mencionan que la semilla germina en promedio de cinco a ocho días después de la siembra, dato relevante, puesto que el primer conteo de germinación fue desarrollado a los 8 días después de la siembra (dds) en el presente proyecto teniendo un 72.36% de germinación.

#### **4.4.2. Factibilidad de los sustratos para la germinación de la semilla**

Martínez (2005) utilizó una composta adicionada con Miyaorganic® (producto orgánico a base de gallinaza), donde los tratamientos utilizados muestran que la germinación en Miyaorganic® (Tratamiento 11) fue del 0% mientras que los Tratamientos, en proporción volumen/volumen de Miyaorganic®/composta a base de suelo y hojarasca, T4 (1:1), T5 (1:2) y T6 (1:3) muestran un incremento en la tasa de germinación, resultados similares a los establecidos en el proceso de germinación con el sustrato empleado (composta de gallinaza/hojarasca/suelo).

#### **4.4.3. Crecimiento de altura y grosor del tallo**

Bastida (2012) evaluó diversas concentraciones de soluciones nutritivas para cultivo hidropónico de tomate, sus resultados en altura de la planta marcan una media general de 85.86 cm a los 90 dds y 8.533 mm para grosor de tallo; mientras que la media del proyecto fue de 45.14 cm para altura y 3.20 mm para grosor de tallo.

#### **4.4.4. Rendimiento del sistema hidropónico**

En el rendimiento, Bastida (2012) obtuvo, en hidroponía, un promedio de 1.435 kg/planta mientras que el proyecto arrojó un promedio de 0.369 kg/planta, 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 am a 6 pm, horario donde la tasa fotosintética y la radiación solar activa es mayor.

#### **4.4.5. Producción en suelo con acolchado**

Torres (2017) menciona que las temperaturas superiores a 35°C pueden afectar el fructificación., Fuentes y Martínez (2013) hacen referencia que la humedad relativa óptima para la aparición de *Botrytis cinérea* oscila alrededor del 95% y la temperatura entre 17°C y 23°C. Enfermedad que causó más de 50% de aborto en floración., Ortega *et al.*, (2016) describen que obtuvieron 23.3 kg/m<sup>2</sup> en suelo acolchado en invernadero, en el presente proyecto se obtuvieron 11.2 kg/m<sup>2</sup>. Ortega-Martínez *et al.*, (2010) obtuvieron plantas con un crecimiento de 346 cm a los 90 días mientras

que en el experimento se obtuvo 167.4 cm, por lo tanto el crecimiento desacelerado puede deberse a las altas temperaturas registradas.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del presente proyecto se concluye que:

- Los datos obtenidos nos muestran que el cultivo con mejor desarrollo en esta comparativa es el del cultivo en suelo dentro de invernadero.
- Se genera mayor crecimiento en planta, grosor del tallo, producción en peso fresco y peso seco en el cultivo en suelo que en hidroponia dentro de invernadero.
- La hipótesis planteada se acepta con base en el análisis estadístico presentado.

## 6. LITERATURA CITADA

- Alpízar, A. L. (2006). Hidroponia cultivo sin tierra. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica. 109 pp.
- Arteaga, M., Garcés, N., Guridi, F., Pino, J.A., López, A., Menéndez, J.L., Cartaya, O. (2006). Evaluación de las aplicaciones foliares de humus líquido en el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) var. Amalia en condiciones de producción. Cultivos tropicales, 27(3), 95-101 pp.
- Bastida, C.O.A. (2012). Métodos de cultivo hidropónico de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero basados en doseles escaleriformes. UAAAN. México. 85 pp.
- Bizuet García, A. (2014). Desarrollo e instrumentación virtual para un invernadero hidropónico de lechuga Simpson. México: UNAM.
- Blancard, D. (2011). Enfermedades del tomate identificar, conocer, controlar. México. Mundi-Prensa. 680 pp.
- Buenaño, N. M. (2013). Métodos de desinfección de sustrato para el control de Damping-Off en semillero de teca (*Tectona Grandis* Linn F.), bajo invernadero en la empresa Seragroforest, Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. Ecuador. 132 pp.
- Campos, S. Q. (2016). Guía para la producción de tomate en agricultura familiar. Costa Rica: INTA. 32 pp.
- Cañada, O. A. (2012). Métodos de cultivo hidropónico de jitomate (*Solanum Lycopersicum* L.) bajo invernadero basados en doseles escaleriformes. Mexico. 115 pp.

