



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD DE CHILE POBLANO
(*Capsicum annuum* L.) CULTIVADO HIDROPÓNICAMENTE BAJO
CONDICIONES DE AGRICULTURA PROTEGIDA**

BRENDA NATALY HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2019



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe **Brenda Nataly Hernández Hernández**, alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Mario Alberto Tornero Campante**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Productividad y rentabilidad de chile poblano (*Capsicum annum* L.) cultivado hidropónicamente bajo condiciones de agricultura protegida**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 23 de enero de 2019.

Brenda Nataly Hernández Hernández

Dr. Mario Alberto Tornero Campante
Vo. Bo. Profesor Consejero

La presente tesis, titulada: **Productividad y rentabilidad de chile poblano (*Capsicum annuum* L.) cultivado hidropónicamente bajo condiciones de agricultura protegida**, realizada por la alumna: **Brenda Nataly Hernández Hernández**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR


CONSEJERO:


DR. MARIO ALBERTO TORNERO CAMPANTE

ASESOR:


DR. ENGELBERTO SANDOVAL CASTRO

ASESOR:


DR. OSWALDO REY TABOADA GAYTÁN

ASESOR:


DR. BENJAMÍN VALERIANO PEÑA OLVERA

ASESORA:


DRA. MARÍA DE LAS NIEVES RODRÍGUEZ MENDOZA

Puebla, Puebla, México, 23 de enero de 2019

**PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD DE CHILE POBLANO (*Capsicum annuum* L.)
CULTIVADO HIDROPÓNICAMENTE BAJO CONDICIONES DE AGRICULTURA
PROTEGIDA**

Brenda Nataly Hernández Hernández, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2019

El cultivo de chile poblano criollo sembrado en suelo es característico de la región del Alto Atoyac en Puebla, desde hace varios años, se ha visto afectado por factores ambientales y problemas ocasionados por fitopatógenos del suelo causantes de diversas enfermedades de la raíz, que han originado daños en el cultivo al grado de orillar al productor a reducir la superficie anual plantada, generando una reducción en los rendimientos esperados y en el ingreso por la venta del fruto. La presente investigación se llevó a cabo con el objetivo de conocer las características del sistema de producción tradicional de chile poblano en la región del Alto Atoyac; evaluar la productividad de dos variedades criollas de chile poblano y un híbrido bajo condiciones protegidas e hidroponia; y determinar la rentabilidad de ambos sistemas de producción a través de los indicadores económicos VAN, TIR y B/C. Se realizaron entrevistas a una muestra de 20 productores de la región para identificar las características sociales, agronómicas y económicas del sistema de producción; los resultados indicaron que el cultivo se establece de manera tradicional a cielo abierto, utilizando semilla nativa de la región, la superficie plantada varía de los 400 m² hasta 3 ha y el rendimiento promedio del cultivo es de 5 t ha⁻¹. La evaluación de variedades de chile poblano se realizó en un invernadero de 100 m² y se evaluaron tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner: 50, 75 y 100 %; los resultados mostraron diferencias significativas entre las variedades evaluadas debido a la aplicación de los tratamientos. De acuerdo al análisis de la rentabilidad de los sistemas de producción evaluados, la viabilidad económica del chile poblano producido en invernadero e hidroponia, es mayor a la obtenida en el sistema de producción tradicional a cielo abierto.

Palabras clave: chile poblano criollo, agricultura protegida, hidroponia, rentabilidad.

PRODUCTIVITY AND PROFITABILITY OF POBLANO CHILE (*Capsicum annuum* L.) HYDROPONICALLY CULTIVATED UNDER CONDITIONS OF PROTECTED AGRICULTURE

Brenda Nataly Hernández Hernández, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2019

The cultivation of creole poblano chile sown in soil is characteristic of the Alto Atoyac region in Puebla, for several years now, it has been affected by environmental factors and problems caused by soil phytopathogens which cause various diseases of the root that damage the crop, to the degree of forcing the producer to reduce the annual planted surface, generating a reduction in the expected yields and in the income by the sale of the fruit. The present investigation was carried out with the objective of knowing the characteristics of the traditional production system of poblano chile in the Alto Atoyac region; evaluate the productivity of two creole poblano chile varieties and one hybrid, under protected conditions and hydroponics; and determine the profitability of both production systems through the economic indicators VAN, TIR and B/C. Interviews were conducted with a sample of 20 producers in the region to identify the social, agronomic and economic characteristics of the production system. The results indicated that the crop is established in a traditional way in the field, using native seeds of the region; the planted area varies from 400 m² to 3 ha and the average yield of the crop is 5 t ha⁻¹. The evaluation of poblano chile varieties was carried out in a 100 m² greenhouse and three concentrations of 50, 75 and 100 % the Steiner nutrient solution were evaluated. The results showed significant differences between the varieties evaluated due to the application of the treatments. According to the analysis of the profitability of the production systems evaluated, the economic viability of the poblano chile produced in greenhouse and hydroponics is greater than the obtained in the traditional system in the open cast.

Keywords: creole poblano chile, protected agriculture, hydroponics, profitability.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico brindado para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias en el Programa de Postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional.

Al Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla, por darme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría en su Programa de Postgrado.

Al Dr. Mario Alberto Tornero Campante, por fungir como mi consejero y dirigir mi trabajo de investigación, por sus enseñanzas y todo el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

A los integrantes de mi consejo particular: Dr. Engelberto Sandoval Castro, Dr. Oswaldo Rey Taboada Gaytán, Dr. Benjamín V. Peña Olvera y Dra. María de las Nieves Rodríguez Mendoza, les agradezco su apoyo, sugerencias y aportes brindados para realizar este trabajo de investigación.

Al Sr. José Hernández Osorio por el apoyo brindado durante la etapa experimental de esta investigación.

A los productores de chile poblano de la región del Alto Atoyac por su colaboración en la etapa de campo de esta investigación.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Planteamiento del problema.....	3
2. Objetivos.....	5
3. Hipótesis.....	5
4. Revisión de literatura.....	6
5. Literatura citada.....	21
CAPÍTULO I. IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN TRADICIONAL DE CHILE POBLANO EN LA REGIÓN DEL ALTO ATOYAC, PUEBLA	27
1.1. Introducción.....	28
1.2. Materiales y métodos.....	29
1.3. Resultados y discusión.....	31
1.4. Conclusiones.....	48
1.5. Literatura citada.....	49
CAPÍTULO II. EVALUACIÓN DE LA FENOLOGÍA Y RENDIMIENTO DE VARIEDADES DE CHILE POBLANO CULTIVADAS BAJO INVERNADERO E HIDROPONIA	52
2.1. Introducción.....	53
2.2. Materiales y métodos.....	55
2.3. Resultados y discusión.....	60
2.4. Conclusiones.....	80
2.5. Literatura citada.....	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	85
1. Conclusiones.....	85
2. Recomendaciones.....	87
ANEXOS	90

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1.1. Régimen legal de la tenencia de la tierra en el Alto Atoyac, Puebla.....	33
Cuadro 1.2. Distribución del rendimiento de chile poblano fresco y seco en la región del Alto Atoyac, Puebla.....	40
Cuadro 1.3. Análisis comparativo del uso de tecnología dentro del sistema de producción de chile poblano en el Alto Atoyac, Puebla.....	43
Cuadro 1.4. Costos de inversión para la producción de chile poblano en el sistema de producción tradicional en el Alto Atoyac, Puebla.....	44
Cuadro 1.5. Costos de operación para la producción de chile poblano en el sistema de producción tradicional en el Alto Atoyac, Puebla.....	44
Cuadro 1.6. Costos totales para la producción de chile poblano en el sistema de producción tradicional en el Alto Atoyac, Puebla.....	45
Cuadro 1.7. Cálculo del punto de equilibrio para la producción de chile poblano en el sistema de producción tradicional en el Alto Atoyac, Puebla.....	46
Cuadro 1.8. Análisis de rentabilidad: Punto de equilibrio, VAN, TIR, B/C para la producción de chile poblano en el sistema de producción tradicional en el Alto Atoyac, Puebla.....	48
Cuadro 2.1. Análisis de agua del pozo de San Agustín Calvario, San Pedro Cholula, Puebla.....	57
Cuadro 2.2. Rendimiento de chile poblano criollo Tlacotepec y Tlalancalecna e híbrido San Luis, cultivado con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner en condiciones de hidroponía bajo invernadero.....	69
Cuadro 2.3. Calidad de fruto de chile poblano criollo Tlacotepec y Tlalancalecna e híbrido San Luis, cultivado con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner en condiciones de hidroponía bajo invernadero.....	70
Cuadro 2.4. Caracterización en base a tamaño de fruto de chile poblano criollo Tlacotepec y Tlalancaleca e híbrido San Luis, cultivado con tres	

	concentraciones de la solución nutritiva Steiner en condiciones de hidroponia bajo invernadero.....	72
Cuadro 2.5.	Costos de inversión para la producción de chile poblano en invernadero e hidroponia.....	76
Cuadro 2.6.	Costos de operación para la producción de chile poblano en invernadero e hidroponia.....	77
Cuadro 2.7.	Costos totales para la producción de chile poblano en invernadero e hidroponia.....	78
Cuadro 2.8.	Cálculo del punto de equilibrio del cultivo de chile poblano producido en invernadero e hidroponia.....	79
Cuadro 2.9.	Análisis de rentabilidad: Punto de equilibrio, VAN, TIR, B/C para la producción de chile poblano en invernadero e hidroponia.....	79

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Distribución porcentual de la edad de los productores de chile poblano del Alto Atoyac, Puebla.....	32
Figura 1.2. Distribución porcentual del nivel de escolaridad de los productores de chile poblano del Alto Atoyac, Puebla.....	33
Figura 2.1. Variación de altura de planta en dos variedades criollas (Tlacotepec y Tlalancaleca) y un híbrido (San Luis) de chile poblano (<i>Capsicum annuum</i> L.), cultivadas con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.....	62
Figura 2.2. Cinética del diámetro de tallo en dos variedades criollas (Tlacotepec y Tlalancaleca) y un híbrido (San Luis) de chile poblano (<i>Capsicum annuum</i> L.), cultivadas con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.....	63
Figura 2.3. Variación del número de hojas en dos variedades criollas (Tlacotepec y Tlalancaleca) y un híbrido (San Luis) de chile poblano (<i>Capsicum annuum</i> L.), cultivadas con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.....	65
Figura 2.4. Variación del número de bifurcaciones en dos variedades criollas (Tlacotepec y Tlalancaleca) y un híbrido (San Luis) de chile poblano (<i>Capsicum annuum</i> L.), cultivadas con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.....	66
Figura 2.5. Variación del número de flores en dos variedades criollas (Tlacotepec y Tlalancaleca) y un híbrido (San Luis) de chile poblano (<i>Capsicum annuum</i> L.), cultivadas con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.....	68
Figura 2.6. Distribución en base a largo del fruto de chile poblano criollo Tlacotepec y Tlalancaleca e híbrido San Luis, cultivado con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner en condiciones de hidroponía bajo invernadero.....	73
Figura 2.7. Distribución en base a ancho del fruto de chile poblano criollo Tlacotepec y Tlalancaleca e híbrido San Luis, cultivado con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner en condiciones de hidroponía bajo invernadero.....	75

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Cuestionario sobre el cultivo de Chile Poblano en la región del Alto Atoyac.....	90
Anexo 2. Comparación de medias de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de bifurcaciones, número de flores y número de frutos de chile poblano var. San Luis cultivada en tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.....	94
Anexo 3. Comparación de medias de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de bifurcaciones, número de flores y número de frutos de chile poblano var. Tlacotepec cultivada en tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.....	95
Anexo 4. Comparación de medias de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de bifurcaciones, número de flores y número de frutos de chile poblano var. Tlalancaleca cultivada en tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.....	96
Anexo 5. Comparación de medias de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de bifurcaciones, número de flores y número de frutos de tres variedades de chile poblano.....	97
Anexo 6. Caracterización de frutos de chile poblano var. San Luis cultivada con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.....	98
Anexo 7. Caracterización de frutos de chile poblano var. Tlacotepec cultivada con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.....	98
Anexo 8. Caracterización de frutos de chile poblano var. Tlalancaleca cultivada con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.....	99

INTRODUCCIÓN GENERAL

El Chile (*Capsicum* spp.) es una de las hortalizas con mayor valor económico y social debido a su alta rentabilidad y consumo a nivel mundial, ya que en el año 2017 se reportó una superficie sembrada de chile a escala internacional de 2,748,341 hectáreas en las cuales se obtuvo una producción de 53,913,866 toneladas. China es considerado el principal país productor de chile, pues aporta más de la mitad de la producción (35,616,587 t); México ocupa el segundo lugar con una producción de 3,296,875 t, seguido de Turquía e Indonesia quienes producen 2,608,172 y 2,359,441 t respectivamente (López *et al.*, 2016; FAO, 2017).

En México el cultivo de *Capsicum annuum* L. forma parte de la simbología popular, nutrimental y cultural (SAGARPA, 2016). Los usos múltiples del chile y sus derivados datan desde tiempos prehispánicos y van más allá de conformar un extraordinario condimento. Actualmente, su producción y cultivo siguen siendo relevantes, aunque por factores biológicos y técnicos el país se ha visto en desventaja, principalmente frente a los productores asiáticos (Aguirre y Muñoz, 2015).

En el estado de Puebla se cultivan diversos tipos de chile como el serrano, jalapeño, manzano, chilaca, loco, entre otros, pero destaca el chile poblano criollo, el cual es uno de los más representativos del estado por ser material endógeno y cultural de los habitantes de la región del Alto Atoyac (Pérez *et al.*, 2017; SIAP, 2017). En fresco o en seco el chile poblano es un ingrediente fundamental en la elaboración de diversos platillos típicos y constituye una fuente de ingresos para las familias productoras (Rodríguez *et al.*, 2007). Actualmente, el cultivo se produce de manera tradicional a cielo abierto en pequeñas superficies y comúnmente se encuentra intercalado con maíz, frijol y árboles frutales (Pérez *et al.*, 2017; Mendoza-Robles y Hernández-Romero, 2018). En años recientes el cultivo de chile poblano se ha visto afectado por diversos factores ambientales y problemas fitosanitarios, entre los que destacan las heladas tempranas y enfermedades como la “marchitez” y “secadera”, que han ocasionado la reducción de la superficie de siembra y pérdidas en los rendimientos (Contreras *et al.*, 2011).

La presente investigación tiene como propósito generar una estrategia para la producción de chile poblano criollo de la región del Alto Atoyac en Puebla, que sea productiva y económicamente viable para los productores, ya que es necesario evaluar el cultivo en otros sistemas de producción debido a la problemática presente en el sistema de producción tradicional a cielo abierto. Con esta investigación se podrán generar datos precisos sobre el comportamiento agronómico de variedades criollas y mejoradas producidas bajo condiciones de agricultura protegida e hidroponía, se obtendrá información relacionada con el manejo de las condiciones nutrimentales de la planta y su relación con el rendimiento y se generará información básica sobre la viabilidad económica en ambos sistemas de producción. Esta información proporcionará elementos para la realización de futuras investigaciones, en el sentido de adecuar prácticas de manejo que favorezcan la expresión del rendimiento potencial del cultivo, haciendo un uso más eficiente de los recursos con los que dispone el productor tradicional.

La fundamentación de esta investigación se basa en la importancia que tiene el cultivo de chile poblano para las familias productoras de la región del Alto Atoyac en el estado de Puebla, la cual puede ser considerada desde tres ejes: a) económico, al representar una fuente de ingreso por la venta del fruto; b) sociocultural, por ser un factor de convivencia en las localidades rurales y; c) gastronómica, al ser el ingrediente principal en la preparación de varios platillos típicos de la región. Además, los productores son los encargados de conservar los materiales nativos de la región, al seguirlos cultivando año tras año, aunque en superficies menores, debido a las afectaciones y pérdidas en el cultivo causadas por las enfermedades presentes en el suelo. Por esta razón, también es necesario conocer las características del sistema de producción tradicional de chile poblano para identificar si en la actualidad el cultivo es económicamente viable para los productores de acuerdo a los rendimientos reportados.

Por lo tanto, una vez identificado el potencial productivo del cultivo de chile poblano bajo condiciones protegidas e hidroponía, las características del sistema de producción tradicional a cielo abierto y los costos de producción de ambos sistemas, se podrán proponer alternativas y estrategias concretas para que los productores puedan hacer uso

de nuevas tecnologías de producción, que ayuden a contrarrestar la problemática que los afecta. La producción de chile poblano bajo invernadero e hidroponía es una opción productiva que se puede adaptar a las diferentes situaciones de los productores de acuerdo a la disponibilidad de recursos, les permitiría aumentar sus rendimientos, les daría la posibilidad de producir durante todo el año y se tendría la capacidad para diversificar la producción de cultivos bajo invernadero.

1. Planteamiento del problema

Entre los factores asociados a la producción de chile poblano que causan más pérdidas en el sistema de producción tradicional se encuentran los problemas fitosanitarios, en especial la presencia de enfermedades fúngicas, bacterianas y por nemátodos (Toledo-Aguilar *et al.*, 2011). Diversos autores como González *et al.* (2004), Rodríguez *et al.* (2007) y Pérez *et al.* (2017), han reportado afectaciones en el sistema de producción de chile poblano en la región del Alto Atoyac, ocasionadas por la presencia de las enfermedades “secadera” y “marchitez”, causadas por un complejo de hongos fitopatógenos, principalmente por *Fusarium* sp. y *Phytophthora capsici*, pero también han reportado daños causados por nemátodos, cenicilla y bacteriosis; todas estas enfermedades en conjunto han originado pérdidas económicas para los productores que varían del 70 % hasta el 100 % debido a una reducción en el rendimiento. Rodríguez *et al.* (2007) mencionan que en años anteriores en la región se obtenían rendimientos de hasta 25 t ha⁻¹, sin embargo, en el año 2017 se reportó un rendimiento promedio de chile poblano de 9 t ha⁻¹ (SIAP, 2017). Además, estos bajos rendimientos se incrementan debido a que el control de estas enfermedades ha sido un tanto difícil o nulo, ya que no se cuenta con variedades comerciales resistentes, el control cultural no es totalmente efectivo y con el control químico no se logran resultados satisfactorios debido a la aparición de nuevas razas del patógeno y a la resistencia adquirida de éstas a los productos empleados para su control (Santos, 2010; Ramírez *et al.*, 2015; Reyes *et al.*, 2016).

Frente a esta problemática, se plantea el reto de generar estrategias para la producción de chile poblano bajo condiciones que favorezcan el cultivo, que permitan obtener altos

rendimientos y que resulten atractivas para los productores tanto en el ámbito de la tecnología de producción como en lo económico. Una alternativa que se ha venido proponiendo y estudiando desde hace ya varios años en el Colegio de Postgraduados Campus Puebla, es la producción de *Capsicum annuum* bajo condiciones de agricultura protegida, debido a que este sistema abarca una serie de instalaciones diseñadas para crear un microambiente que permite brindarle al cultivo las condiciones necesarias para su desarrollo, asegurando en un alto porcentaje la producción y haciendo redituable la actividad (Alejo *et al.*, 2011). Bajo este sistema es posible utilizar la técnica de hidroponía, que se caracteriza por sustituir el suelo por sustratos orgánicos o inorgánicos, lo que permite con más facilidad el control de hongos fitopatógenos, ofreciendo la posibilidad de obtener altos rendimientos y calidad de los productos cosechados (Moreno *et al.*, 2011; Velasco *et al.*, 2011; Sánchez-del-Castillo *et al.*, 2014). A pesar de los beneficios que ofrece este sistema de producción, los estudios que se han realizado en la región son pocos y no se han enfocado en la parte productiva y rentable del cultivo de chile poblano, que permitan identificar si hay ventajas de producción bajo esta técnica respecto a su producción en el sistema tradicional a cielo abierto.

1.1. Preguntas de investigación

Por lo anterior y para fundamentar la producción de chile poblano bajo condiciones de agricultura protegida y en el sistema hidropónico, tema del presente trabajo de investigación, se plantean las siguientes preguntas:

¿Los problemas en la producción tradicional de chile poblano en la región del Alto Atoyac en Puebla, justifican el implementar el cultivo bajo condiciones de agricultura protegida e hidroponía?

¿La producción hidropónica de chile poblano bajo condiciones de agricultura protegida es una opción técnica y económicamente viable para los productores de la región del Alto Atoyac?

¿El cultivo de chile poblano producido en el sistema tradicional a cielo abierto sigue siendo económicamente viable para los productores en la región del Alto Atoyac?

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Conocer las características del sistema de producción tradicional de chile poblano en la región del Alto Atoyac, evaluar la productividad de variedades de chile poblano cultivadas bajo condiciones de invernadero e hidroponía y determinar la rentabilidad de ambos sistemas de producción.

2.2. Objetivos específicos

- a) Identificar y describir las características del sistema de producción tradicional de chile poblano en la región del Alto Atoyac.
- b) Evaluar el comportamiento fenológico y el rendimiento de dos variedades criollas regionales y un híbrido de chile poblano, cultivadas bajo condiciones de invernadero e hidroponía.
- c) Realizar un análisis económico del sistema de producción tradicional de chile poblano y del sistema de producción en invernadero e hidroponía para determinar su rentabilidad.

3. Hipótesis

3.1. Hipótesis general

La producción del cultivo de chile poblano bajo condiciones de agricultura protegida e hidroponía tiene una mayor productividad y rentabilidad en comparación con el sistema de producción tradicional a cielo abierto en la región del Alto Atoyac.

3.2. Hipótesis específicas

- a) El cultivo de chile poblano producido en la región del Alto Atoyac se caracteriza por desarrollarse en pequeñas superficies, se obtienen bajos rendimientos y genera bajos ingresos para los productores.

b) La producción de chile poblano bajo condiciones de invernadero e hidroponía genera mayores rendimientos en comparación con el sistema de producción tradicional a cielo abierto.

c) El cultivo de chile poblano bajo condiciones protegidas e hidroponía produce un mayor beneficio económico para los productores en comparación con el sistema tradicional a cielo abierto.

4.Revisión de literatura

4.1. Origen del cultivo de chile

Las especies del género *Capsicum* son originarias de América. Junto con la calabaza, el maíz y el frijol, el chile conformó la base de la alimentación de las culturas de Mesoamérica. De acuerdo con los especialistas, el chile es originario de México, pues evidencias arqueológicas han permitido estimar que esta hortaliza fue cultivada desde el año 7000 al 2555 a. C. en las regiones de Tehuacán, Puebla y en Ocampo, Tamaulipas. El cultivo de las distintas variedades de chile se adapta a diversos climas y tipos de suelo, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2 500 m (Aguirre y Muñoz, 2015).

4.2. Descripción del cultivo

Los chiles son del género *Capsicum* y pertenecen a la familia de las Solanáceas. El género *Capsicum* se conforma por 31 especies, pero sólo cinco han sido domesticadas: *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. annuum*; ésta última es la más importante, pues agrupa la mayor diversidad de chiles cultivados o silvestres (Aguirre y Muñoz, 2015).

4.3. Importancia del cultivo de *Capsicum* spp.

El cultivo de chile representa una actividad de importancia económica y social en el ámbito mundial (López *et al.*, 2016). El género *Capsicum* está prácticamente presente en todas las zonas templadas y cálidas del mundo; China es considerado el principal país productor de esta hortaliza, seguido de México, Turquía e Indonesia (FAO, 2017).

En México, el chile es uno de los cultivos hortícolas más importantes, pues su participación dentro de la producción de hortalizas es del 21 %. En el país se cultivan alrededor de 173, 000 hectáreas de chile donde se producen cerca de 3.2 millones de toneladas anuales de chiles secos y verdes, esto representa un valor comercial de aproximadamente 24 mil millones de pesos. Además, México se ubica como el principal exportador de chile verde a escala internacional y el consumo anual per cápita de esta hortaliza es de 18.7 kg (SIAP, 2017).

En el país se encuentra la mayor diversidad genética de *Capsicum*, que se produce en los 32 estados de la República, esto debido a la gran diversidad de climas y suelos existentes, pero también a las prácticas tradicionales de cultivo que llevan a cabo los pequeños productores quienes conservan las semillas de plantas nativas (Aguirre y Muñoz, 2015). Hay identificadas seis zonas productoras de chile verde: la zona del Golfo (Veracruz y Tamaulipas) donde se obtienen mayormente jalapeños y serranos; en el sur (Yucatán y Tabasco) se producen jalapeños, costeños y habaneros; en la zona del Bajío (Guanajuato, Jalisco y Michoacán) se cultivan anchos, mulatos y pasilla; en la mesa central (Puebla e Hidalgo) se especializan en poblanos, miahuatecos y carricillos; en el norte (Chihuahua y Zacatecas) se producen jalapeños, mirasol y anchos; y en la zona del Pacífico Norte (Baja California, Sinaloa y Sonora) se obtienen bell, anaheim, jalapeños y caribes. Las principales entidades productoras de esta hortaliza son: Chihuahua quien aporta el 22 % de la producción con 991,917 t, Sinaloa que participa con el 17 % de la producción (637,924 t) y Zacatecas que aporta el 15 % de la producción con 419,323 t (SIAP, 2017).

4.4. El cultivo de chile poblano

El chile poblano criollo es el nombre que se da a una de las variedades frescas de *Capsicum annum*, al fruto seco o deshidratado se le denomina chile ancho o chile mulato. Su consumo es diverso, en fresco es el ingrediente principal de diferentes platillos típicos como los chiles en nogada y las rajas poblanas; en estado seco se destina para platillos como el mole y para la industria alimentaria o farmacéutica (Aguirre y Muñoz, 2015).

En el estado de Puebla existe la tradición y los saberes campesinos sobre el cultivo de diversos tipos de chile, como es el caso del chile poblano, el cual se cultiva principalmente en la región del Alto Atoyac y comprende varios municipios entre los que destacan: San Martín Texmelucan, San Salvador el Verde, San Felipe Teotlalcingo, San Lorenzo Chiautzingo, San Matías Tlalancaleca, San Andrés Cholula, Coronango, Cuautlancingo, San Pedro Cholula, Huaquechula, Atlixco y Tochimilco. En el año 2017 se reportó una superficie sembrada de chile poblano verde de 235 ha con una producción de 2,105 toneladas, la cual aportó un valor a la producción de 20, 575.56 miles de pesos (SIAP, 2017).

4.4.1. Requerimientos edafoclimáticos y nutricionales

El chile poblano es una planta que para su óptimo desarrollo requiere temperaturas entre los 20 y 25 °C, (superiores a los 30 °C ocasionan caída de flores y menores a los 15 °C ocasionan un crecimiento retardado). La planta requiere una humedad relativa entre el 50 y 70 %, especialmente en la etapa de floración y el cuajado del fruto; en cuanto al tipo de suelo, necesita texturas areno-limosas ya que no se adapta muy bien a suelos arcillosos. El pH óptimo para el cultivo es de 6.5 a 7.

El chile poblano como todos los cultivos requiere de nutrientes para su desarrollo, los cuales, son modificados en algunas concentraciones en función del estado fenológico. Los elementos que requiere la planta en mayor proporción son el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). La mayoría de los fertilizantes utilizados en este cultivo son compuestos químicos que se aplican directamente al suelo, aunque existen otras fuentes de nutrientes, principalmente orgánicas, tales como el estiércol vacuno, la gallinaza y las compostas. No se tiene bien definida con precisión una fórmula de fertilización para el cultivo; sin embargo, se ha recomendado la dosis 160-80-100, aunque siempre es necesario considerar los datos del análisis del suelo para definir una fórmula específica. La cantidad de fertilizante comercial que requiere el cultivo por ha son: 347 kg de Urea, 178 kg de Super-triple y 167 kg de Cloruro de potasio (Huerta *et al.*, 2007; Tlelo, 2017).

4.4.2. Sistema de producción de chile poblano

El sistema de producción de chile poblano predominante en la región del Alto Atoyac se identifica como cultivo de chile intercalado con maíz, haba, frijol y calabaza, entre árboles frutales como el higo, durazno, manzano, pera, tejocote y chabacano (MIAF); esta diversidad de cultivos permite al agricultor contar con una gran variedad de alimentos disponibles para el autoconsumo y con fines comerciales (Mendoza-Robles y Hernández-Romero, 2018). El cultivo de chile poblano también se produce como cultivo simple y se establece en surco sencillo o a doble hilera, utilizando mano de obra familiar (Huerta *et al.*, 2007).

4.4.3. Principales problemas fitosanitarios

En la región del Alto Atoyac, los bajos rendimientos en el cultivo de chile poblano son provocados por diversos factores, pero los problemas fitosanitarios son los que ocasionan un mayor daño en el cultivo, pues éste se ve afectado por diferentes especies de plagas y microorganismos patógenos causantes de las enfermedades en las plantas, conocidas como marchitez y secadera, ocasionada por los hongos patógenos *F. equiseti*, *F. verticilloides*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* y *Rhizoctonia* sp., además de los oomycetes *Phytophthora capsici* y *Pythium* sp. (González *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2007; y Contreras *et al.*, 2011).

Cada patógeno puede actuar de manera aislada, aunque es común la presencia de complejos, entre los más agresivos y patogénicos se encuentran *Phytophthora capsici* y *R. solani* (Gómez-Hernández *et al.*, 2018). La enfermedad de la marchitez aparece cuando hay exceso de irrigación o lluvia pesada, el oomyceto se encuentra en el suelo y desde ahí sus propágulos son capaces de diseminarse en corrientes de agua e infectar las raíces o la base del tallo de las plantas. Tanto en plántula como en etapa adulta, en la raíz se genera pudrición y en la base del tallo se produce un estrangulamiento que bloquea el xilema e interrumpe el paso del agua, causando amarillamiento de las hojas, favoreciendo la incidencia del tizón; además, causa una defoliación rápida, pudrición de frutos y finalmente la muerte de la planta (Velásquez *et al.*, 2001; González *et al.*, 2004; Uribe-Lorío *et al.*, 2014; Gómez-Hernández *et al.*, 2018).

Ante el ataque de estas enfermedades, los agricultores de la región utilizan productos químicos sugeridos por los comercializadores locales de plaguicidas; no obstante, en la mayoría de los casos las aplicaciones no tienen éxito debido a que se hacen cuando ya se observan los síntomas y solo contribuyen a incrementar los costos de producción y pérdidas económicas, lo que conduce al abandono del cultivo, pues la mayoría de las veces el control químico y cultural no son suficientes para contrarrestar el problema (Rincón y Velásquez, 1999; Lozano *et al.*, 2015; Reyes *et al.*, 2016).

4.4.4. Cosecha y comercialización

La cosecha de los frutos de chile poblano se realiza cuando alcanzan su tamaño, color y firmeza característicos. La comercialización del fruto se realiza principalmente en fresco (70-80 %); sin embargo, el 20-30 % de la producción restante se cosecha para deshidratar y comercializar en seco (Montalvo-González *et al.*, 2009). El fruto se comercializa en los principales mercados locales y regionales, en centrales de abasto, plazas del pueblo y tianguis (Cruz, 2013). El precio del chile poblano en fresco varía de los 15 a los 25 pesos por kilogramo según la temporada y la demanda, además la calidad del producto influye sobre el precio de venta. Los chiles en seco, por su parte, tienen un mayor valor en el mercado alcanzando precios de alrededor de los 80 pesos por kilogramo (ASERCA, 2017).

4.5. Sistema de producción agrícola

La agricultura es la actividad en la cual el hombre maneja los recursos naturales, la calidad y cantidad de energía disponible y los medios de información, para producir y reproducir los vegetales que satisfacen sus necesidades (Hernández-Xolocotzi, 1988). Los sistemas de producción agrícola se definen como el conjunto de recursos, técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra y organización de la población para producir uno o más productos agrícolas y su funcionamiento puede estar influenciado en gran medida por factores externos, como las políticas, las instituciones, los mercados y los vínculos de información (Jouve, 1988; FAO, 2001).

De acuerdo con Bolívar (2011), los sistemas agrícolas se pueden definir como ecosistemas que presentan recursos básicos, pautas empresariales, medios familiares de sustento y limitaciones, en los cuales el hombre utiliza los factores de producción: fuerza de trabajo, tierra y capital para modificar estos ecosistemas; sin embargo, el clima, los suelos, la tenencia de la tierra y la tecnología tienen su influencia en la forma como el hombre organiza la producción agrícola. Existen diversos sistemas agrícolas y su elección depende de múltiples aspectos como el tamaño de mercado, las estrategias de la empresa, el dinamismo tecnológico del sector, las condiciones agroecológicas, las etapas del ciclo de vida del producto y del proceso, entre otros.

Actualmente, coexisten dos sistemas de producción agrícola, que son radicalmente opuestos en cuanto a sus características y niveles de producción: un sistema tradicional que hace uso extensivo de la tierra y otro moderno cuyo uso de la tierra es intensivo, además de hallarse altamente tecnificado (Bolívar, 2011).

4.6. Agricultura tradicional

Los sistemas de cultivo tradicional se caracterizan por tener una aplicación de conocimiento que se ha transmitido de generación en generación y que se denomina “conocimiento tradicional”. Mead (1980), señala que cada uno de los contenidos y prácticas transmitidos durante siglos en una comunidad, son dignos de constituirse como una parte integral de sus usos y costumbres; además, suelen considerarse conocimientos y principios socioculturales para que estos se extiendan de generación en generación con la finalidad de conservarlos.

La agricultura tradicional es practicada principalmente en superficies pequeñas y se utiliza mano de obra primordialmente familiar, con limitada aplicación de tecnologías y métodos modernos de producción, la producción obtenida se destina principalmente al autoconsumo (Hernández-Xolocotzi, 1988). En la agricultura tradicional el manejo que el hombre da a las especies cultivadas en su entorno obedece fundamentalmente al conocimiento específico que tiene de ellas, el cual se basa primordialmente en la observación (Toledo, 1997; DeWalt, 1999).

En México los grupos indígenas y campesinos han adaptado sus sistemas agrícolas a las condiciones del ambiente en que viven, lo que ha permitido desarrollar una diversidad y complejidad de sistemas. Los sistemas de cultivo han sido considerados como una expresión de la adaptación de la agricultura a las condiciones y requisitos del medio geográfico y del medio socioeconómico (Palerm, 1992). El manejo que los campesinos dan a los diferentes sistemas, refleja la importancia que tienen para las unidades familiares como la diversidad de cultivos, el destino de la producción, el trabajo familiar en las parcelas, la alimentación, el conocimiento tradicional, entre otros (Pérez *et al.*, 2014).

La agricultura tradicional ha desempeñado un papel importante para la conservación de la agro biodiversidad en las parcelas de cultivo y es una estrategia campesina para satisfacer las necesidades de alimento para la familia y generar algunos excedentes para venta en el mercado local (Ríos-Osorio *et al.*, 2014). La producción tradicional de alimentos para la familia se sustenta en la preservación, aprovechamiento y explotación a pequeña escala de las variedades nativas o autóctonas que ahí se originaron o se diversificaron. De ahí, que un papel preponderante de las familias rurales es mantener o aumentar la diversidad local, incrementar sus niveles de producción y generar un entorno seguro en la producción de alimentos (Sthapit *et al.*, 2008).

4.7. Agricultura moderna

La agricultura moderna puede distinguirse por una serie de rasgos que la diferencian de las unidades de tipo campesino. La producción agropecuaria presenta tres características que se pueden calificar como modernas y que se encuentran vinculadas con el contexto económico capitalista y el tipo de sociedad en la que se encuentran insertas: 1) prácticamente todas las labores se realizan con maquinaria producida en industrias capitalistas, 2) la producción está principalmente orientada a su venta en el mercado nacional o internacional y 3) las prácticas comunitarias están ausentes de los procesos de producción (Balsa y López, 2011).

Bustamante *et al.* (2017) mencionan que en la agricultura moderna las grandes empresas tienen el poder de decidir qué y cuánto producir dictando entonces, el consumo de la

población. Además, también deciden cuáles serán los métodos de producción, implementado paquetes tecnológicos que incluyen semilla mejorada, uso de fertilizantes químicos, control y manejo de plagas y enfermedades y el uso de maquinaria, ocasionando que cerca de 1.4 mil millones de personas del medio rural, en su mayoría campesinos e indígenas, cultiven en laderas y valles utilizando métodos de producción tradicionales (Altieri, 2008).

Entre los principales métodos de la producción agrícola moderna se encuentran, el mejoramiento genético, la tecnificación, mecanización y la utilización de agroquímicos y pesticidas para el control de plagas, enfermedades y malezas, entre otros (Bustamante *et al.*, 2017).

4.8. Agricultura protegida

La agricultura protegida es un sistema de producción que se realiza bajo diversas estructuras para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. La agricultura, por su naturaleza, se encuentra asociada al riesgo, por lo que este sistema tiene como característica principal la protección contra los riesgos inherentes a esta actividad, ya sean riesgos climatológicos, económicos o de limitaciones de recursos productivos (Moreno *et al.*, 2011). Bajo este sistema es posible alterar el medio ambiente (temperatura, radiación solar, viento y humedad) y el sustrato en el cual se desarrollan los cultivos con el propósito de aumentar los rendimientos y la calidad de los alimentos y otros productos (Bielinski *et al.*, 2010).

En la agricultura protegida las estructuras que se utilizan son los invernaderos, la malla sombra (casa sombra), las cubiertas flotantes (mantas térmicas), los macro túneles y micro túneles; estructuras de protección que generalmente se acompañan de sistemas de riego localizado (fertirrigación), cultivo sin suelo (sustratos) o hidroponía (Juárez-López *et al.*, 2012). Dentro del sistema de producción bajo agricultura protegida, el invernadero es el elemento cualitativamente más importante debido a que de él depende en gran medida la capacidad productiva. Su estructura está conformada por el conjunto de elementos verticales, horizontales y curvos, que son los que le otorgan la forma y resistencia de la carga (Fernández, 2012).