- Castilla, N. (2007). Invernaderos de plástico tecnología y manejo. México. Aedos, S.A.
- Fuentes L. M.A. y Martínez L. J. A. (2013). Estudio del crecimiento de *Botrytis cinérea* Pers. Ex Fr. y del desarrollo de las podredumbres de frutos de tomate con el uso de aceites esenciales. Universidad Politécnica de Cartagena. España. 246 pp.
- Gonzalez M.A. (2011). Combinación de sustratos y solución nutritiva en chile manzano (*Capsicum pubescens* R&P). México: UNACH. 122 pp.
- Gorini, F. (2018). Guía completa del cultivo de tomate. USA: de Vecchi.
- INTAGRI. (2018). Cultivo de Tomate. Series Hortalizas Num. 14. Artículos Técnicos de INTAGRI, México. 9 pp.
- 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. 331 pp.
- Laboratorio de alimentos I departamento de alimentos y biotecnología facultad de química, UNAM 2007-2008, Fundamentos y técnicas de análisis de alimentos. 58 pp.
- López, M.L.M. (2017). Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*). INTA. Costa Rica. 126 pp.
- Martínez C. E., (2005). Efecto de composta elaborada a base de gallinaza sobre la producción de tomate en invernadero. UAAAN. México.
- Monge, J. (2016). Liro 42: Generalidades del híbrido. Informe técnico. Alajuela, Costa Rica. Almatropic S.A. 1 pp.
- Moreno, E. V. (2007). El cultivo del tomate en Tenerife y Gran Canaria. Gran Canarias: Idea.
- 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. 71 pp.

- Noreña, J. J., Rodríguez, V. P., Guzmán A., M., & Zapata, M. (2006). El cultivo de tomate bajo invernadero. Colombia: CORPOICA.
- Nuño M., R. (2007). Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el Valle de Mexicali, Baja California. México. 26 pp.
- Ortega-Martínez L.D; Sánchez-Olarte, J; Ocampo-Mendoza, J; Sandoval-Castro, E; Salcido-Ramos, B.A. y Manzo-Ramos, F. (2010). Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) bajo condiciones de invernadero. Ra Ximhai Vol. 6. Número 3, México, 9 pp.
- Pérez, J., Hurtado, G., Aparicio, V., Argueta, Q., & Larín, M. (2012). Guía técnica cultivo de tomate. El Salvador: CENTA.
- PRO-MIX®. (5 de OCTUBRE de 2018). Obtenido de PRO-MIX®: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/principios-basicos-de-los-sustratos/>
- Reveles-Hernández, M.; Huchín-Alarcón, S. y Velásquez-Valle, R. (2012). Producción de plántula de chile en invernadero: manual para el productor. Folleto para productores núm. 37. Campo experimental Zacatecas, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 28 pp.
- SAGARPA. (2011). Guía para cultivar jitomate en condiciones hidropónicas de invernadero en San Luis Potosí. México.
- SAGARPA. (2017). Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>
- Seminis. (8 de agosto de 2016). Obtenido de Seminis: <http://www.seminis.mx/blog-guia-de-plantulas-1-el-semillero/>
- Serrato R., C. A. (2015). Fertilización orgánica en la producción de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón. 52 pp.

Torres, P.A. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. INIA. Chile. 112 pp

Valerio M. 2012. Polinización adecuada de tomates, <http://www.hortalizas.com/articulo/32273/polinizacion-adecuadade-T>

## 7. APÉNDICE

Apéndice 1. Medidas de grosor de plantas sistema suelo dentro de invernadero.

semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 1	grosor (mm)							
planta 1	x	x	x	x	4	5	x	x
planta 2	x	x	x	x	5	5	x	x
planta 3	x	x	x	x	4	5	6	9
planta 4	x	x	x	x	3	5	6	8
planta 5	x	x	x	x	4	6	6	8
planta 6	x	x	x	x	4	6	7	8
planta 7	x	x	x	x	4	5	7	7
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 2	grosor (mm)							
planta 1	5	6	7	9	9	1.1 cm	1 cm	1 cm
planta 2	4	6	7	8	1 cm	1 cm	1 cm	1.1 cm
planta 3	4	5	5	7	9	9	1 cm	1.2 cm
planta 4	3	4	4	7	7	1.2 cm	1.2 cm	1.2 cm
planta 5	4	4	6	9	9	1.1 cm	1.1 cm	1.2 cm
planta 6	4	4	6	8	9	1 cm	1.1 cm	1.1 cm

## Continuación apéndice 1.

							1 cm 1 mm	1 cm 1 mm
planta 7	5	6	7	7	9	9		
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 3	grosor (mm)	grosor (mm)						
planta 1	6	7	8	3 nueva	3	3	4	5
planta 2	4	5	6	9	1 cm	1.4 cm	1.5 cm	1.5 cm
planta 3	4	4	x	4 nueva	5	6	8	9
planta 4	4	4	4	6	7	9	1.1 cm	1.1 cm
planta 5	7	7	8	1 cm	1 cm	1.1 cm	1.1 cm	1.1 cm
planta 6	5	6	8	9	9	1 cm	1.1 cm	1.2 cm
planta 7	4	4	5	6	7	8	9	9
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 4	grosor (mm)	grosor (mm)						
planta 1	4	4	7	7	7	9	1 cm	1.1 cm
planta 2	4	6	8	1 cm	1.1 cm	1.1 cm	1.1 cm	1.1 cm
planta 3	5	6	7	9	1 cm	1.1 cm	1.1 cm	1.3 cm
planta 4	4	7	8	7	9	1.1 cm	1.1 cm	1.1 cm
planta 5	5	5	7	9	1 cm	1.1 cm	1.1 cm	1.1 cm
planta 6	4	4	4	4	4	7	6	9
planta 7	5	5	7	8	8	9	x	x
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 5	grosor (mm)	grosor (mm)						
planta 1	5	6	8	9	1 cm	1.1 cm	1.1 cm	1.1 cm
planta 2	3	4	4	4	6	9	9	9
planta 3	4	4	4	5	5	8	8	8
planta 4	x	x	x	x	3	5	6	7
planta 5	x	x	x	x	3	9	9	x
planta 6	x	x	x	x	3	3	6	8
planta 7	x	x	x	x	2	3	6	7
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 6	grosor (mm)	grosor (mm)						
planta 1	4	5	5	6	6	6	9	1 cm
planta 2	4	6	7	9	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm
planta 3	4	5	6	7	7	4 nueva	8	8
planta 4	x	x	x	x	x	5	6	9

## Continuación de apéndice 1.

planta 5	x	x	x	x	x	x	x	x
planta 6	x	x	x	x	x	4	x	x
planta 7	x	x	x	x	x	3	5	6
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 7	grosor (mm)							
planta 1	4	5	6	6	6	7	8	7
planta 2	x	x	5	5	6	8	9	1 cm
planta 3	4	5	5	7	7	9	1 cm	1 cm
planta 4	x	x	x	x	4	7	x	x
planta 5	x	x	x	x	4	6	9	1 cm
planta 6	x	x	x	x	4	6	6	1 cm
planta 7	x	x	x	x	4	5	6	8
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 8	grosor (mm)							
planta 1	5	6	7	8	8	9	1 cm	1 cm
planta 2	5	5	8	8	1 cm	1 cm	1.1 cm	1.1 cm
planta 3	5	5	7	8	9	9	9	1.3 cm
planta 4	5	6	9	9	1 cm	1.2 cm	x	x
planta 5	5	5	7	9	1 cm	1 cm	1.2 cm	1.2 cm
planta 6	6	6	7	9	1 cm	1.1 cm	1.1 cm	1.3 cm
planta 7	6	6	7	8	8	9	1 cm	1 cm
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 9	grosor (mm)							
planta 1	5	5	5	7	7	7	7	x
planta 2	4	6	6	7	8	9	1.1 cm	1.1 cm
planta 3	4	5	6	9	1 cm	1.1 cm	1.1 cm	1.1 cm
planta 4	6	6	8	9	x	x	x	x
planta 5	4	5	5	x	x	x	x	4
planta 6	5	6	8	9	1.1 cm	1.1 cm	1.3 cm	1.3 cm
planta 7	5	5	5	8	9	9	1 cm	1.1 cm
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 10	grosor (mm)							
planta 1	6	6	6	6	7	7	8	8
planta 2	5	5	7	7	9	1 cm	1 cm	1 cm