El diseño del invernadero debe brindar protección contra el viento, la lluvia, el frío, el exceso de calor, etc. Las ventajas respecto a cultivar al aire libre son: la precocidad de los frutos, el aumento de la producción y la mejora de la calidad, la posibilidad de obtener más de un ciclo al año, el control de plagas y enfermedades, e incluso el ahorro de agua y fertilizantes. Sin embargo, exigen de una elevada inversión inicial, de personal especializado en el mantenimiento y explotación del invernadero, sobre todo si se practica el cultivo hidropónico, en el que hay que aplicar los nutrientes en agua (soluciones nutritivas) y en sustratos como perlita, fibra de coco, lana de roca, tezontle, piedra pómez, arena, etc., y donde hay que mantener controlado el ambiente, temperatura, humedad, etc. (Meseguer y Gómez, 2011).

Actualmente, China es el país que reporta la mayor superficie de invernaderos pues posee 82, 000 hectáreas, seguido de España quien cuenta con 70, 000 ha de las cuales, la mitad se concentran en la provincia de Almería; estos dos países reúnen la mayor superficie agrícola dedicada a la producción hortofrutícola en invernadero permanente con aislamiento de plástico o de cristal. Europa es la zona donde se asientan más invernaderos (210 000 ha), por delante de Asia (180 000 ha), África (44 700 ha), Oriente Próximo (27 000 ha), Norte y Centro de América (23 000 ha), Sudamérica (14 000 ha) y Oceanía (1 300 ha) (Bastida, 2011; Rabobank, 2017).

4.8.1. Agricultura protegida en México

La agricultura protegida en México, en los últimos años ha estado en constante crecimiento y desarrollo, existen 40,862 ha sembradas bajo esta modalidad, establecidas en cuatro tipos de estructuras: 65 % invernaderos, 10 % macrotúneles, 10 % microtúnel y 15 % casa o malla sombra. Los estados que concentran la mayor superficie de cultivo en invernadero son: Sinaloa (35.5 %), Baja California (10 %), Sonora (9.8 %), Jalisco (5.5 %), Estado de México (5.3 %), Guanajuato (4.6 %) y otros estados que concentran el 28.6 % (SIAP, 2017).

4.8.2. Principales cultivos bajo agricultura protegida en México

Según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2016), los principales alimentos que se obtienen mediante esta modalidad en México son:

Tomate rojo. A esta hortaliza se le dedican 3,281 ha para su cultivo bajo malla sombra y 731 ha en invernadero. Las variedades que se siembran son del tipo bola, uva, saladette y cherry. La producción en toneladas de jitomate arroja los siguientes datos: de la variedad tipo bola producida en invernadero se obtuvieron 180,887 t, mientras que en malla sombra se obtuvieron 137,257 t; del tipo cherry, en invernadero se produjeron 22,115 t y en malla sombra 5,209 t; de las variedades tipo saladette se obtuvo una producción en invernadero de 22,115 t y, en malla sombra 5,209 t; y en la variedad tipo uva, la producción en invernadero fue de 3,760 t y 236 t bajo malla sombra.

Berenjena. Se produce en 459 ha bajo malla sombra y en 170 ha de invernadero. La producción en toneladas bajo malla sombra es de 38,322 t, mientras que en invernadero es de 18,367 t.

Chile verde. En sus variedades Anaheim, en invernadero se producen 115 ha y en malla sombra 269 ha; pimiento morrón (*bell pepper*) en invernadero se producen 254 ha y en malla sombra 1,372 hectáreas. En toneladas se producen en invernadero del tipo Anaheim 8,943 t y en malla sombra 27,992 t; de las variedades de pimiento morrón se obtienen en invernadero 119,137 t y en malla sombra 157,447 t.

Pepino. De esta hortaliza se siembran las variedades americano chino, europeo y pickle, se cultivan 1,647 ha bajo malla sombra y 694 bajo invernadero. Las toneladas que se producen son: americano chino bajo invernadero 38,881 t y 92,325 t en malla sombra; europeo 68,894 t y 41,084 t y; pickle se producen 50,087 t y 49,424 t respectivamente.

Finalmente, se tiene un quinto grupo que incluye plantas de ornato, hortalizas (calabacitas, chiles, zanahorias, lechuga, etc.), flores, germinados y forrajes (SIAP, 2016).

La industria de la agricultura protegida se ha venido desarrollando en muchas regiones y en condiciones heterogéneas de clima, suelo y calidad de agua (Muñoz, 2003). Se estima que 80 % de la producción hortícola bajo cubiertas plásticas se lleva a cabo en suelo y la restante en algún tipo de sustrato inerte (Ortega *et al.*, 2016).

4.9. Hidroponia

La hidroponia es una de las técnicas que mayor impacto ha tenido en el ámbito productivo, ésta se caracteriza por no requerir de suelo como sistema biótico y de sostén para la planta, por lo que representa una alternativa en los lugares donde el suelo ha sido muy degradado o presenta deficiencias tanto físicas como químicas (Velasco *et al.*, 2011).

Por lo tanto, la técnica de la hidroponia consiste en cultivar plantas sin suelo mediante el uso de un medio inerte que sirve de sustrato y que puede ser arena, grava, tezontle, turba, etc., y agregando una solución nutritiva que contenga todos los elementos esenciales disueltos en agua para el crecimiento y desarrollo de la planta (Steiner, 1961; Resh, 2012; Chiara *et al.*, 2016; Khan, 2018).

4.9.1. Sistema de cultivo hidropónico

Este término se utiliza para indicar que la nutrición de la planta es mediante una solución nutritiva junto con el uso de sustratos orgánicos o inertes para el anclaje de las raíces y mantener los tallos erguidos y los frutos sin contacto con el suelo o sustrato. Los cultivos hidropónicos engloban a todo sistema en el que las plantas crecen y se desarrollan en un sustrato sólido diferente al suelo o en solución (Alcántar *et al.*, 2016).

Algunas de las ventajas del cultivo hidropónico frente al sistema tradicional son: permite obtener productos agrícolas cuando en cielo abierto no se pueden producir por estar fuera de temporada, se logra aumentar la producción por unidad de superficie, incrementa el número de ciclos por periodo, se obtiene una mayor calidad del producto, existe un menor riesgo en la producción, se lleva a cabo un uso más eficiente del agua e insumos y se logra un mejor control de plagas, enfermedades y malezas (Velasco *et al.*, 2011).

4.9.2. Elementos del sistema hidropónico

El sistema hidropónico presenta dos componentes fundamentales: 1) ambiente protegido, el cual considera los factores que intervienen en el crecimiento de las plantas a nivel de la parte aérea, temperatura, luz, CO₂, humedad relativa, viento, plagas y enfermedades. 2) el medio hidropónico, se refiere a aspectos a considera a nivel radical como la solución nutritiva, el sustrato, los recipientes, el oxígeno y el drenaje (Alcántar *et al.*, 2016).

4.9.3. Clasificación de los sistemas hidropónicos

Los sistemas hidropónicos han sido clasificados en función del medio de crecimiento en que se desarrolla el sistema radicular de la planta, los más comunes son: cultivo en sustratos y cultivo en agua, en donde las raíces de las plantas se encuentran sumergidas en la solución con nutrientes necesarios y aireación (Resh, 2012). Estos a su vez, pueden manejarse en circuito abierto o cerrado; en los sistemas hidropónicos cerrados el reciclado de la solución nutritiva es esencial, por lo que la concentración de nutrientes en la solución es monitoreada y ajustada periódicamente, procurando el balance de los nutrientes; por su parte, en los sistemas hidropónicos abiertos la solución nutritiva se aporta constantemente en cada ciclo de riego, en cantidades suficientes para cubrir el requerimiento del cultivo y el agua no se recicla, existiendo la pérdida por evaporación y lixiviación, entre otros factores (Moreno *et al.*, 2015).

4.9.4. La solución nutritiva

Las plantas normalmente obtienen sus necesidades de agua y elementos minerales indispensables para su crecimiento como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, entre otros, a partir del suelo. En un medio sin suelo las plantas deberán también proveerse de agua y los nutrientes esenciales, para ello las raíces de las plantas son abastecidas con una solución de nutrientes que contienen todos estos elementos y, por lo tanto, el proceso de utilización de los minerales es el mismo (Resh, 1992).

Una solución nutritiva para sistemas hidropónicos es una solución acuosa que contiene principalmente iones inorgánicos de sales solubles de elementos esenciales para las

plantas, algunos compuestos orgánicos como los quelatos de hierro forman parte de la solución nutritiva (Steiner, 1968).

De acuerdo con Steiner (1961, 1966, 1984) y De Rijck y Schrevens (1998a), la composición química de una solución nutritiva está determinada por i) una relación mutua de aniones y cationes, ii) la concentración iónica total y iii) el pH. Por su parte, Beltrano y Gimenez (2015) mencionan que el éxito del cultivo hidropónico está determinado por la constitución de la solución nutritiva, la relación existente entre los diferentes iones minerales, la conductividad eléctrica y el pH.

Se han formulado numerosas soluciones nutritivas y su composición química varía ampliamente (Smith *et al.*, 1983). Estas soluciones fueron desarrolladas empíricamente y sin consultar información precisa referente a las concentraciones de nutrientes para lograr el crecimiento óptimo de diversas especies vegetales. Dichos autores enfatizan que las concentraciones de nutrientes requeridos para satisfacer las demandas internas de las plantas difieren de acuerdo con la especie, por lo tanto, no puede haber una solución nutritiva única con que se tendrían resultados satisfactorios para todas ellas (Juárez *et al.*, 2006).

En la actualidad, se han publicado aproximadamente unas trescientas fórmulas, las cuales se han elaborado mezclando los nutrimentos en diferentes proporciones para probarlas en un cultivo particular y la mezcla de nutrientes con la cual el cultivo se desarrolle mejor es la que se recomienda. Debido a esto Steiner (1961) propone que la investigación de la composición de las soluciones nutritivas debería ser sistemática para probar todas las combinaciones posibles.

4.9.5. La solución nutritiva universal Steiner

Para estudiar de manera sistemática la influencia que tienen las soluciones nutritivas en el desarrollo de los cultivos hidropónicos, fue necesario utilizar relaciones o proporciones relativas entre los nutrientes similares a los encontrados en las plantas. Steiner (1961,1966) llevó a cabo estudios para diseñar una solución nutritiva universal, la cual es muy utilizada en la actualidad.

Steiner propuso que en las relaciones debería de contemplarse solo los nutrientes nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). La primera relación fue constituida por N, P y S en sus formas iónicas respectivas NO_3^- , H_2PO_4^- y SO_4^{2-} y se denominó relación relativa de aniones; una segunda relación se integró con K, Ca y Mg en sus formas iónicas respectivas K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} y se denominó relación relativa de cationes. La solución nutritiva universal consiste de: NO_3^- , 12 meq L^{-1} ; H_2PO_4^- 1 meq L^{-1} ; SO_4^{2-} , 7 meq L^{-1} ; K^+ , 7 meq L^{-1} ; Ca^{2+} , 9 meq L^{-1} ; y Mg^{2+} , 4 meq L^{-1} , cuando el potencial osmótico es -0.072 MPa y el pH es 6.5 (Steiner, 1984).

4.10. Evaluación económica

La evaluación económica es la etapa del análisis de viabilidad financiera de un proyecto, los objetivos de esta etapa son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario, elaborar los cuadros analíticos y datos adicionales para la evaluación del proyecto y para determinar su rentabilidad (Sapag, 2008).

La parte del análisis económico pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuál será el costo total de la operación, así como otra serie de indicadores que servirán como base para la parte final y definitiva del proyecto, que es la evaluación. Esta parte es muy importante, pues al final permite decidir la implementación del proyecto. Normalmente no se encuentran problemas en relación con el mercado o la tecnología disponible de producción; por lo tanto, la decisión de inversión casi siempre recae en la evaluación económica (Baca, 2013).

4.10.1. Análisis de la rentabilidad

Consiste en calcular una serie de indicadores económicos a partir de los ingresos y egresos obtenidos o proyectados durante un periodo de tiempo. Estos indicadores permiten observar el grado de utilidad o ganancia que la unidad de producción haya generado o que potencialmente pudiera generar de acuerdo a los criterios considerados (Romero *et al.*, 2009). El cálculo de la rentabilidad económica de la inversión en un

proyecto es vital para realizar o rechazar la inversión, sólo así es posible asignar los recursos económicos a la mejor alternativa (Baca, 2013).

4.10.1.1. Indicadores económicos

Los indicadores para la evaluación económica son conceptos valorizados que expresan el rendimiento económico de la inversión y en base a estos datos se puede tomar la decisión de aceptar o rechazar la realización de un proyecto o en su caso, se evalúa la rentabilidad del mismo. De acuerdo a Muñante (2002), Rucoba *et al.*, (2006) y Romero *et al.*, (2009) algunos de los indicadores económicos más usados son:

a) Valor actual neto (VAN). Permite actualizar los ingresos y costos presentes y futuros expresados en unidades monetarias de hoy. Para hallar el VAN de una serie de anualidades de ingresos y costos, estos se multiplican por un factor de actualización que puede ser asimilado a una tasa de interés esperada, la de prestación o la tasa de inflación. Para evaluar un proyecto de inversión desde el punto de vista económico, el criterio de decisión del VAN es: si $VAN > 0$: el proyecto es rentable; si $VAN = 0$: el proyecto es postergado; si $VAN < 0$: el proyecto no es rentable.

b) Tasa interna de retorno (TIR). Es la tasa de actualización que hace que el valor actualizado de la corriente de beneficios se iguale al valor actualizado de la corriente de costos, es decir, se efectúan tanteos con diferentes tasas de descuento consecutivas hasta que el VAN sea cercano o igual a cero y obtengamos un VAN positivo y uno negativo. Para evaluar un proyecto de inversión desde el punto de vista económico, el criterio de decisión del TIR es que debe ser: si $TIR > \text{tasa de descuento } (r)$: el proyecto es aceptable; si $TIR = r$: el proyecto es postergado; si $TIR < \text{tasa de descuento } (r)$: el proyecto no es aceptable.

c) Relación beneficio/costo (B/C). En un método de evaluación de proyectos que se basa en el valor presente y que, consiste en dividir el valor presente de los ingresos entre el valor presente de los egresos. Si este índice es > 1 se acepta el proyecto; si es < 1 no se acepta, ya que significa que la rentabilidad del proyecto es inferior al costo del capital.

El valor de la relación B/C cambiará según la tasa de actualización seleccionada, pues cuanto más elevada sea dicha tasa, menor será la relación en el índice resultante.

d) Punto de equilibrio. El análisis del punto de equilibrio es una técnica útil para estudiar las relaciones entre los costos fijos, los costos variables y los ingresos. Si los costos de una empresa sólo fueran variables, no existiría problema para calcular el punto de equilibrio. El punto de equilibrio es el nivel de producción en el que los ingresos por ventas son exactamente iguales a la suma de los costos fijos y los variables.

5. Literatura citada

Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, ASERCA. (2017). Precios y productos, disponible en <http://www.infoaserca.gob.mx/PrecYProd.asp>. Consultado en Julio de 2018.

Aguirre, H. E. y Muñoz O. V. (2015). El Chile como alimento. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 66(3), 16-23.

Alcántar, G. G., Trejo-Téllez, L. I., y Gómez-Merino, F.C. (2016). *Nutrición de cultivos. Segunda edición. Biblioteca Básica de Agricultura. Colegio de Postgraduados. México*, 443 p.

Alejo, S. G., Contreras, M.E., Bugarín, M.R., Jiménez, M.V., y Sánchez, M.A.L. (2011). La agricultura protegida en el estado de Nayarit. *Revista Fuente*, Año 2, No. 7.

Altieri, M. A. (2008). Agroecology: environmentally sound and socially just alternatives to the industrial farming model. *Encyclopedia of Life Support Systems*.

Baca, U.G. (2013). *Evaluación de proyectos. Séptima edición. Editorial McGraw Hill. México*, 371 p.

Balsa, J. y López, C. N. (2011). La agricultura familiar moderna. Caracterización y complejidad de sus formas concretas en la región pampeana. *Repensar la Agricultura Familiar. Aportes para desentrañar la Complejidad Agraria Pampeana*, 45-76.

Bastida, A. (2011). Los invernaderos y la agricultura protegida en México. *Chapingo, México: Agribot*. 415 p.

Beltrano, J. y Gimenez, D. O. (2015). *Cultivo en hidroponía. Editorial de la Universidad Nacional de la Plata, Argentina*, 180 p.

Bielinski, M. S., Obregón-Olivas H. A., y Salamé-Donoso. T. P. (2010). *Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos: Estructuras para la Agricultura Protegida*.

Departamento de Horticultural Sciences, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. 4 p.

- Bolívar, H. (2011). Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. *CICAG: Revista del Centro de Investigación de Ciencias Administrativas y Gerenciales*, 8 (1), 1-18.
- Bustamante, L. T. I., Carrera C. B., y Schwentesius R. R. (2017). Sostenibilidad de pequeños productores en Tlaxcala, Puebla y Oaxaca, México. *Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo*, (37).
- Cervantes-Herrera, J., Castellanos, J. A., Pérez-Fernández, Y., y Cruz-León, A. (2015). Tecnologías tradicionales en la agricultura y persistencia campesina en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2, 381-389.
- Chiara, D., Herrera, L. y Vargas, P. (2017). Cultivo hidropónico de espinaca mediante técnica NFT e invernadero para el control de variables ambientales. *Perfiles de Ingeniería* 12, 49-60.
- Contreras, T. A. R., López, S. H., Santacruz, V. A., Valadez, M. E., Aguilar, R. V. H., Corona, T. T., y Antonio, L. P. (2011). Diversidad Genética en México de variedades nativas de chile 'poblano' mediante microsatélites. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34 (4), 225-232.
- Cruz Vargas, A. (2013). Calidad del chile poblano, oportunidad de comercio para productores de San Matías Tlalancaleca y San Rafael Tlanalapa, Puebla. Tesis de grado. Maestría en Ciencias. Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados. Puebla, México.
- De Rijck, G. y Schrevens, E. (1998a). Cation Speciation in Nutrient Solutions as a Function of pH. *J. Plant Nutr.* 21: 861-870.
- DeWalt, B. R. (1999). Combining indigenous and scientific knowledge to improve agriculture and natural resource management in Latin América. *Traditional and modern natural resource management in Latin América*, 101-121.
- Fernández, S.C. (2012). Análisis y evaluación de riesgos de incidencias naturales en el sistema productivo agrario intensivo de Almería. (Tesis de Doctorado) Universidad de Almería. España.
- Gómez-Hernández, D., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chávez-Servia, J. L., y Perales-Segovia, C. (2018) Pathogenicity of *Phytophthora capsici* Leon and *Rhizoctonia solani* Khün, on seedlings of 'costeño' pepper (*Capsicum annuum* L.). *Revista Bio Ciencias* 5(1), e356. doi: 10.15741/revbio.05.01.14
- González, E., Yáñez, M., Santiago, V., y Montero, Á. (2004). Biodiversidad fungosa en la marchitez del chile y algunos factores involucrados, en Tlacotepec de José Manzo, El Verde, Puebla. *Agrociencia*, 38(6), 653-661.

- Hernández-Xolocotzi, E. (1988). La Agricultura Tradicional en México. Comercio Exterior. 38 (8). México. pp. 662-672.
- Huerta, de la P. A., Fernández, R. S., y Ocampo, F. I. (2007). Manual de chile poblano: importancia económica y sociocultural. Colegio de Postgrados. Campus Puebla, 80 p.
- Jouve, P. (1988). Quelques reflexions sur la specificité et l'identification des systèmes agraires. Les cahiers de la Recherche Développement (20), 5-16.
- Juárez, H. M., Baca, C. G., Aceves, N.L., Sánchez, G. P., Tirado, T.J.L., Sahagún, C.J., y Colinas, M. T. (2006). Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. Interciencia, 31(4), 246-253.
- Juárez-López, P., Bugarín-Montoya, R., Sánchez-Monteón, A. L., Balois-Morales, R., Juárez-Rosete, C. R., y Cruz-Crespo, E. (2012). Horticultura protegida en Nayarit, México: situación actual y perspectivas. Revista Bio Ciencias, 1(4),16-24.
- Khan, F.A., Kurklu, A., Ghafoor, A., Ali, Q., Umair, M., and Shahzaib, (2018). A Review on Hydroponic Greenhouse Cultivation for Sustainable Agriculture. Int. J. Agric. Environ. Food Sci., 2(2), 59-66. DOI: 10.31015/jaefs.18010.
- López, L. P., Rodríguez, H. R., y Bravo, M. E. (2016). Impacto económico del chile huacle (*Capsicum annuum* L) en el estado de Oaxaca. Revista Mexicana de Agronegocios, 38, 317-328.
- Lozano, A. N., Guzmán-Plazola, R. A., Zavaleta, M. E., Aguilar, R.V. H., y Ayala, E. V. (2015). Etiología y evaluación de alternativas de control de la marchitez del chile de árbol (*Capsicum annuum* L.) en La Vega de Metztitlán, Hidalgo, México. Revista Mexicana de Fitopatología, 33(1), 31-53.
- Mead, M. (1980). Cultura y compromiso. Editorial: GEDISA. México D.F.
- Mendoza-Robles, R. y Hernández-Romero, E. (2018). Biodiversificación en la agricultura familiar de Chiautzingo, Puebla: Estudio de caso. Agroproductividad, 11(9), 99-104.
- Meseguer, E. G. y Espín, J. M. G. (2011). Cultivos bajo cubierta en el sureste de España. *Papeles de Geografía*, (53-54), 155-170.
- Montalvo-González, E., González-Espinoza, N. G., García-Galindo, H. S., Tovar-Gómez, B., y Mata-Montes de Oca, M. (2009). Efecto del etileno exógeno sobre la desverdización del chile 'poblano' en poscosecha. Revista Chapingo. Serie Horticultura, 15(2), 189-197.
- Moreno, P. E. D. C., Sánchez-Del Castillo, F., Gutiérrez T. J., González M. L., y Pineda P. J. (2015). Greenhouse lettuce production with and without nutrient solution recycling. Revista Chapingo Serie Horticultura, 21(1), 43-55.

- Moreno, R. A., Aguilar, D. J., y Luévano G. A. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, (29), 763-774.
- Muñante, D.D. (2002). *Manual de formulación y evaluación de proyectos*. UACH, México.
- Muñoz, R. J. (2003). La producción de hortalizas bajo invernadero en México. In: *Manual de Producción Hortícola en Invernadero*. J Z Castellanos, J J Muñoz R (eds). INTAGRI. México. pp: 14-16.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (2017). Estadísticas de la producción mundial de chile verde. <http://www.fao.org/statistics/databases/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (2001). *Sistemas de Producción Agropecuaria y Pobreza*. Banco Mundial Roma y Washington DC. p 480.
- Ortega, M.L. D., Martínez, V. C., Ocampo, M. J., Sandoval, C. E., y Pérez, A. B. (2016). Eficiencia de sustratos en el sistema hidropónico y de suelo para la producción de tomate en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(3), 643-653.
- Palerm, Á. (1992). *Sistemas agrícolas en Mesoamérica contemporánea. Guía y lecturas para una primera práctica de campo*. Universidad Autónoma de Querétaro. México. pp. 241-281.
- Pérez, C. L. J., Tornero, C. M. A., Escobedo, G. J. S., y Sandoval, C. E. (2017). El chile poblano criollo en la cultura alimentaria del Alto Atoyac. *Estudios Sociales*, 27(49), 47-66.
- Pérez, S. J. M., Velasco, O. J. J., y Reyes, M. L. (2014). Estudios sobre agricultura y conocimiento tradicional en México. *Perspectivas Latinoamericanas*, 11, 144-156.
- Rabobank, Group. (2017). *World Vegetable Map 2018: More than Just a Local Affair*.
- Ramírez, C., Soto, Z., Castro, L., Arauz, L., Uribe-Lorío, L., y Uribe, L. (2015). Efecto de cuatro rizobacterias promotoras de crecimiento sobre la pudrición basal causada por *Phytophthora capsici* en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum*). *Agronomía Costarricense*, 39 (3), 87-100.
- Resh, M. H. (1992). *Cultivos hidropónicos; nuevas técnicas de producción*. 3ª. Edición. Editorial Mundi-Prensa, España, 658 p.
- Resh, M. H. (2012). *Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower*. 7º Edition USA: CRC Press Taylor & Francis Group, 675 p.

- Reyes, T. A., Quiñones, A. E. E., Rincón, E. G., y López, P. L. (2016). Micorrización en *Capsicum annuum* L. para promoción de crecimiento y bioprotección contra *Phytophthora capsici* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(4), 857-870.
- Rincón, V. J. F. y Velásquez, V. R. (1999). Reacción de genotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) a pudriciones radicales en Zacatecas. *Horticultura Mexicana*, 7, 130.
- Ríos-Osorio, O., Chávez-Servia, J., y Carrillo-Rodríguez, J. (2014). Producción tradicional y diversidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo: un estudio de caso en Tehuantepec-Juchitán, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 11 (1), 35-51.
- Rodríguez, J., Peña, O. B., Gil, M. A., Martínez, C. B., Manzo, F., y Salazar, L. (2007). Rescate in situ del chile 'poblano' en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(1), 25-32.
- Romero, A. O., Barrios, D. J. M., Macías, L. A., Simón, B. A., Ibañez, M. A., y Juárez, H. F. (2009). Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de Hongo Seta bajo condiciones de invernadero, en el Municipio de Amozoc de Mota en el Estado de Puebla. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 25, 34-44.
- Rucoba, G.A., Anchondo, N.Á., Luján, Á.C., y Olivas, G. J. (2006). Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de tomate bajo invernadero en la región centro-sur de Chihuahua. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 10 (19), 0.
- Sánchez-del-Castillo, F., González-Molina, L., Moreno-Pérez, E. D. C., Pineda-Pineda, J., y Reyes-González, C. E. (2014). Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3), 261-269.
- Santos, B., Obregón-Olivas, H., y Salamé-Donoso, T. (2010). Producción de hortalizas en ambientes protegidos: estructuras para la agricultura protegida. Wimauma, Florida, EE. UU. University of Florida, 7 p.
- Sapag, C.N. y Sagap, C.R. (2008). Preparación y evaluación de proyectos. Quinta edición, Editorial Mc. Graw Hill, Bogotá, D.C., Colombia. 445 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA. (2016). Base de datos en línea, disponible en: <http://www.gob.mx/sagarpa>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. (2016). Atlas Agroalimentario 2016. Recuperado de: <http://www.siap.gob.mx/>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. (2017). Atlas Agroalimentario 2017. Recuperado de: <http://www.siap.gob.mx/>

- Smith, G. S., Johnston, C. M., and Cornforth, I. S. (1983). Comparison of nutrient solutions for growth of plants in sand culture. *New Phytol.* 94: 537-548.
- Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil* 15: 134-154.
- Steiner, A. A. (1966). The influence of the chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants *Plant and Soil* 24:454-466.
- Steiner, A. A. (1968). Soilless culture. In: Proc. 6th Colloq. Int. Potash Inst. Florence, Italy. 324-341 pp.
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. In: Proc 6th Int. Cong. Soilless Cult. 633-649 pp.
- Sthapit, B., Rana, R., Eyzaguirre, P., and Jarvis, D. (2008). The value of plant genetic diversity to resource-poor farmers in Nepal and Vietnam. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 6(2), 148-166.
- Tlelo, C. A. M. (2017). Conocimiento campesino y uso de abonos orgánicos y fertilizantes químicos en la producción de chile poblano. Tesis de grado. Maestría en Ciencias. Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados. Puebla, México.
- Toledo, V. M. (1997). Economía y modos de apropiación: una tipología ecológica-económica de productores rurales. *Economía Informa* (253). Facultad de Economía, UNAM, México.
- Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., Antonio López, P., Guerrero-Rodríguez, J. D. D., Santacruz-Varela, A., y Huerta-de la Peña, A. (2011). Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de chile" poblano". *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17(3), 139-150.
- Uribe-Lorío, L., Castro-Barquero, L., Arauz- Cavallini, F., Henríquez-Henríquez, C., y Blanco-Meneses, M. (2014). Pudrición basal causada por *Phytophthora capsici* en plantas de chile tratadas con vermicompost. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 243-253.
- Velasco, E., Ángel, N., y López, N. (2011). Cultivo de tomate en hidroponía e invernadero (No. 635.642 V). Colegio de Postgraduados, Mundi-Prensa México, 126 p.
- Velásquez-Valle, R., Medina-Aguilar, M.M., y Luna-Ruiz, J. de J. (2001). Sintomatología y géneros de patógenos asociados con las pudriciones de la raíz del chile (*Capsicum annuum* L.) en el Norte-Centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19:175-181.

CAPÍTULO I. IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN TRADICIONAL DE CHILE POBLANO EN LA REGIÓN DEL ALTO ATOYAC, PUEBLA.

Brenda Nataly Hernández-Hernández¹, Mario Alberto Tornero-Campante^{1*}, Engelberto Sandoval-Castro¹, Oswaldo Rey Taboada-Gaytán¹, Benjamín V. Peña-Olvera¹ y María de las Nieves Rodríguez-Mendoza².

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores No. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla. C.P. 72760. Puebla, Puebla.

²Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, México, C.P. 56230, México.

*Autor de correspondencia: mtornero@colpos.mx

Resumen

El chile poblano criollo es un cultivo característico de la región del Alto Atoyac en Puebla, donde se establece en pequeñas superficies en el sistema tradicional a cielo abierto. En años recientes, el sistema de producción se ha visto afectado por diversos factores ambientales y por problemas ocasionados por fitopatógenos del suelo, causantes de las enfermedades de la raíz conocidas como marchitez y secadera, las cuales han generado pérdidas económicas importantes para algunos productores, afectando la productividad y en algunas ocasiones la rentabilidad del cultivo de chile poblano. El objetivo del presente estudio fue identificar las características del sistema de producción tradicional de chile poblano en la región del Alto Atoyac para determinar si el cultivo es económicamente viable para los productores. Se realizaron entrevistas a una muestra de 20 productores de la región, mediante un cuestionario estructurado, utilizando el método de muestreo bola de nieve; dentro de las variables de estudio se consideraron aspectos sociales, agronómicos y económicos del sistema de producción de chile poblano. Los resultados indicaron que los productores cultivan el chile poblano de manera tradicional a cielo abierto, intercalando el cultivo con maíz, frijol y árboles frutales, con la finalidad de tener disponibles diversos alimentos que garanticen su seguridad alimentaria y económica. De acuerdo al manejo del cultivo, costos de producción y

rendimiento obtenido, se caracterizó el sistema de producción de acuerdo al nivel de tecnología empleado por el productor (alto, mediano y bajo). El nivel predominante fue el nivel tecnológico bajo (70 %) donde el productor utiliza semilla nativa de la región; el 65 % de los productores establece el almácigo de chile poblano de manera tradicional en suelo; la superficie plantada es relativamente pequeña y varía de los 400 m² hasta 3 ha, con un rendimiento promedio de 5 t ha⁻¹. Considerando estos aspectos y de acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación económica del sistema de producción tradicional de chile poblano en la región del Alto Atoyac, el cultivo de chile poblano criollo es económicamente viable para los productores, sin embargo, esto depende de la superficie sembrada, el nivel de tecnología empleado, el precio de venta y de la influencia de los factores fitosanitarios y ambientales.

Palabras clave: chile poblano criollo, evaluación económica, relación beneficio-costo, sistema de producción tradicional.

1.1. Introducción

El chile (*Capsicum annum* L.) es una de las especies mayor cultivadas en el mundo y es en México donde se encuentra la mayor diversidad, pues se reporta la existencia de 56 diferentes tipos de chiles criollos en el territorio nacional (Aguilar *et al.*, 2010). México se ha caracterizado como uno de los principales productores y consumidores de chile, pues en el año 2017 el volumen de producción de los diferentes tipos cultivados alcanzó las 3.2 millones de toneladas, con un valor que rebasó los 24 mil millones de pesos y que, junto con los pimientos, se ubicó en el quinto lugar dentro de los 20 principales productos que comercializa nuestro país a nivel internacional (SAGARPA, 2016; SIAP, 2017).

En el estado de Puebla y específicamente en la región del Alto Atoyac se cultiva el chile poblano criollo, el cual posee una gran importancia culinaria, cultural y económica, debido a que, ya sea en fresco o en seco, es el ingrediente principal en la elaboración de diversos platillos típicos y representa una fuente destacada de ingresos para los productores de la región. Actualmente este cultivo se produce en pequeñas superficies a cielo abierto donde se obtienen bajos rendimientos debido a diversas afectaciones

causadas por condiciones ambientales desfavorables, problemas fitosanitarios y ausencia de paquetes tecnológicos apropiados que atiendan las necesidades del cultivo (Toledo-Aguilar *et al.*, 2011).

Entre los diversos factores que limitan la productividad y rentabilidad del cultivo, el que causa daños importantes e irreversibles en el sistema de producción lo constituyen las enfermedades del suelo. En la región del Alto Atoyac la marchitez y secadera, causadas por *Phytophthora* spp. y *Fusarium* sp son las enfermedades más devastadoras en el cultivo de chile poblano y como lo mencionan Velásquez-Valle y Reveles-Torres (2017), la infección producida por estas enfermedades causa una distintiva lesión negra en los tallos de las plantas, conduciendo a la marchitez de las mismas, las cuales, normalmente tienden a agruparse en forma de manchones en las parcelas. El control de estas enfermedades por parte de los productores es poco efectivo debido al desconocimiento del agente causal y a que no existe un producto específico para el manejo de las mismas, ocasionando que el rendimiento del cultivo esperado por el productor disminuya, afectando considerablemente sus ingresos.

Frente a esta situación, es necesario conocer si el cultivo de chile poblano a cielo abierto es económicamente viable para los productores de acuerdo a las características sociales, tecnológicas y económicas encontradas en el sistema de producción. Es por ello, que el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo identificar los aspectos socioeconómicos del sistema de producción tradicional de chile poblano en la región del Alto Atoyac, distinguir las prácticas agrícolas de manejo en el cultivo y conocer los costos de producción para realizar una evaluación económica y determinar su rentabilidad.

1.2. Materiales y métodos

1.2.1. Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la región conocida como el Alto Atoyac, conformada por 69 municipios, 22 de ellos pertenecientes al estado de Puebla y 47 al estado de Tlaxcala. Tiene una superficie aproximada de 4,135 km² y forman parte de ella los ríos Atoyac, Zahuapan y Alseseca que confluyen en la presa Manuel Ávila Camacho,

también conocida como Valsequillo (Handal-Silva *et al.*, 2017). En el estado de Puebla el Alto Atoyac cubre una extensión de 2,420 km². El clima de la región es templado, subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura promedio anual y la precipitación son de 17.2 °C y 969.1 mm respectivamente, y esta última aumenta entre los meses de junio y octubre (Pérez *et al.*, 2018).

El estudio se realizó en 11 localidades pertenecientes a los municipios de: San Andrés Calpan, San Felipe Teotlalcingo, San Lorenzo Chiautzingo, San Martín Texmelucan, San Matías Tlalancaleca y San Salvador el Verde, Puebla, ubicados dentro de la región del Alto Atoyac. Estos municipios se eligieron debido a que son los principales municipios productores de chile poblano en la región del Alto Atoyac en Puebla (SIAP, 2017), los productores aun cultivan bajo el sistema de producción tradicional a cielo abierto y utilizan semilla nativa de la región.

1.2.2. Metodología

La metodología utilizada en este trabajo se fundamentó en la aplicación de un cuestionario estructurado (Anexo 1) empleando la técnica de entrevista directa para recolectar, sistematizar y analizar información de variables cualitativas y cuantitativas del sistema de producción tradicional de chile poblano. Debido a que no se cuenta con un padrón oficial de productores de chile poblano en la región, el tamaño de muestra se obtuvo con el método de muestreo bola de nieve. Este tipo de muestreo es un método de recolección de información cualitativa donde el investigador obtiene una muestra de estudio a través de referencias hechas entre personas que comparten o saben de otras personas que poseen algunas características que son de interés para la investigación (Román *et al.*, 2016). De acuerdo a lo anterior, en este estudio se identificaron a productores líderes de chile poblano en la región del Alto Atoyac, para que éstos a su vez pudieran dar referencia de otros productores a los cuales entrevistar y así sucesivamente.

Las entrevistas se aplicaron a una muestra de 20 productores a través del cuestionario estructurado, en el cual, se consideraron aspectos sociales, agronómicos y económicos del sistema de producción de chile poblano criollo. Las preguntas se orientaron en

describir las características generales de los productores (sexo, edad, nivel de escolaridad), aspectos socioeconómicos (actividad económica principal, tenencia de la tierra, superficie de siembra, años de experiencia en el cultivo), aspectos agronómicos (producción de plántula, preparación del terreno, trasplante, manejo del cultivo, etc.), cosecha, comercialización y costos de producción del cultivo. La información obtenida en las entrevistas se sistematizó y analizó utilizando el programa Excel y el paquete estadístico SPSS Statistics versión 22 (IMB, 2013).

1.3. Resultados y discusión

1.3.1. Características del productor

De acuerdo a los resultados obtenidos en las entrevistas, se obtuvo que el 100 % de los productores pertenecen al sexo masculino, con edades entre los 27 y 72 años, con una edad promedio de 48 años y una mediana de 51 años. El 70 % de los productores tiene una edad entre los 30 y los 59 años (Figura 1.1).

La edad del productor tiene una influencia fundamental en la preservación del conocimiento dentro del sistema de producción, pues con la experiencia generada a través de los años tienden a asegurar su autosuficiencia alimentaria a partir de la producción de diversas especies dentro del predio agrícola (Salazar y Magaña, 2016). No obstante, la edad del productor también es un factor determinante en la aceptación de nuevas formas o técnicas de producción en los procesos agrícolas, ya que puede influir negativamente y retrasarlos debido al arraigo de su tecnología de producción tradicional (Aparicio *et al.*, 2013; Uzcanga *et al.*, 2015; Salazar-Barrientos *et al.*, 2016).