## Continuación de apéndice 1.

planta 3	4	4	4	6	7	8	9	1.1 cm
planta 4	5	5	6	8	8	1 cm	1 cm	1 cm
planta 5	5	5	6	6	6	8	9	9
planta 6	6	6	8	8	8	9	9	1 cm
planta 7	7	7	7	8	9	1 cm	1 cm	x
semana	07-sep-	13-sep-	20-sep-	27-sep-	04-oct-	11-oct-	30-oct-18	15-nov-18
cama	18	18	18	18	18	18		
11	grosor	grosor						
	(mm)	(mm)						
planta 1	5	5	5	6	8	8	8	8
planta 2	4	4	5	5	5	6	6	7
planta 3	5	5	6	6	8	9	1.1 cm	1.1 cm
planta 4	5	5	7	8	9	9	1 cm	1.1 cm
planta 5	5	5	6	7	8	1 cm	1 cm	1.2 cm
planta 6	4	4	5	6	8	1 cm	1 cm	1.1 cm
planta 7	4	4	5	6	6	6	8	9

Apéndice 2. Medidas de altura de plantas en sistema suelo dentro de invernadero.

semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 1	altura (cm)							
planta 1	x	x	x	x	40	54	x	x
planta 2	x	x	x	x	50	62	x	x
planta 3	x	x	x	x	42	59	120	158
planta 4	x	x	x	x	33	45	106	150
planta 5	x	x	x	x	39	51	100	118
planta 6	x	x	x	x	43	48	102	150
planta 7	x	x	x	x	30	49	98	150
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 2	altura (cm)							
planta 1	37	45	58	87	106	114	139	150
planta 2	31	40	69	82	95	96	130	138
planta 3	23	40	57	67	95	106	127	141
planta 4	24	27	42	58	86	102	164	199
planta 5	27	37	54	74	100	106	150	170
planta 6	29	39	57	85	111	125	150	172
planta 7	37	50	70	85	108	112	160	191
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 3	altura (cm)							
planta 1	41	53	73	nueva	16	24	64	106
planta 2	29	42	61	78	104	114	147	160
planta 3	25	29	x	nueva	26	29	74	110
planta 4	25	29	47	69	91	104	142	156
planta 5	44	55	75	94	107	132	153	167
planta 6	43	56	79	101	126	140	160	199
planta 7	22	32	44	67	79	83	135	140
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 4	altura (cm)							
planta 1	31	42	56	66	96	100	124	145
planta 2	30	44	69	80	100	111	128	168
planta 3	28	39	60	74	94	106	152	171
planta 4	34	43	60	81	100	105	140	148

## Continuación de apéndice 2.

planta 5	35	48	68	85	106	111	150	170
planta 6	24	27	36	49	66	85	124	139
planta 7	34	48	70	87	112	115	x	x
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 5	altura (cm)							
planta 1	40	56	75	86	117	130	163	182
planta 2	18	19	23	31	50	62	108	132
planta 3	24	28	41	61	85	100	150	183
planta 4	x	x	x	x	30	42	102	121
planta 5	x	x	x	x	28	36	58	x
planta 6	x	x	x	x	32	48	114	167
planta 7	x	x	x	x	22	36	102	167
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 6	altura (cm)							
planta 1	31	41	59	71	96	119	150	178
planta 2	40	52	68	89	114	119	160	178
planta 3	32	39	52	79	nueva	29	96	140
planta 4	x	x	x	x	x	32	92	136
planta 5	x	x	x	x	x	x	x	x
planta 6	x	x	x	x	x	22	x	x
planta 7	x	x	x	x	x	23	69	126
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 7	altura (cm)							
planta 1	40	49	65	83	100	129	150	153
planta 2	x	x	28	38	62	75	132	165
planta 3	35	40	55	65	91	109	129	163
planta 4	x	x	x	x	43	52	x	x
planta 5	x	x	x	x	42	60	110	147
planta 6	x	x	x	x	43	51	102	147
planta 7	x	x	x	x	48	63	129	179
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 8	altura (cm)							
planta 1	49	58	75	82	101	123	170	189
planta 2	38	55	72	105	124	133	152	185
planta 3	25	43	57	77	87	101	142	167
planta 4	32	49	72	93	107	112	x	x
planta 5	41	56	78	82	102	114	150	175
planta 6	34	51	72	87	88	99	150	180