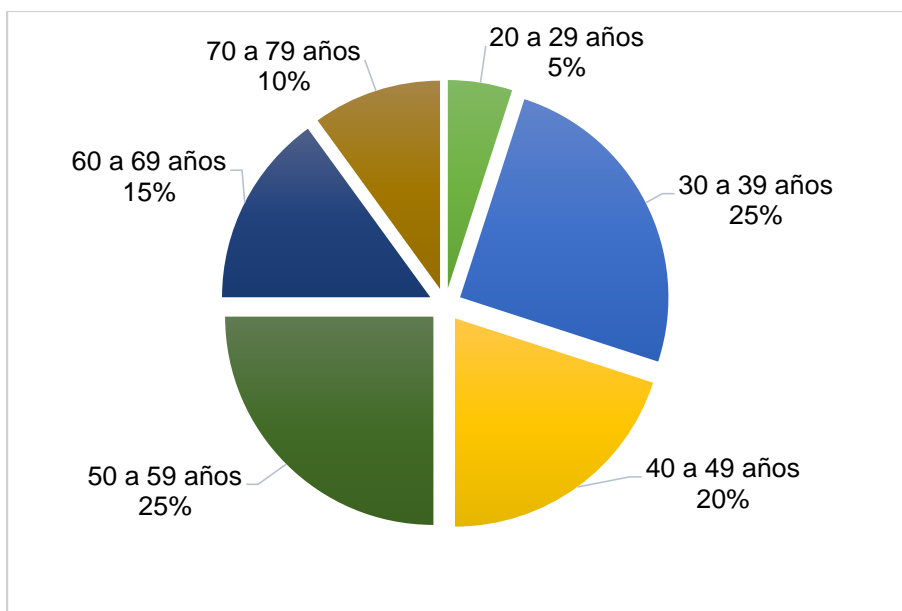


Figura 1.1. Distribución porcentual de la edad de los productores de Chile Poblano del Alto Atoyac, Puebla.

El análisis del nivel de escolaridad indicó que el 40 % de los productores cuenta con estudios de primaria completa, el 10 % cursó la secundaria, el 30 % cuenta con estudios de preparatoria, el 10 % cuenta con una carrera técnica y el 10 % cursó alguna licenciatura (Figura 1.2).

El nivel de escolaridad del productor es un factor determinante dentro del sistema de producción ya que como lo mencionan Garrido-Rubiano *et al.* (2017), un mayor nivel de escolaridad permite un mayor grado de autonomía en la toma de decisiones para la implementación de nuevas prácticas agrícolas.

Además, como lo mencionan Salazar y Magaña (2016), el nivel de escolaridad influye para que los productores puedan acceder a mejores oportunidades de empleo fuera del predio agrícola, disminuyendo el tiempo que dedican a las actividades del campo. A pesar de ello, algunos productores optan por no abandonarlas debido al apego y tradición del cultivo heredada por sus padres o abuelos, en especial para no sustituir las variedades nativas por variedades mejoradas y seguir conservado el material genético característico de la región.

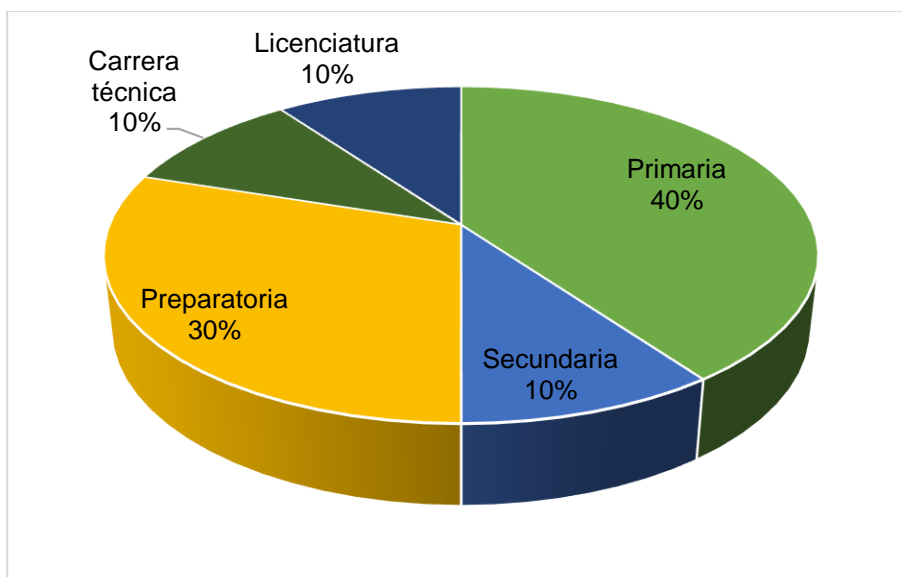


Figura 1.2. Distribución porcentual del nivel de escolaridad de los productores de chile poblano del Alto Atoyac, Puebla.

1.3.2. Aspectos socioeconómicos

En la zona de estudio los productores entrevistados reconocen que su actividad principal es la agricultura, en donde se cultiva chile poblano criollo, maíz, frijol y árboles frutales. Además, el 10 % de los productores indicó que complementan la actividad agrícola con la producción pecuaria o algún oficio primario.

Respecto al régimen legal de la tenencia de la tierra, la mayoría de los productores cultivan en terrenos de pequeña propiedad, mientras que el resto cuenta con terrenos de propiedad ejidal o con ambos tipos de tenencia (Cuadro 1.1). El número de predios con los que cuenta cada productor varía de 1 a 12 predios, con un promedio de 3 predios. Del total de productores entrevistados solo el 10 % renta el terreno donde cultiva el chile poblano.

Cuadro 1.1. Régimen legal de la tenencia de la tierra en el Alto Atoyac, Puebla.

Régimen legal	Número de productores	Porcentaje
Pequeña propiedad	11	55 %
Ejido	7	35 %
Ambas	2	10 %

Fuente: elaboración propia

La superficie plantada de chile poblano varía desde las 0.25 ha hasta las 10 ha, con una mediana de 1 ha. Esto claramente deja en evidencia una tendencia hacia la fragmentación de la tierra, probablemente por la cultura que se tiene de heredar las parcelas a los descendientes (Osorio-García *et al.*, 2015). La superficie promedio destinada únicamente al cultivo de chile poblano es de 1 ha, el mínimo es de 400 m² y el máximo es de 3 ha.

Los años de experiencia del productor en el cultivo de chile poblano son de 55 años como máximo y un mínimo de 3 años, registrándose un promedio de 23 años y una mediana de 20 años de experiencia en el cultivo. Los productores que cuentan con una amplia experiencia en el cultivo poseen conocimientos tradicionales muy arraigados que les permiten definir la habilidad para producir dentro del sistema de producción y garantizar su autosuficiencia alimentaria; sin embargo, esta característica puede favorecer o impedir el uso de innovaciones, pues los productores con más años de experiencia en el cultivo se consideran reacios al cambio tecnológico (Salazar-Barrientos *et al.*, 2016; Vélez *et al.*, 2016; Borja *et al.*, 2018).

1.3.3. Características del sistema de producción

En el sistema de producción tradicional el chile poblano se establece a cielo abierto y generalmente se intercala con otros cultivos como maíz, frijol y árboles frutales, coincidiendo con lo reportado por autores como Roldán (2016) y Mendoza-Robles y Hernández-Romero (2018). La diversidad de especies establecidas en el sistema agrícola es de gran importancia para los pequeños productores, pues de ello depende su seguridad alimentaria y económica al mejorar la variedad de cultivos disponibles en las comunidades (Salazar-Barrientos *et al.*, 2016; Mendoza-Robles y Hernández Romero, 2018).

1.3.3.1. Producción de plántula

La obtención de plántula es la primera actividad que se realiza en la producción de chile poblano y se lleva a cabo en los meses de diciembre, enero y febrero. De acuerdo a la información recabada en las entrevistas, se pudo identificar que el 65 % de los

productores establece el almácigo de chile poblano, mientras que el 35 % restante compran la plántula. Los productores que establecen su propio almácigo realizan la siembra de manera manual utilizando semilla de variedades nativas adaptadas a las condiciones edáficas y climáticas de la región; estas variedades son identificadas por los productores con el nombre de chile poblano criollo, chile ancho criollo o chile mulato. Además, ellos mismo se encargan de producir y conservar la semilla de los materiales genéticos nativos al seleccionar la semilla después de la cosecha. La importancia del uso de semillas nativas radica en el esfuerzo generacional de la adaptación a las condiciones ambientales de la región y el costo que representa para los productores de bajos recursos (Roldán, 2016). Por su parte, los productores que compran la plántula la adquieren de almácigos tradicionales o en charolas de poliestireno.

1.3.3.2. Establecimiento del almácigo

En el establecimiento del almácigo se distinguen dos formas de realizarlo: 1) de manera tradicional en suelo, conocido coloquialmente como “canoas” y 2) en charolas de poliestireno de 200 cavidades.

El establecimiento en canoas se realiza preparando el terreno, aflojando la tierra con tractor o yunta e incorporando estiércol de vaca descompuesto para posteriormente formar canoas o melgas de diferentes dimensiones, que por lo general son de aproximadamente 1 m de ancho por 30 m de largo. Una vez formada la canoa el primer paso consiste en humedecerla completamente, posteriormente se siembra la semilla de chile poblano al voleo, aproximadamente se utilizan 2 kg de semilla para preparar una canoa. Una vez que la semilla se extiende sobre la canoa se cubre con una ligera capa de tierra y se coloca un plástico para cubrirla, a este plástico se le coloca otra capa de tierra encima para evitar que se mueva y para que la semilla germine más rápido. Una vez que las plantas germinan, que es a partir de los 25-30 días después de la siembra, se quita el plástico de la canoa y se cubre con jarilla para evitar daños en las plántulas causados por el sol o el frío.

En esta fase de almácigo se realizan diversas labores como la eliminación de malezas, la cual se realiza de manera manual, se aplican riegos según lo requiera la plántula y

algunos productores realizan aplicaciones de fertilizantes químicos granulados como el Fosfato diamónico (18-46-00), abono de borrego o gallina; y fungicidas como el Propamocarb, Mancozeb, Clorotalonil y Carbendazim, para prevenir la aparición de enfermedades de la raíz. López *et al.*, (2016) mencionan que las plántulas de chile se producen en almácigos de piso o suelo y comúnmente se establecen próximos a una fuente de agua o a la casa del productor para proveerles el mayor cuidado posible.

La producción de plántula en charolas de poliestireno comienza con la desinfección de las mismas con jabón y cloro (0.1 %), después se prepara la mezcla del sustrato que se va utilizar y pueden ser mezclas de peat moss-vermiculita, lombricomposta-aserrín, tierra de monte-arena o humus de lombriz-agrolita en una proporción 3:1 respectivamente. Posteriormente se llenan las charolas con el sustrato y se colocan de dos a tres semillas por cavidad, se cubren con una capa del mismo sustrato, se aplica un riego saturado y se tapan las charolas con plástico hasta la germinación.

La germinación ocurre entre los 20-25 días, en este momento se retira el plástico y se continúan con los riegos, cuando las plantas presentan el primer par de hojas verdaderas se aplican riegos con fertilizantes solubles como el NPK (S) 20-5-5 (40) con micronutrientes quelados EDTA, cada tres días; también se hace la aplicación de fungicidas e insecticidas, entre los que destacan el captan, clorotalonil y lambdacialotrina.

El establecimiento del almácigo en charolas de poliestireno da lugar a plántulas más precoces y uniformes, con un cepellón bien formado de raíces que garantiza un buen establecimiento en campo de la plántula al momento del trasplante, aumentando también la capacidad de absorber agua y nutrientes en comparación con plántulas procedentes de semilleros a raíz desnuda; en este último caso se necesita de un tiempo de recuperación antes de reanudar su crecimiento, además su sistema de raíces es más susceptible al ataque de patógenos (Gaytán *et al.*, 2006; Cuesta y Mondaca, 2014). Aunque la producción de plántulas en charolas tiene mayores ventajas que la producción en canoas, en la región del Alto Atoyac no se realiza esta práctica debido a que la mayoría de los productores desconocen cómo llevarla a cabo, además de que genera un incremento en los costos de producción.

1.3.3.3. Preparación del terreno

Las prácticas de preparación del terreno que realizan el 100 % de los productores se llevan a cabo utilizando maquinaria agrícola con la finalidad de agilizar estas prácticas, iniciando con la actividad del barbecho para aflojar la tierra, posteriormente se complementa con dos o tres pasadas de rastra para airear el suelo y por último llevan a cabo el surcado del terreno con tractor, el cual se realiza a una distancia promedio entre surcos de 0.80 m. La mecanización agrícola es fundamental en el incremento de la producción, puesto que permite aumentar el área cultivada, mejora las técnicas del cultivo, reduce los costos de producción y dignifica el trabajo humano (Negrete, 2011; Ayala-Garay *et al.*, 2017).

1.3.3.4. Trasplante

Después de que se han realizado las labores de preparación del terreno se procede a realizar el trasplante de manera manual en surco sencillo o a doble hilera. El trasplante se realiza cuando las plántulas alcanzan una altura promedio de 15-20 cm y presentan características de sanidad a la vista del productor. Esta actividad se realiza en horas muy tempranas para evitar daños causados por el sol. Generalmente se colocan dos plantas por mata al momento del trasplante y la distancia promedio entre plantas es de 0.40 m. De acuerdo a la fecha en la que los productores mencionan realizar el trasplante se identificaron dos períodos: el primero de ellos comprende del 26 de marzo al 07 de abril y el segundo del 15 de abril al 15 de mayo.

1.3.3.5. Riego

Una de las actividades que realizan los productores antes e inmediatamente después del trasplante es la aplicación del riego, el primer riego que se aplica se le denomina de asentamiento y se aplica con la finalidad de que la plántula “pegue”, es decir, resista el trasplante y se adapte al terreno de cultivo. Posteriormente se aplican dos o tres riegos de auxilio cada quince días hasta la llegada del temporal, el 85 % de los productores lo hacen mediante el riego por gravedad, mientras que el 15 % restante lo hacen a través de un sistema de riego por goteo.

1.3.3.6. Manejo y nutrición del cultivo

Los productores entrevistados llevan a cabo diversas prácticas de manejo dentro del terreno de cultivo de chile poblano, entre las que destacan las “labores”. A partir de los quince días después del trasplante se realiza la primera labor que consiste en arrimar tierra al pie de la planta, realizar escardas y aplicar fertilizantes químicos, esta actividad se realiza con yunta; a los 20 días, se realiza una segunda labor dentro del terreno de cultivo con la misma finalidad.

Referente a la nutrición del cultivo, el chile poblano requiere de diferentes nutrientes para su correcto desarrollo, el 85 % de los productores aplican fertilizantes químicos granulados, entre los que destacan la Urea (46-00-00), el Fosfato diamónico (DAP) 18-46-00 y el Triple 17 (17-17-17). Estos fertilizantes generalmente se combinan con estiércol de vaca o gallina para complementar la nutrición del cultivo de chile poblano y por lo regular se aplican en la primera y segunda labor. El productor considera que al agregar abono animal al suelo complementándolo con el tratamiento del fertilizante químico es suficiente para obtener un buen rendimiento (Sánchez-Olarte *et al.*, 2015). El 15 % de los productores realizan aplicaciones de fertilizantes químicos solubles como el KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KH_2PO_4 , MgSO_4 , y K_2SO_4 a través de una solución nutritiva y también realizan aplicaciones con fertilizantes foliares (Basfoliar NPK).

1.3.3.7. Principales problemas en el sistema de producción

El cultivo de chile poblano es susceptible al ataque de diversas plagas, de acuerdo con la información recabada en las entrevistas, el 100 % de los productores mencionan que las plagas que más perjudican en el cultivo son la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), el pulgón (*Myzus persicae*) y el chapulín (*Sphenarium purpurascens* Charpentier), las cuales se pueden presentar en cualquier etapa de desarrollo del cultivo y que también han sido reportadas por Chacón (2011) en el sistema de producción de chile poblano en el municipio de San Matías Tlalancaleca. Además, como lo mencionan González-Maldonado y García-Gutiérrez (2012), éstas plagas pueden ser posibles vectores de enfermedades, virus, fitoplasmas y toxinas. Los productores llevan a cabo el

control de estas plagas mediante la aplicación de insecticidas químicos a base de Imidacloprid, Carbofuran, Lambdacialotrina y Cipermetrinas.

Uno de los principales problemas en la producción de chile poblano criollo es la presencia de enfermedades. En relación a esto, todos los productores coinciden en que el principal problema continúa siendo la incidencia de enfermedades de pudrición de la raíz conocidas como “marchitez” y “secadera”. Dichas enfermedades aparecen cuando hay un exceso de humedad en el suelo, ocasionando que la planta de chile poblano presente pudriciones, provocando que el fruto se caiga. La época de mayor incidencia de estas enfermedades ocurre a partir de la floración que coincide con la generalización de las lluvias, y se acentúa en parcelas con deficiente nivelación y que reciben riego por gravedad (Velásquez-Valle y Amador-Ramírez, 2007). En la región, los hongos más frecuentemente aislados de tejido enfermo de raíces de plantas de chile han sido *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp. y *Phytophthora* spp. (González *et al.*, 2004 y Velásquez *et al.*, 2003). Los productores mencionan que no hay un método o un producto específico para detener el daño causado por estas enfermedades; a pesar de ello, algunos realizan aplicaciones de fungicidas como Captan, Previcur y Metalaxil-M; otra práctica que realizan los productores para mantener controlada la enfermedad consiste en retirar las plantas enfermas del terreno del cultivo. Los productores entrevistados también identifican la presencia de nemátodos y cenicilla afectando el cultivo de chile poblano, aunque con menor severidad.

Otro de los problemas que afectan la producción de chile poblano en el sistema tradicional son las condiciones climatológicas adversas, específicamente las granizadas y heladas tempranas, las cuales pueden provocar daños devastadores, acabando incluso con todo el cultivo; en general, los daños varían del 80 al 100 %.

Del total de productores entrevistados, el 100 % manifiesta que no cuentan con ningún tipo de asesoría técnica para resolver estos problemas fitosanitarios-ambientales y que, no reciben algún tipo de apoyo gubernamental que puedan destinar específicamente para la producción del chile poblano criollo.

1.3.3.8. Cosecha

La cosecha es una actividad que realizan los productores de manera manual y se realiza en los meses de julio a septiembre. El 75 % de los productores mencionan realizar la cosecha del fruto tanto en fresco como en seco, el 15 % realizan la cosecha de chile poblano en fresco y el 10 % restante realiza la cosecha únicamente en seco. Cuando los frutos se venden en fresco el 45 % de los productores lo venden por tamaño y el 55 % lo vende a granel.

Los rendimientos que se obtienen son variables y dependen del uso de tecnología, el rendimiento máximo que se obtiene de fruto fresco es de 28 t ha⁻¹, con una media de 5 t ha⁻¹ y un mínimo de 2 t ha⁻¹. El rendimiento de fruto en seco que se obtiene como máximo es de 2.5 t ha⁻¹, un mínimo de 0.5 t ha⁻¹ y una media de 1.3 t ha⁻¹. En el Cuadro 1.2 se presenta la distribución de los rendimientos que obtienen los productores de chile poblano en la región del Alto Atoyac tanto de fruto fresco como seco. Como lo menciona Galindo (2007), los rendimientos en el cultivo de chile son bajos, debido a la presencia de plagas y enfermedades, uso de semilla criolla sin proceso de selección ni beneficio, manejo agronómico deficiente, uso limitado e inadecuado de agroquímicos y del agua de riego, entre otros factores.