## Continuación apéndice 2.

planta 7	44	60	79	90	124	132	187	216
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 9	altura (cm)							
planta 1	38	46	66	80	102	119	138	x
planta 2	32	45	66	87	109	124	132	165
planta 3	38	50	69	92	102	120	145	160
planta 4	39	50	77	93	x	x	x	x
planta 5	28	34	51	x	x	x	x	40
planta 6	42	62	83	94	105	125	170	170
planta 7	46	61	84	96	122	131	172	183
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 10	altura (cm)							
planta 1	26	31	43	58	77	96	144	180
planta 2	40	57	79	102	117	135	170	207
planta 3	24	31	49	67	83	99	150	164
planta 4	29	41	55	69	88	94	110	112
planta 5	27	29	42	60	81	86	64	113
planta 6	40	61	82	98	110	139	190	208
planta 7	50	63	86	100	125	140	170	x
semana	07-sep-18	13-sep-18	20-sep-18	27-sep-18	04-oct-18	11-oct-18	30-oct-18	15-nov-18
cama 11	altura (cm)							
planta 1	31	41	55	67	87	102	120	141
planta 2	27	31	39	55	77	96	130	164
planta 3	32	45	65	74	102	120	145	180
planta 4	37	51	71	89	92	112	140	164
planta 5	30	44	58	79	95	120	145	168
planta 6	22	30	43	68	85	102	140	165
planta 7	21	32	52	70	97	113	180	203

Apéndice 3. Medidas de grosor y altura de plantas seleccionadas en el sistema hidropónico.

	SEMANAS									
	13 nov	21 nov	10 dic	27 dic	10 ene	13 nov	21 nov	10 dic	27 dic	10 ene
	grosor (mm)	altura (cm)								
planta 1	2	2	4	4	4	21	27	48	56	62
planta 2	2	2	3	4	4	24	28	38	43	45
planta 3	3	3	4	4	4	26	33	54	64	67
planta 4	2	2	3	4	4	28	36	62	78	83
planta 5	2	2	3	4	4	26	30	43	48	52
planta 6	2	2	4	4	4	29	33	55	64	82
planta 7	2	2	3	4	4	21	25	27	55	68

Apéndice 4. Producción de plantas en sistema en suelo dentro del invernadero.

C1.N1	C2.N1	C3.N1	C4.N1	C5.N1	C6.N1	C1.N2	C2.N2	C3.N2	C4.N2	C5.N2	C6. N2
1,344.7	2,100	1,263	1,146	1,254	1,223	370	355	275	2,456.4	1,116	1,290
1,322	574.4	1,401	522.5	1,362.5	298	620	1,191.6	1,181.6	2,356	2,284.5	1,022.3
553	1,102.3	1,281	1,271	1,086	700	2,500	1,700	926	1,302.7	1,463.8	372
311	1,559	456.5	1,011.9	1,286.4	295.0	1,850	550	504.5	1,525.5	1,420	1,229
1,335	1,120	1,283	2,800	890	2,500	1,300	1,100	900	1,280	1,230	1,386
400	1,370	1,010	800	1,073	850	950	1,950	1,234	1,100	2,000	1,260
1,510	1,170	1,000	1,500	1,529.1	350	600	790	600	600	2,000	850
2,000	750	1,710	750	1,700		560	890	1,250	2,000	1,432	1,500
1,100	1,500	1,225	560	690		1,200	1,250	900	2,000	1,500	1,900
600	2,000	2,000	980	1,111		650	1,860	1,900	1,525	1,550	1,900
2,400	1,000	2,100	670	2,000		450	989	1,579	2,200	1,700	1,400
1,450	550	1,300	790	1,900		700	1,100	985	1,100	1,150	1,589
675	1,050	955	1,650	600		450	1,050	1,150	1,600	950	1,100

Apéndice 5. Producción de plantas seleccionadas tanto en sistema hidropónico como en suelo.