Cuadro 1.2. Distribución del rendimiento de chile poblano fresco y seco en la región del Alto Atoyac, Puebla.

Rendimiento fresco (t ha ⁻¹)	N° de productores	%	Rendimiento seco (t ha ⁻¹)	N° de productores	%
1 a 4	4	20	1 a 1.5	13	65
5 a 10	14	70	1.6 a 2	6	30
11 a 15	1	5	> de 2	1	5
> de 16	1	5	-	-	-

Fuente: elaboración propia

1.3.3.8.1. Proceso de secado

El deshidratado del fruto es otra de las actividades que realiza el 85 % los productores, el chile se puede dejar madurar en la planta o se cosecha en verde con coloraciones rojas y se coloca al sol para lograr la maduración, esto proceso generalmente tarda entre

10 a 15 días después de la cosecha (Montalvo-González *et al.*, 2009). Cuando los frutos se venden en seco el 95 % de los productores realizan el proceso de secado de manera tradicional, la cual consiste en poner a secar los frutos directamente al sol sobre unas estructuras denominadas paseros, que se construyen con ramas en dirección al sol. Sobre estas estructuras se tiende la hierba conocida por los productores como “tesmol” y sobre ésta se colocan los frutos de manera uniforme dejándolo secar aproximadamente durante mes y medio; en este lapso de tiempo el fruto se mueve constantemente para evitar que se pudra o se lo coman los pájaros. El 5 % restante de los productores ponen a secar los frutos dentro de un invernadero, para ello colocan un plástico en el suelo y sobre este tienden los frutos, dejándolos secar durante 15 a 20 días hasta que estén completamente deshidratados. Adicionalmente, el fruto se almacena en un lugar fresco y ventilado dentro de costales a los cuales se les coloca una pastilla para evitar daños causados por polillas o gorgojos, el chile seco puede permanecer almacenado únicamente dos años ya que comienza a llenarse de moho.

1.3.3.8.2. Clasificación del fruto

Según los resultados obtenidos, el 70 % de los productores realiza la clasificación de los frutos, mientras que un 30 % no realiza ningún tipo de clasificación. La clasificación se realiza de acuerdo a los criterios del productor, quien considera características como el tamaño y la apariencia del fruto. En fresco, el fruto se clasifica en tamaño grande (> 20 cm), mediano (15 - 20 cm) y chico (< 15); en seco, se clasifica en calidad primera (18-20 cm), segunda (15 – 18 cm), tercera (12 -15 cm) y “zolote” (< 10 cm). Los frutos de primera calidad son frutos grandes, uniformes y libres de defectos, mientras que en la clasificación de zolote se incluyen los frutos más pequeños, manchados o defectuosos, es decir, los frutos se venden “parejos” sin importar la calidad.

1.3.3.9. Comercialización

El destino principal de la cosecha es el mercado regional de San Martín Texmelucan, el producto se vende a clientes de la localidad, familiares o conocidos y la venta se hace directamente desde la casa del productor o el terreno de cultivo. El 60 % de los productores mencionan que el principal problema que se presenta durante la

comercialización del fruto es la aglomeración de la producción, cuando hay demasiada competencia con materiales híbridos, los cuales se ofertan a precios más bajos, esto debido a que no existe una cadena de comercialización del chile poblano y no existe organización por parte de los productores que facilite la comercialización; por lo tanto, la venta no es segura y los productores venden como pueden. El resto de los productores mencionan no tener problema alguno para comercializar el producto.

El precio de venta por kilogramo de chile poblano en fresco oscila entre \$10.00 y \$30.00 pesos, mientras que en seco se comercializa por cientos y su precio varía dependiendo de la calidad del fruto. Los frutos de primera calidad se venden a \$300.00, los frutos de segunda se venden a \$200.00, los frutos de tercera en \$100.00 y finalmente los frutos de “zolote” se venden a \$80.00 pesos. Estos últimos, se comercializan en bolsas de aproximadamente 8 kg.

1.3.4. Evaluación económica del sistema de producción tradicional de chile poblano en el Alto Atoyac, Puebla.

De acuerdo a los resultados obtenidos y considerando el manejo del cultivo, costos de producción y rendimiento obtenido por los productores de chile poblano en la región del Alto Atoyac, se caracterizó el sistema de producción de acuerdo al nivel de producción y al nivel tecnológico, identificándose tres niveles: alto, mediano y bajo. De acuerdo a esta clasificación, el 70 % de los productores pertenecen al nivel tecnológico bajo, el 20 % de los productores se encuentran en el nivel tecnológico medio y el 10 % se encuentran dentro del nivel tecnológico alto. Tomando en cuenta esta caracterización (Cuadro 1.3), se procedió a realizar la evaluación económica del cultivo correspondiente al ciclo agrícola 2017. Para realizar esta evaluación se tomó como referencia el nivel de tecnología presente en la mayoría de las unidades de producción, el cual es, el nivel de tecnología bajo (70 %). Este criterio se eligió suponiendo que, si en este nivel tecnológico se obtienen resultados positivos, por consiguiente, se esperaría que en los niveles tecnológicos medio y alto se obtuvieran resultados favorables pues en estos niveles se obtienen rendimientos más altos. Para esta evaluación económica se consideró una superficie sembrada de chile poblano de 0.05 ha.

Cuadro 1.3. Análisis comparativo del uso de tecnología dentro del sistema de producción de chile poblano en el Alto Atoyac, Puebla.

Concepto	Nivel tecnológico		
	Bajo	Medio	Alto
Sistema de producción	Tradicional	Tradicional	Tradicional
Preparación del terreno	Mecánica	Mecánica	Mecánica
Semilla	Criolla	Criolla	Criolla
Fertilización	Manual	Manual	Solución nutritiva
Trasplante	Surco sencillo	Doble hilera	Doble hilera
Tutoreo	Ninguno	Estacas y rafia	Estacas y rafia
Riego	Rodado	Rodado	Localizado (goteo)
Control de plagas y enfermedades	Química	Química	Integrado
Control ambiental	Ninguno	Ninguno	Malla antigranizo
Deshierbe	Manual	Manual	No se requiere (acolchado)
Rendimiento	5 t ha ⁻¹	10 t ha ⁻¹	22 t ha ⁻¹

Fuente: elaboración propia

La evaluación económica del sistema de producción tradicional de chile poblano se obtuvo calculando los costos de inversión, costos de operación, costos totales, ingresos, estado de resultados, costos de depreciaciones, flujo de efectivo, punto de equilibrio e indicadores de rentabilidad (VAN, TIR, Relación Beneficio/Costo). Sin embargo, para el caso específico de este estudio solo se presentan los indicadores económicos más utilizados para determinar si la actividad es rentable o no.

1.3.4.1. Costos de inversión

Para realizar la evaluación económica del cultivo de chile poblano en la región del Alto Atoyac, se determinaron los costos que invierten los productores para cada una de las actividades que comprende el proceso productivo de chile poblano, para ello, los costos se dividieron en costos fijos y costos variables. En el Cuadro 1.4 se presentan los costos fijos (CF), que en conjunto suman un monto de \$30,970.00 e incluyen costos de herramientas, agroinsumos y el capital de trabajo que normalmente no es considerado por el productor.

Cuadro 1.4. Costos de inversión para la producción de chile poblano en el sistema de producción tradicional en el Alto Atoyac, Puebla.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Aspersora manual	Pieza	1	\$ 520.00	\$ 520.00
Azadón	Pieza	2	\$ 190.00	\$ 380.00
Machete	Pieza	3	\$ 150.00	\$ 450.00
Palas	Pieza	2	\$ 170.00	\$ 340.00
Capital de trabajo	Presupuesto	1	\$ 1021.40	\$ 1021.40
Agroinsumos	Presupuesto	1	\$ 442.50	\$ 442.50
Total				\$ 3154.00

Fuente: elaboración propia

1.3.4.2. Costos de operación

Estos costos están relacionados estrechamente con la actividad productiva y se refiere a los costos variables (CV), aquí se incluyeron costos de maquinaria para la preparación del terreno, pago de mano de obra requerida para realizar las diversas labores agrícolas, costo de los insumos utilizados (semilla, fertilizante, agroquímicos) y el costo de transporte. Estos costos de operación para la producción de chile poblano en la región del Alto Atoyac se presentan en el Cuadro 1.5. y fueron proyectados a un periodo de 5 años.

Cuadro 1.5. Costos de operación para la producción de chile poblano en el sistema de producción tradicional en el Alto Atoyac, Puebla.

Concepto	Costo	Año				
		1	2	3	4	5
Preparación del terreno	\$3,200.00	\$ 160.00	\$ 168.00	\$ 176.40	\$ 185.22	\$ 194.48
Siembra	\$1,250.00	\$ 62.50	\$ 65.63	\$ 68.91	\$ 72.35	\$ 75.97
Trasplante	\$1,440.00	\$ 72.00	\$ 75.60	\$ 79.38	\$ 83.35	\$ 87.52
Fertilización	\$7,580.00	\$ 379.00	\$ 397.95	\$ 417.85	\$ 438.74	\$ 460.68
Labores de cultivo	\$2,120.00	\$ 106.00	\$ 111.30	\$ 116.87	\$ 122.71	\$ 128.84
Plagas y enf.	\$1,960.00	\$ 98.00	\$ 102.90	\$ 108.05	\$ 113.45	\$ 119.12
Cosecha	\$2,880.00	\$ 144.00	\$ 151.20	\$ 158.76	\$ 166.70	\$ 175.03
Total		\$1,021.50	\$1,072.58	\$1,126.20	\$1,182.51	\$1,241.64

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, en los costos de operación, la aplicación de fertilizantes durante el ciclo del cultivo representa la mayor inversión para los productores, seguida del costo por la utilización de maquinaria agrícola y las labores de manejo en el cultivo.

1.3.4.3. Costos totales

El costo de producción total (CT) que invirtieron los productores en el cultivo de chile poblano en el sistema de producción tradicional a cielo abierto en el Alto Atoyac y proyectado a cinco años se presentan en el Cuadro 1.6. Estos costos incluyen los costos fijos y variables, los costos variables representan el 90 % de los costos totales mientras que los costos fijos únicamente corresponden al 10 % de los costos totales. Para este cálculo no se consideró la renta del terreno.

Cuadro 1.6. Costos totales para la producción de chile poblano en el sistema de producción tradicional en el Alto Atoyac, Puebla.

Concepto	Año				
	1	2	3	4	5
Costos fijos	\$1,690.00	\$1,774.50	\$1,863.23	\$1,956.39	\$2,054.21
Costos variables	\$1,021.50	\$1,072.58	\$1,126.20	\$1,182.51	\$1,241.64
Costos totales	\$2,711.50	\$2,847.08	\$2,989.43	\$3,138.90	\$3,295.85

Fuente: elaboración propia

1.3.4.4. Proyección de ingresos

El presupuesto de ingresos se realiza de acuerdo al volumen de venta de chile poblano y el rendimiento obtenido. La proyección para este cálculo también se realizó para un periodo de 5 años y se consideraron el precio promedio de venta del chile en fresco en la región, el cual fue de \$15.00 kg y un rendimiento promedio de 5 t ha⁻¹. Tomando en cuenta estos datos, el presupuesto anual de ingresos que se obtuvo para el primer año fue de \$3,750.00; para el segundo año fue de \$ 3,937.50; para el tercer año fue de \$4,134.38; para el cuarto año fue de \$4,341.09 y finalmente en el quinto año se obtuvo una proyección de ingresos de \$ 4,558.15.

1.3.4.5. Punto de equilibrio

Punto de equilibrio (P.E.). El punto de equilibrio es el valor mínimo en ventas que el productor debe realizar, valores por encima de ese punto de equilibrio darían como resultado mayores ganancias. Por lo tanto, este cálculo se realizó utilizando los costos fijos, costos variables e ingresos, para determinar cuál es el monto total en pesos que necesitan vender los productores para que los ingresos sean iguales a la suma de los costos fijos y los costos variables, es decir, el monto total que se requiere para que no generar ganancias, pero tampoco generar pérdidas.

Los resultados se presentan en el Cuadro 1.7. y como se puede observar el porcentaje mínimo de ventas es del 62 %, esto quiere decir que el productor debe vender como mínimo 0.215 t ha⁻¹ de chile poblano verde, considerando un precio de venta de \$15.00 para obtener el punto de equilibrio.

Cuadro 1.7. Cálculo del punto de equilibrio para la producción de chile poblano en el sistema de producción tradicional en el Alto Atoyac, Puebla.

Concepto	Año				
	1	2	3	4	5
Ventas	\$ 3,750.00	\$ 3,937.50	\$ 4,134.38	\$ 4,341.09	\$ 4,558.15
C.F.	\$ 1,690.00	\$ 1,774.50	\$ 1,863.23	\$ 1,956.39	\$ 2,054.21
C.V.	\$ 1,021.50	\$ 1,072.58	\$ 1,126.20	\$ 1,182.51	\$ 1,241.64
C.T.	\$ 2,711.50	\$ 2,847.08	\$ 2,989.43	\$ 3,138.90	\$ 3,295.85
P.E. \$	\$ 2,322.70	\$ 2,438.84	\$ 2,560.78	\$ 2,688.82	\$ 2,823.26
P.E. %	62%	62%	62%	62%	62%

Fuente: elaboración propia

1.3.4.6. Cálculo de la rentabilidad: VAN, TIR, Relación Beneficio/Costo.

El análisis de la rentabilidad se realizó considerando una proyección para un periodo de 5 años, con la finalidad de ver en números el beneficio económico futuro del sistema de producción si se sigue manteniendo el mismo volumen de producción. Los indicadores económicos que se calcularon en este análisis fueron el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Rentabilidad y la Relación Beneficio/Costo.

Para cálculo de la Tasa de Interna de Retorno y del Valor Actual Neto del sistema de producción tradicional de chile poblano, es necesario considerar el ingreso por ventas, los costos de operación, el flujo de efectivo, los ingresos actualizados, los egresos actualizados y una tasa de actualización, que servirá como punto de partida para verificar que tan rentable resulta la unidad de producción. Se estableció una tasa de actualización del 10 % anual, el criterio de selección de esta tasa se hizo en base a bibliografía consultada, el cálculo de estos conceptos se presenta en el Cuadro 1.8.

Los resultados obtenidos indican que el Valor Actual Neto es positivo y del orden de $VAN=\$1,668.03$, esto indica que durante la vida útil del proyecto a una tasa de actualización del 10 % se va a obtener una utilidad neta de $\$ \$1,668.03$ y de acuerdo con el criterio formal de selección y evaluación a través de este indicador, el sistema de producción tradicional de chile poblano en la región del Alto Atoyac se determina como rentable.

Otro parámetro que generan mayor confianza para conocer la rentabilidad del sistema de producción es la Tasa Interna de Rentabilidad, la cual consiste en determinar el porcentaje máximo de rendimiento que se genera en el horizonte de 5 años, para este indicador se obtuvo un resultado $TIR=27\%$, por lo tanto, al ser una TIR mayor que la tasa de actualización seleccionada, se concluye que el sistema de producción tradicional de chile poblano es rentable.

Finalmente, la Relación beneficio-costo (B/C) que se obtuvo fue de $B/C= 1.12$, lo que expresa que, a una tasa de actualización del 10 % por cada peso invertido se obtendrá 0.12 pesos de beneficio. Como la relación es > 1 , se cumple con el criterio de selección y evaluación, indicando que el sistema de producción tradicional de chile poblano es viable y rentable.

Cuadro 1.8. Análisis de rentabilidad: Punto de equilibrio, VAN, TIR, B/C para la producción de chile poblano en el sistema de producción tradicional en el Alto Atoyac, Puebla.

Año	Ingresos	Costos	Flujo de efectivo	Tasa $(1+t)^{-n}$	Ingresos actualizado	Egresos actualizado
0	\$ -	\$ 3,154.00	-\$ 3,154.00	1.00000	\$ -	\$ 3,154.00
1	\$ 3,750.00	\$ 2,711.50	\$ 1,038.50	0.90909	\$ 3,409.09	\$ 2,465.00
2	\$ 3,937.50	\$ 2,847.08	\$ 1,090.43	0.82645	\$ 3,254.13	\$ 2,352.95
3	\$ 4,134.38	\$ 2,989.43	\$ 1,144.95	0.75131	\$ 3,106.22	\$ 2,246.00
4	\$ 4,341.09	\$ 3,138.90	\$ 1,202.19	0.68301	\$ 2,965.03	\$ 2,143.91
5	\$ 5,382.15	\$ 3,295.85	\$ 2,086.30	0.62092	\$ 3,341.89	\$ 2,046.46
Total	\$21,545.12	\$18,136.75	\$ 3,408.37	0.56447	\$16,076.36	\$14,408.33

Fuente: elaboración propia

1.4. Conclusiones

El cultivo de chile poblano en región del Alto Atoyac se establece en el sistema agrícola tradicional a cielo abierto con base en la experiencia y el conocimiento tradicional que poseen los productores, quienes implementan prácticas agrícolas y el uso de tecnologías de acuerdo a su edad, escolaridad y nivel de ingresos.

La práctica y tradición del cultivo de chile poblano sigue conservándose debido a que representa la principal actividad económica para los productores, además es una fuente importante de alimento para el productor y su familia, sin dejar a un lado que forma parte sociocultural de la región.

De acuerdo a los resultados encontrados, la superficie sembrada de chile poblano es menor a la reportada en años anteriores, como consecuencia de los daños causados por las enfermedades de la raíz.

A pesar de los problemas identificados en el sistema de producción tradicional de chile poblano, desde el punto de vista de la evaluación económica el cultivo es rentable, considerando que la mayoría de las unidades de producción presentan un nivel tecnológico bajo, por lo que no existe riesgo de que cambien de cultivo en la agricultura practicada en la región siempre y cuando se mantenga el mismo volumen de producción durante los próximos años.

1.5. Literatura citada

- Aguilar-Rincón V. H., Corona, T.T., P. López, L.P., Latournerie, M.L., M. Ramírez, M. M., Villalón, M.H., y Aguilar, C.A.A. (2010). Los Chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, 114 p.
- Aparicio-del-Moral, J., Tornero-Campante, M., Sandoval-Castro, E., Villarreal-Manzo, L., y Rodríguez-Mendoza, M. (2013). Factores sociales y económicos del cultivo de chile de agua (*Capsicum annum* L.) en tres municipios de los valles centrales de Oaxaca. *Ra Ximhai*, 9 (1), 17-24.
- Ayala-Garay, A. V., González-González, M., Carrera-Chávez, B., Martínez-Trejo, G., Almaguer-Vargas, G., y Schwentesius-Rindermann, R. (2017). Maquinaria agrícola y productores de amaranto (*Amaranthus* spp.) en la región centro de México. *Agroproductividad*, 10 (8).
- Borja, B. M., Vélez, I. A., y Ramos, G. J. L. (2018). Tipología y diferenciación de productores de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Calvillo, Aguascalientes, México. *Región y Sociedad*, 30 (71).
- Chacón, A. A. L. 2011. Conocimiento campesino sobre plagas asociadas al cultivo de chile poblano (*Capsicum annum* L.) y evaluación de toxicidad de insecticidas sobre *Chrysoperla carnea* (Stephens). Tesis de grado. Maestría en Ciencias. Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados. Puebla, México.
- Cuesta, G. y Mondaca, E. (2014). Efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 20 (2), 215-222.
- Galindo, G. G. (2007). El servicio de asistencia técnica a los productores de chile seco en Zacatecas. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, 14 (43), 137-165.
- Garrido-Rubiano, M., Martínez-Medrano, J., Martínez-Bautista, H., Granados-Carvajal, R., y Rendón-Medel, R. (2017). Pequeños productores de maíz en el Caribe colombiano: estudio de sus atributos y prácticas agrícolas. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 7-23.
- Gaytán, R. J. G., Serwatowski, R., Gracia, L. C. (2006). Sistema de máquinas para el proceso tecnológico de producción de plántulas en invernadero. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15 (2), 1-6.
- González, P.E., Yáñez, M.M.J., Santiago, S.V. y Montero, P.A. (2004). Biodiversidad fungosa en la marchitez del chile y algunos factores involucrados, en Tlacotepec de José Manzo, el Verde, Puebla. *Agrociencia*, 38(6), 653-661

- González-Maldonado, M. B. y García-Gutiérrez, C. (2012). Uso de Biorracionales para el Control de Plagas de Hortalizas en el Norte de Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(3), 31-45.
- Handal-Silva, A., Pérez-Castresana, G., Morán-Perales, J.L., y García-Suastegui, W. (2017). Historia de la contaminación hídrica del Alto Balsas. *Revista del Desarrollo Urbano y Sustentable*. 2017. 3-9: 10-23.
- IMB. SPSS. (2013). *Statistical Package for the Social Sciences*. Armonk, NY. IBM Corporation.
- López, L. P., Rodríguez, H. R., y Bravo, M. E. (2016). Impacto económico del chile huacle (*Capsicum annum* L.) en el estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 38, 317-328.
- Mendoza-Robles, R., y Hernández-Romero, E. (2018). Biodiversificación en la agricultura familiar de Chiautzingo, Puebla: Estudio de caso. *Agroproductividad*, 11(9).
- Montalvo-González, E., González-Espinoza, N. G., García-Galindo, H. S., Tovar-Gómez, B., y Mata-Montes de Oca, M. (2009). Efecto del etileno exógeno sobre la desverdización del chile 'Poblano' en poscosecha. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 15(2), 189-197.
- Negrete, J.C. (2011). Políticas de mecanización agrícola en México. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 7, 1-22
- Osorio-García, N., López-Sánchez, H., Ramírez-Valverde, B., Gil-Muñoz, A., y Gutiérrez-Rangel, N. (2015). Producción de maíz y pluriactividad de los campesinos en el Valle de Puebla, México. *Nova Scientia*, 7(14), 577-600.
- Pérez, C. G., Tamariz, F. V., López, R. L., Hernández, A.F., Castelán, V. R., Morán, P. J. L., and Handal, S. A. (2018). Atoyac river pollution in the metropolitan area of Puebla, México. *Water*, 10(3), 267.
- Roldan, O.O. (2016). Dinámica e importancia de los maíces pigmentados, en la Sierra Nevada de Puebla, México. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*.
- Román, M. de O. E. R., García, M. F., Guzmán, G. E., y Ayala, E. M. I. (2016). El maíz ancho pozolero (*Zea mays* L.) como estrategia para la seguridad alimentaria. *Etnobiología*, 14(3), 39-49.
- Salazar, B. L. de L. y Magaña, M. M. Á. (2016). Milpa and backyard contribution to self-sufficiency food in Mayan communities of Yucatan. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 24-25(47), 182-203.
- Salazar-Barrientos, L. de L., Magaña-Magaña, M. Á., Aguilar-Jiménez, A. N. y Ricalde-Pérez, M. F. (2016). Factores socioeconómicos asociados al aprovechamiento de la agrobiodiversidad de la milpa en Yucatán. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(9), 391-400.

- Sánchez-Olarte, J., Argumedo-Macías, A., Álvarez-Gaxiola, J. F., Méndez-Espinoza, J. A., y Ortiz-Espejel, B. (2015). Conocimiento tradicional en prácticas agrícolas en el sistema del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12(2), 237-254.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA. (2016). Base de datos en línea, disponible en: <http://www.gob.mx/sagarpa>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. (2017). Atlas Agroalimentario 2017. Recuperado de: <http://www.siap.gob.mx/>. Consultado en diciembre de 2017.
- Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., Antonio López, P., Guerrero-Rodríguez, J. D. D., Santacruz-Varela, A., y Huerta-de la Peña, A. (2011). Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de chile "poblano". *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17(3), 139-150.
- Uzcanga, P. N., Cano, G. A., Medina, M. J., y Espinoza A. J. (2015). Caracterización de los productores de maíz de temporal en el estado de Campeche, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 36, 1295-1305.
- Velásquez, V. R., Medina, A. M., y Macías, V. L. (2003). Reacción de líneas avanzadas de chile (*Capsicum annuum* L.) provenientes de Zacatecas a enfermedades comunes en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21 (1), 71-74.
- Velásquez-Valle, R. y Amador-Ramírez, M. D. (2007). Análisis sobre la investigación fitopatológica de chile seco (*Capsicum annuum* L.), realizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en los estados de Aguascalientes y Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 25(1), 80-84.
- Velásquez-Valle, R. y Reveles-Torres, L. R. (2017). Necrosis foliar; nuevo síntoma asociado a la pudrición de la raíz de chile (*Capsicum annuum*) en Durango y Zacatecas, México. *Scientia Fungorum*, 46.
- Vélez, I. A., Espinosa, G. J. A., Amaro, G. R., y Arechavaleta, V. M. E. (2016). Tipología y caracterización de apicultores del estado de Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(4), 507-524.

CAPÍTULO II. EVALUACIÓN DE LA FENOLOGÍA Y RENDIMIENTO DE VARIEDADES DE CHILE POBLANO CULTIVADAS BAJO INVERNADERO E HIDROPONIA

Brenda Nataly Hernández-Hernández¹, Mario Alberto Tornero-Campante^{1*}, Engelberto Sandoval-Castro¹, Oswaldo Rey Taboada-Gaytán¹, Benjamín V. Peña-Olvera¹ y María de las Nieves Rodríguez-Mendoza².

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores No. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla. C.P. 72760. Puebla, Puebla.

²Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, México, C.P. 56230, México.

*Autor de correspondencia: mtornero@colpos.mx

Resumen

El cultivo de chile poblano criollo sembrado en suelo en la región del Alto Atoyac en Puebla se ha visto afectado por la reducción anual de la superficie de siembra ocasionada por diversas enfermedades de la raíz, causando la muerte de las plantas y pérdidas en la producción. Una alternativa para contrarrestar estas pérdidas la constituye el sistema de producción en agricultura protegida e hidroponia. El objetivo de la investigación fue evaluar el crecimiento, rendimiento y las características de calidad del fruto de dos variedades criollas y un híbrido de chile poblano en función de la solución nutritiva. El experimento se estableció en invernadero e hidroponia. La siembra se realizó en charolas de poliestireno con sustrato peat moss y el trasplante se hizo a bolsas de polietileno con capacidad de 11 kg, las cuales fueron llenadas con arena de tezontle rojo. Los tratamientos evaluados fueron tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner al 50, 75 y 100 % y dos variedades locales (Tlacotepec y Tlalancaleca) y un híbrido de chile poblano (San Luis). El diseño experimental fue un completamente al azar con 12 repeticiones. Los resultados mostraron diferencias significativas entre las variedades evaluadas debido a la aplicación de los tratamientos, ya que las variables de crecimiento presentaron los mayores valores cuando se aplicó el tratamiento 75 %. Los tratamientos

50 y 75 % propiciaron el mayor rendimiento mientras que las mejores características de calidad del fruto se obtuvieron con los tratamientos 50 y 100 %.

Palabras clave: agricultura protegida, chile poblano criollo, híbrido, solución nutritiva.

2.1. Introducción

El chile (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos originarios de México y de los más importantes a nivel mundial, culturalmente es un símbolo que da identidad a los mexicanos, pero forma parte de diversas culturas por su impacto en la gastronomía internacional (Aguirre y Muñoz, 2015). Sus frutos se consumen tanto en fresco como seco para proporcionar color, sabor y aroma a infinidad de platillos, lo que lo sitúa entre las principales especias. La mayor diversidad de esta especie se encuentra en nuestro país, pues se cultiva prácticamente en todo el territorio con sistemas de producción y problemáticas muy diversos (Aguilar, 2012).

En el país se cultivan alrededor de 173,000 hectáreas de chile con una producción promedio de 3.2 millones de toneladas anuales de chile seco y verde. Esto representa un valor comercial de aproximadamente 24 mil millones de pesos. México se ubica como el principal exportador de chile verde a escala internacional y es el segundo productor a nivel mundial; las principales variedades que se cultivan son jalapeño, serrano, poblano, morrón y habanero (SIAP, 2017).

En el estado de Puebla se cultiva una gran diversidad de chiles entre los que destaca el chile poblano criollo, por poseer una gran importancia económica, sociocultural y gastronómica al ser ingrediente principal en la preparación de varios platillos típicos, además de ser un factor de convivencia en las localidades rurales y representar una fuente de ingresos para las familias productoras de este cultivo. Este chile se produce principalmente en la región del Alto Atoyac en Puebla en los municipios de San Matías Tlalancaleca, San Lorenzo Chiautzingo, San Andrés Calpan, San Martín Texmelucan, San Salvador el Verde y San Felipe Teotlalcingo (SIAP, 2017).

En la actualidad el cultivo se restringe a pequeñas superficies a cielo abierto que van de los 100 hasta los 1, 000 m²; bajo este sistema de producción los productores emplean

variedades criollas de la región, hacen uso moderado de agroquímicos, utilizan riego por gravedad y obtienen rendimientos aproximados de 1.4 t ha⁻¹ en fresco y 0.76 t ha⁻¹ en seco (Pérez *et al.*, 2017). En los últimos años, el cultivo de chile poblano se ha visto afectado por diversos factores y problemas fitosanitarios, entre los que destacan las enfermedades del suelo conocidas comúnmente como marchitez y secadera, las cuales han ocasionado la reducción en la superficie de siembra y en los rendimientos, generando pérdidas económicas para los productores pues no se cuenta con paquetes tecnológicos adecuados para combatirlos (Rodríguez *et al.*, 2007; Toledo-Aguilar *et al.*, 2011).

González *et al.* (2004) han reportado que existen 21 especies de hongos causantes de ahogamiento y marchitez del chile, entre los cuales se destacan *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora capsici* y *Pythium* sp. Además, observaron síntomas de marchitez y reducción de la producción de hasta 90 % en cultivos de chile poblano, chile chilaca y chile loco en la región del Alto Atoyac, la cual fue ocasionada principalmente por *P. capsici* que se presenta cuando hay exceso de irrigación o lluvia pesada. Por su parte, Rodríguez *et al.* (2007) también reportaron afectaciones en el sistema de producción de chile poblano ocasionadas principalmente por la presencia de las enfermedades conocidas como “secadera” y “marchitez” causada por *Fusarium* sp., y *P. capsici*; en menor medida se han presentado problemas causados por la incidencia de nemátodos, cenicilla y afectaciones por bacteriosis.

Ante esta problemática se deben buscar e implementar sistemas de producción alternativos como la agricultura protegida y la hidroponía, que es una de las técnicas que mayor impacto ha tenido en el ámbito productivo, pues se caracteriza por no requerir de suelo como sistema biótico y de sostén para las plantas; además, permite el uso eficiente del agua y ofrece la posibilidad de obtener altos rendimientos y calidad de los productos (Velasco *et al.*, 2011; Sánchez-del-Castillo *et al.*, 2014). También se debe considerar que es necesario diversificar los cultivos bajo agricultura protegida para no saturar el mercado con un solo producto; actualmente el jitomate ocupa el 70 % del volumen producido bajo invernadero, pues es considerado por los productores como la única hortaliza viable para producirse bajo este sistema (López-Elías *et al.*, 2015). Sin embargo, hay otros cultivos

como el chile poblano que pueden resultar atractivos para los productores en el ámbito técnico y económico.

Es por ello, que el presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar el crecimiento, rendimiento y la calidad del fruto de dos variedades criollas y un híbrido de chile poblano producidas bajo condiciones de agricultura protegida e hidroponía abastecidas con tres concentraciones de la solución nutritiva formulada por Steiner; y determinar la rentabilidad del sistema de producción.

2.2. Materiales y métodos

2.2.1. Establecimiento del experimento

La investigación se llevó a cabo del 24 de mayo al 22 de diciembre de 2017 bajo condiciones de invernadero en la localidad de San Agustín Calvario, San Pedro Cholula, Puebla, ubicada en las coordenadas geográficas 19°03'18" LN y 98°20'59" de LO, con una altitud de 2166 msnm (INEGI, 2010). El experimento se estableció en un invernadero de 100 m² tipo túnel de estructura metálica cubierto con plástico de espesor 700 galgas y malla antiáfidos. La temperatura media máxima y mínima registradas durante el experimento fueron de 36.9 °C y 12.2 °C, mientras que la humedad relativa media, máxima y mínima fue de 66.2 y 15.5 %, respectivamente.

2.2.2. Material vegetal

Se evaluaron dos variedades locales de chile poblano de la región del Alto Atoyac de Puebla, identificadas como criollo Tlalancaleca y criollo Tlacotepec; ambas variedades poseen características vegetativas, de rendimiento y de calidad del fruto de acuerdo al criterio de los agricultores. También se evaluó el híbrido comercial de chile ancho variedad San Luis de la empresa Caloro, que es un híbrido de alta productividad, con frutos grandes de color verde oscuro que maduran en rojo y planta vigorosa de excelente cobertura.

2.2.3. Siembra

La siembra del almácigo se inició el día 06 de abril de 2017 y se utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades previamente desinfectadas con cloro al 0.1 %. El sustrato utilizado fue peat-moss (compuesto por musgo de turba *Sphagnum* canadiense, vermiculita de grado fino, yeso, cal dolomítica y agente humectante). Se preparó una charola para cada variedad de chile poblano y se colocó una semilla por cavidad a una profundidad de 0.5 cm y se cubrió con peat-moss. Al finalizar la siembra se aplicó un riego con agua de pozo hasta saturar el sustrato, se apilaron las charolas y se cubrieron con plástico negro hasta la emergencia de las plántulas. La emergencia ocurrió a los 16 días después de la siembra (dds) y a partir de esta etapa se aplicó un riego diario con agua de pozo.

2.2.4. Trasplante

El trasplante se realizó a los 32 días después de la emergencia de la plántula en bolsas negras de polietileno de 40 por 40 cm con capacidad de 11 kg, utilizando como sustrato arena de tezontle rojo (partículas tamaño inferior a los 5 mm de diámetro) previamente desinfectado con cloro al 0.2 %, en cada bolsa se colocaron dos plántulas a profundidad del cepellón.

2.2.5. Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, considerando tres tratamientos en las tres variedades de chile con 12 repeticiones de cada uno de ellos. La unidad experimental fue una bolsa de polietileno con capacidad de 11 kg, la cual contenía dos plantas, teniendo un total de 108 unidades y una población de 216 plantas. Las bolsas se colocaron a una distancia de 1.20 m entre hileras y 0.30 m entre unidades.

2.2.6. Descripción de los tratamientos

Se establecieron tres tratamientos en cada variedad: Tlacopetec, Tlalancaleca y el híbrido San Luis, basados en la solución nutritiva formulada por Steiner (1984); dichos tratamientos fueron: solución nutritiva al 50 %, al 75 % y en su concentración original

(100 %). Previo a la preparación de las soluciones nutritivas se tomó en cuenta el análisis de agua del pozo de donde se obtuvo el líquido para el riego (Cuadro 2.1), para hacer los ajustes necesarios en las concentraciones establecidas. Los tratamientos se prepararon en contenedores plásticos con capacidad de 200 L utilizando fertilizantes comerciales solubles. Para el tratamiento en su concentración original (100 %) se utilizaron: 63 g de KNO₃, 110 g de Ca (NO₃)₂, 30 g de KH₂PO₄, 65 g de MgSO₄, 50 g de K₂SO₄ y 8 g de un complejo de micronutrientes Fe, Mn, B, Zn, Cu y Mo. Los otros dos tratamientos de la solución nutritiva (50 y 75 %) se prepararon de manera proporcional. El pH de la solución nutritiva se ajustó a 6 con aportaciones de 10 mL de H₃PO₄ por cada 100 L de agua, mientras que la conductividad eléctrica para la solución al 100 % se mantuvo en un rango de 2.4 dS m⁻¹.

Cuadro 2.1. Análisis de agua del pozo de San Agustín Calvario, San Pedro Cholula, Puebla.

Determinación	Unidad	(dS·m ⁻¹)	Meq·L ⁻¹	ppm
pH	7,85	-	-	-
C.E	-	0,79	-	-
NO ₃ ⁻	-	-	-	5
Amonio	-	-	-	5
H ₂ PO ₄ ⁻	-	-	-	6,3
K ⁺	-	-	-	3
Ca ²⁺	-	-	-	26,8
Mg ²⁺	-	-	-	53,8
SO ₄ ²⁻	-	-	3	-
Fe ²⁺	-	-	-	0
Mn ²⁺	-	-	-	0,1
Zn ²⁺	-	-	-	0
Cu ²⁺	-	-	-	0
B ³⁺	-	-	-	0
Cloruros	-	-	1,8	-
Carbonatos	-	-	0,2	-
Bicarbonatos	-	-	2,2	-
Na ⁺	-	-	-	37,8

Fuente: Tomada de Aparicio (2013)

2.2.7. Riegos

Cuando las plántulas presentaron el primer par de hojas verdaderas se regaron con la fórmula de arranque NPK 24-7-15 y NPK 11-60-00 ambas fórmulas comerciales, esta

fórmula se aplicó se aplicó en dosis de $0.14 \text{ g planta}^{-1}$ de acuerdo a la información del fabricante. Posteriormente, durante los primeros 14 días después del trasplante (ddt), se aplicó un riego diario con la solución nutritiva de Steiner diluida al 25 %.

A partir de los 15 días después del trasplante se inició la aplicación de los tratamientos establecidos. Los riegos se aplicaron manualmente una vez al día, el volumen del riego varió en función del crecimiento de las plantas, aplicando $250 \text{ mL maceta}^{-1}$ en la etapa de establecimiento y hasta $1.0 \text{ L maceta}^{-1}$ en etapa de desarrollo, floración y fructificación. Para evitar el exceso de acumulación de sales se aplicó un riego con agua de pozo cada 7 días.

2.2.8. Prácticas de manejo y control de plagas y enfermedades.

Para evitar el desgajamiento de las ramas y brindar soporte a las plantas, a los 15 ddt se implementó un sistema de tutoreo, amarrando a cada planta con rafia desde la base del tallo y sujetándola a los soportes de alambre del invernadero.