NAVE 1						
	CAMA 1	CAMA 2	CAMA 3	CAMA 4	CAMA 5	CAMA 6
PLANTA 1	1562.64	1127.95	873.01	932.5	1431.79	407
PLANTA 2	645	1072.16	873.86	1080.54	1613.04	403
PLANTA 3	1081.93	1124.6	1140.82	1009.94	1706.7	380
PLANTA 4	857	946.54	1120.95	1185	1777.6	415
PLANTA 5	637.1	1159.2	997.83	1021.12	1625.59	398.5
PLANTA 6	680.1	686.8	938	789.75	1463.59	389.7
PLANTA 7	981.4	794.13	692	902.12	1214.54	421.3
PLANTA 8	979.56	640.5	770.8	560	1086.05	411.9

NAVE 2						
	CAMA 1	CAMA 2	CAMA 3	CAMA 4	CAMA 5	CAMA 6
PLANTA 1	675	988.74	1023.7	1256.32	843.27	1111.09
PLANTA 2	578.48	802.29	500	1129.93	1191.96	1063.9
PLANTA 3	500	1176.5	771.8	1351.39	1308.84	753.15
PLANTA 4	725.5	667.15	1428.08	1098.49	1143.53	1026
PLANTA 5	500	792.77	996.37	1112.53	1190.77	1215.3
PLANTA 6	500	923.57	1270.52	1152.44	1425.06	675.1
PLANTA 7	913.5	999.6	885.73	1386.41	1037.57	745.22
PLANTA 8	584	655.7	666.68	1027.4	806	1479.35

HIDROPONIA									
PLANTA 1		70	34	21	45	56	56	80	21
PLANTA 2		56	56	45	45	56	35	80	82
PLANTA 3		78	76	68	67	78	54	45	23

## Apéndice 6. Mediciones de plantas seleccionadas completamente al azar.

	30			60			90	
	DDT			DDT			DDT	
	altura	grosor		altura	grosor		altura	grosor
INV	0	0	INV1	51	0.6	INV1	118	0.8
INV	54	0.6	INV2	106	1.1	INV2	170	1.2
INV	69	0.8	INV3	111	1.1	INV3	168	1.1
INV	41	0.4	INV4	100	0.8	INV4	183	0.8
INV	52	0.6	INV5	29	0.4	INV5	140	0.8
INV	55	0.5	INV6	109	0.9	INV6	163	1
INV	78	0.7	INV7	114	1	INV7	175	1.2
INV	83	0.8	INV8	125	1.1	INV8	170	1.3
INV	79	0.7	INV9	135	1	INV9	207	1
INV	65	0.6	INV10	120	0.9	INV10	180	1.1
<b>MEDIAS</b>	<b>57.6</b>	<b>0.6</b>		<b>100</b>	<b>0.89</b>		<b>167.4</b>	<b>1.03</b>
HIDROP	21	0.2	HIDROP1	48	0.4	HIDROP1	62	0.4
HIDROP	24	0.2	HIDROP2	38	0.3	HIDROP2	45	0.4
HIDROP	26	0.3	HIDROP3	54	0.4	HIDROP3	67	0.4
HIDROP	28	0.2	HIDROP4	62	0.3	HIDROP4	83	0.4
HIDROP	26	0.2	HIDROP5	43	0.3	HIDROP5	52	0.4
HIDROP	29	0.2	HIDROP6	55	0.4	HIDROP6	82	0.4
HIDROP	21	0.2	HIDROP7	27	0.3	HIDROP7	55	0.4
<b>MEDIAS</b>	<b>25.00</b>	<b>0.21</b>		<b>46.71</b>	<b>0.34</b>		<b>63.71</b>	<b>0.4</b>

Apéndice 7. Estufa con las muestras a 110°C



Apéndice 8. Extracción de las muestras después de 2 hrs.