Las prácticas realizadas para el control de plagas consistieron en la colocación de trampas para insectos (de color azul) para atraer, controlar de manera directa y monitorear la incidencia de trips; también se realizaron aplicaciones de insecticidas químicos a base de Bifentrina, Spinetoram e Imidacloprid para combatir plagas como la mosquita blanca, pulgón y trips los cuales afectaron el cultivo y tuvieron una mayor incidencia durante la etapa de desarrollo y la floración del cultivo. El control de enfermedades se realizó con aplicaciones de fungicidas a base de azufre elemental dirigidas al follaje de la planta, estas aplicaciones se hicieron de manera preventiva, pues no se presentaron enfermedades que dañaran de manera significativa al cultivo.

2.2.9. Deficiencias nutricionales

Para prevenir deficiencias de Ca en los frutos de chile poblano, a los 55 ddt se hicieron aplicaciones semanales de $\text{Ca} (\text{NO}_3)_2$ dirigidas al fruto, aplicando una dosis de 8 g L^{-1} , posteriormente a los 120 ddt se realizaron aplicaciones semanales de quelato de Ca y B en una dosis de 1.5 ml L^{-1} .

2.2.10. Variables evaluadas

Las variables medidas en este experimento fueron de crecimiento, de rendimiento y de calidad física del fruto. Se realizaron muestreos semanales a partir del trasplante y hasta los 154 días después del trasplante (ddt). Las variables registradas fueron altura de planta, diámetro del tallo, número de bifurcaciones, número de hojas, número de flores y número de frutos, seleccionando una planta por unidad experimental. También se registraron las variables de rendimiento y calidad del fruto.

2.2.10.1. Crecimiento

La altura de planta (AP) se midió con una regla graduada y una cinta métrica tomando como referencia la base del tallo de la planta hasta la altura máxima de la misma, el dato se registró en cm. El diámetro de tallo principal (DT) se midió con un vernier digital a 2 cm de la base del tallo y se registró en mm. El número de bifurcaciones (NBIF), se determinó contabilizándolas directamente del tallo principal al momento del muestreo. Para registrar el número de hojas (NH), se contaron las hojas desplegadas por planta, el número de flores (NFL) se determinó contando el número de flores abiertas por planta y para registrar el número de frutos (NFR) se contabilizaron todos los frutos presentes por planta al momento del muestreo.

2.2.10.2. Rendimiento

Una vez que los frutos alcanzaron el tamaño y la madurez comercial, se procedió a realizar la cosecha del fruto en verde. Para el cálculo del rendimiento se registró el número de frutos y el peso total de los mismos por planta al momento de la cosecha. El peso de los frutos (kg) se determinó utilizando una balanza electrónica marca Rhino modelo BAPRE-3, la longitud del fruto (cm) se determinó con una regla graduada y el grosor del fruto (cm) se determinó con un calibrador digital marca Truper modelo CALDI-6MP. El rendimiento y calidad física del fruto se determinó cada vez que se realizaba la cosecha del fruto en fresco, tomando el dato de las dos plantas contenidas en la unidad experimental.

2.2.10.3. Calidad física del fruto

Las características de calidad física del fruto de chile poblano se determinaron de acuerdo a la Norma Mexicana: NMX-FF-025-SCFI-2014 “Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - chile fresco (*Capsicum* spp.) especificaciones”, de la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía. Dicha norma clasifica la calidad del fruto de chile tomando como referencia el peso individual, la longitud y el ancho del mismo.

2.2.11. Análisis estadístico

Con los datos obtenidos de cada una de las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el paquete estadístico Statistical Analysis System versión 9 (SAS, 2002).

2.3. Resultados y discusión

2.3.1. Crecimiento

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de varianza en las variables de crecimiento, no hubo un efecto significativo cuando se aplicó alguno de los tratamientos evaluados (50, 75 y 100 %). Sin embargo, entre variedades de chile poblano si hubo diferencias estadísticas significativas para todas las variables evaluadas. Aunque los muestreos de las variables se registraron cada siete días solo se reportan los datos registrados a los 1, 35, 63, 91, 119 y 154 ddt.

2.3.1.1. Altura de planta (AP)

El análisis de varianza (Anexo 2) mostró que no hubo efecto por la aplicación de los tratamientos (50, 75 y 100 %) sobre la variable AP. En el híbrido San Luis (SL) se presentaron diferencias significativas a los 154 ddt, la mayor altura de planta se obtuvo con el tratamiento 50 % (157.82 cm) respecto a los tratamientos 75 % y 100 % (Figura 2.1), esto pudo deberse a que concentraciones elevadas de la solución nutritiva tienden a elevar la conductividad eléctrica reduciendo la capacidad de absorción de agua y nutrientes limitando el crecimiento de la planta debido a la formación de precipitados o

bien al cambio en la especie química de los iones (Magdaleno-Villar *et al.*, 2006; San Martín-Hernández *et al.*, 2012).

En la variedad Tlacotepec (TLAC) el mayor valor de AP se obtuvo con el tratamiento 75 % (169.52 cm), mientras que en la variedad Tlalancaleca (TLAL) se presentaron diferencias significativas por la aplicación de los tratamientos a partir de los 63 hasta los 154 ddt a favor del tratamiento 75 % (192.64 cm). Respecto a las variedades evaluadas, la AP fue significativamente mayor desde el trasplante hasta los 154 ddt en la variedad Tlalancaleca (181 cm) con respecto a las variedades Tlacotepec (162 cm) y San Luis (148 cm). Toledo-Aguilar *et al.* (2011) reportaron valores de altura de planta en 49 variedades nativas de chile poblano cultivadas a cielo abierto, que variaron de los 38 hasta los 57 cm, según los resultados obtenidos, las variedades evaluadas en este estudio presentaron una altura superior, lo cual coincide con Beltrán-Morales *et al.* (2016), quienes obtuvieron mayores valores de altura de planta en seis variedades de chile jalapeño, cultivadas bajo invernadero y comparadas con las cultivadas en campo, esto debido a que en condiciones controladas de invernadero los entrenudos de los tallos se alargan, resultando en mayor altura de planta lo que les permite a su vez aumentar la capacidad fotosintética (Hernández-Verdugo *et al.*, 2015; Alemán *et al.*, 2018).

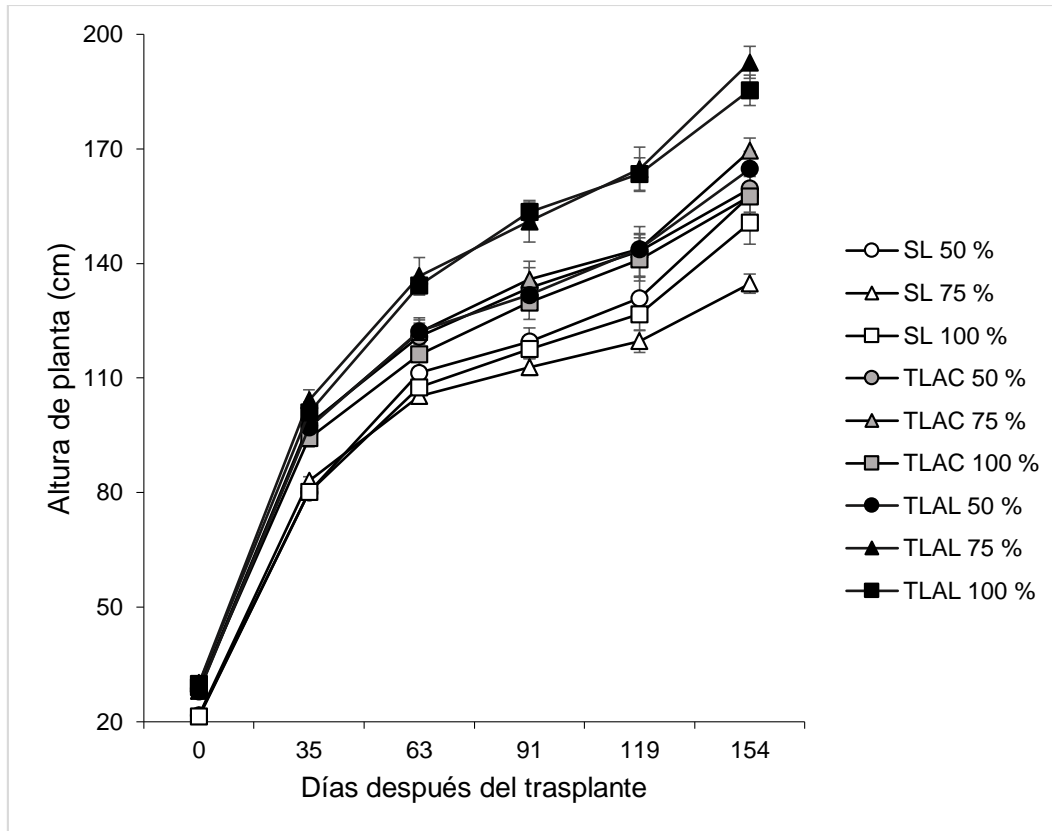


Figura 2.1. Variación de altura de planta en dos variedades criollas (Tlacotepec y Tlalancaleca) y un híbrido (San Luis) de chile poblano (*Capsicum annuum* L.), cultivadas con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.

2.3.1.2. Diámetro de tallo (DT)

La variable DT presentó diferencias significativas en el híbrido San Luis a los 119 ddt con tendencia a incrementarse con la solución nutritiva concentrada al 100 % (14.15 mm). En la variedad Tlacotepec a los 154 ddt el tratamiento 75 % propició un mayor grosor del tallo (11.43 mm), misma tendencia se presentó en la variedad Tlalancaleca a los 35 y a los 63 ddt (Figura 2.2).

En las tres variedades evaluadas el DT promedio al trasplante fue de 3 mm, a partir de los 35 ddt y hasta los 154 ddt el híbrido San Luis presentó los mayores valores para el DT (15 mm) comparado con las variedades criollas (11 mm). Elizondo-Cabalceta y Monge-Pérez (2017) obtuvieron valores de diámetro de tallo entre 12.51 y 15.83 mm en 12 genotipos de chile dulce cultivados bajo invernadero, además observaron que entre

mayor sea este valor, mayor es la capacidad del tallo para soportar el peso de órganos principales como ramas, flores y frutos.

Por su parte Moreno *et al.* (2011) reportaron valores que variaron desde los 14 mm hasta los 16 mm en 12 híbridos de pimiento morrón cultivados bajo invernadero e hidroponia, dichos valores son similares a los obtenidos en el híbrido San Luis. En contraste, las variedades criollas presentaron valores inferiores, pero coinciden con el intervalo de valores obtenidos para el DT de 8.3 a 12.6 mm en plantas de chile húngaro cultivado bajo condiciones protegidas de Moreno *et al.* (2014).

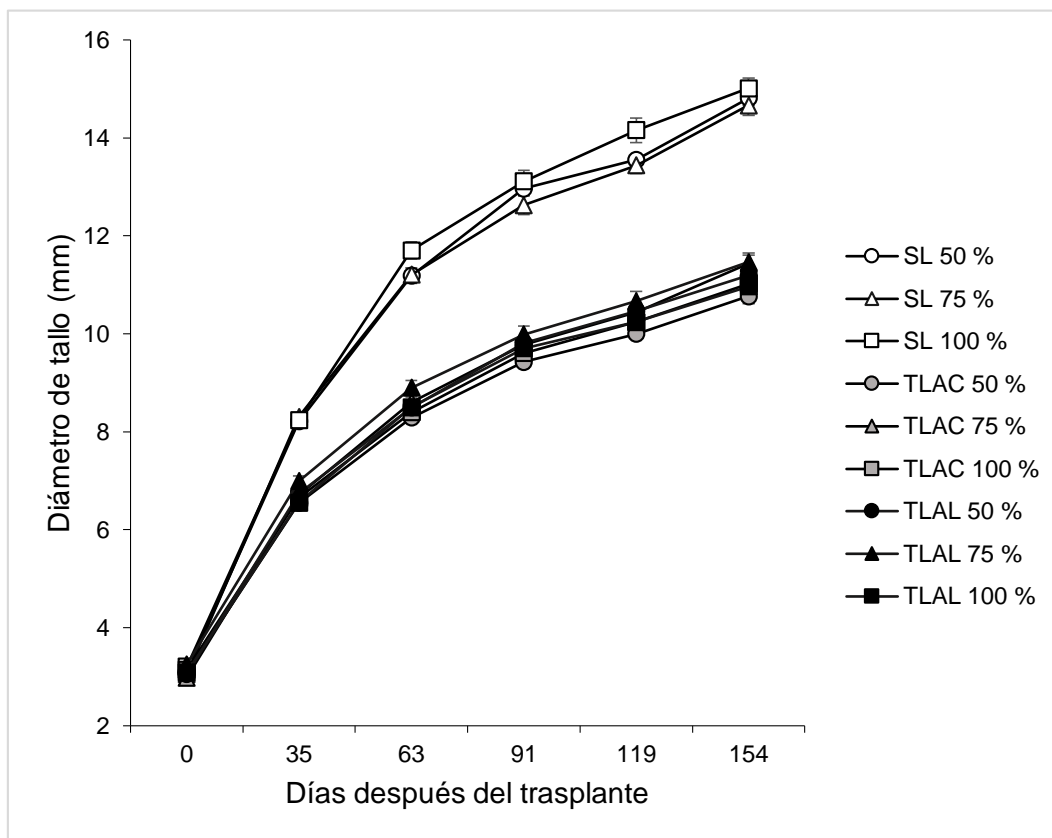


Figura 2.2. Cinética del diámetro de tallo en dos variedades criollas (Tlacotepec y Tlalancaleca) y un híbrido (San Luis) de chile poblano (*Capsicum annuum* L.), cultivadas con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.

2.3.1.3. Número de hojas (NH)

Al momento del trasplante el NH promedio en las tres variedades fue de cuatro hojas. A los 35, 63 y 91 ddt el número de hojas fue significativamente mayor en la variedad Tlalancaleca, seguido de la variedad Tlacotepec y San Luis (Figura 2.3). A los 91 ddt el NH en el híbrido San Luis fue mayor con el tratamiento 100 % (110 hojas) seguido del tratamiento 50 % (106 hojas) y el tratamiento 75 % (103 hojas). En la variedad Tlacotepec y Tlalancaleca las plantas tuvieron en promedio 128 hojas al aplicar la SN concentrada al 100 %, seguidas del tratamiento 75 y 50 %. Como se puede observar, la respuesta de las variedades criollas a la concentración de la solución nutritiva fue lineal, pues a mayor concentración de la solución el NH también fue mayor. Las variedades criollas presentaron los valores más altos de altura de planta, lo que conlleva también a un aumento en el número de hojas.

La estimación del índice de área foliar en plantas de chile poblano cultivadas en invernadero mostró que un mayor follaje en la planta influye significativamente en la captura de luz y CO₂, pues existe una mayor cantidad de radiación fotosintéticamente activa incrementando también la producción foliar y la síntesis de compuestos esenciales para el desarrollo de la plántula (Mendoza-Pérez *et al.*, 2017; Berrospe-Ochoa *et al.*, 2015). Los resultados obtenidos fueron similares a los publicados por Fawzy *et al.* (2012) en *C. annuum* cv. "California Wonder", los cuales observaron un mayor crecimiento vegetativo cuando se utilizó una concentración de 100 % de fertilizante químico.

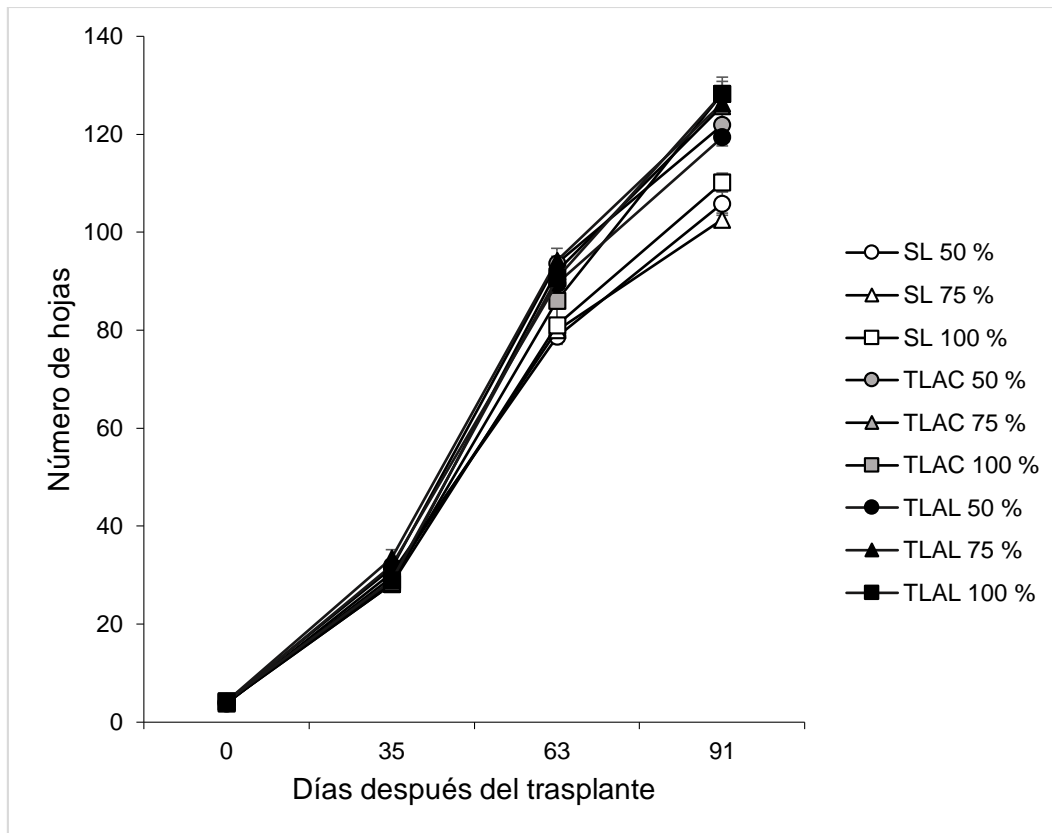


Figura 2.3. Variación del número de hojas en dos variedades criollas (Tlacotepec y Tlalancaleca) y un híbrido (San Luis) de chile poblano (*Capsicum annuum* L.), cultivadas con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.

2.3.1.4. Número de bifurcaciones (NBIF)

En la variable número de bifurcaciones se presentaron diferencias significativas entre las variedades evaluadas, pero no por la aplicación de los tratamientos. A los 35 ddt el NBIF fue significativamente mayor en las variedades criollas (10 bifurcaciones) mientras que en el híbrido se registraron 9 bifurcaciones. En la variedad Tlacotepec a los 63 ddt el número de bifurcaciones se incrementó con el tratamiento 75 % (Figura 2.4). A los 91, 119 y 154 ddt el mayor NBIF se registró en la variedad Tlalancaleca (47 bifurcaciones), seguido de la variedad Tlacotepec (44 bifurcaciones) y el híbrido San Luis (41 bifurcaciones). El NBIF está directamente relacionado con la AP, pues a mayor altura mayor es el número de bifurcaciones y por consecuencia el número de frutos también puede ser mayor, pues en cada bifurcación las plantas pueden desarrollar una flor que puede convertirse en un fruto potencial (Ponce *et al.*, 2012).

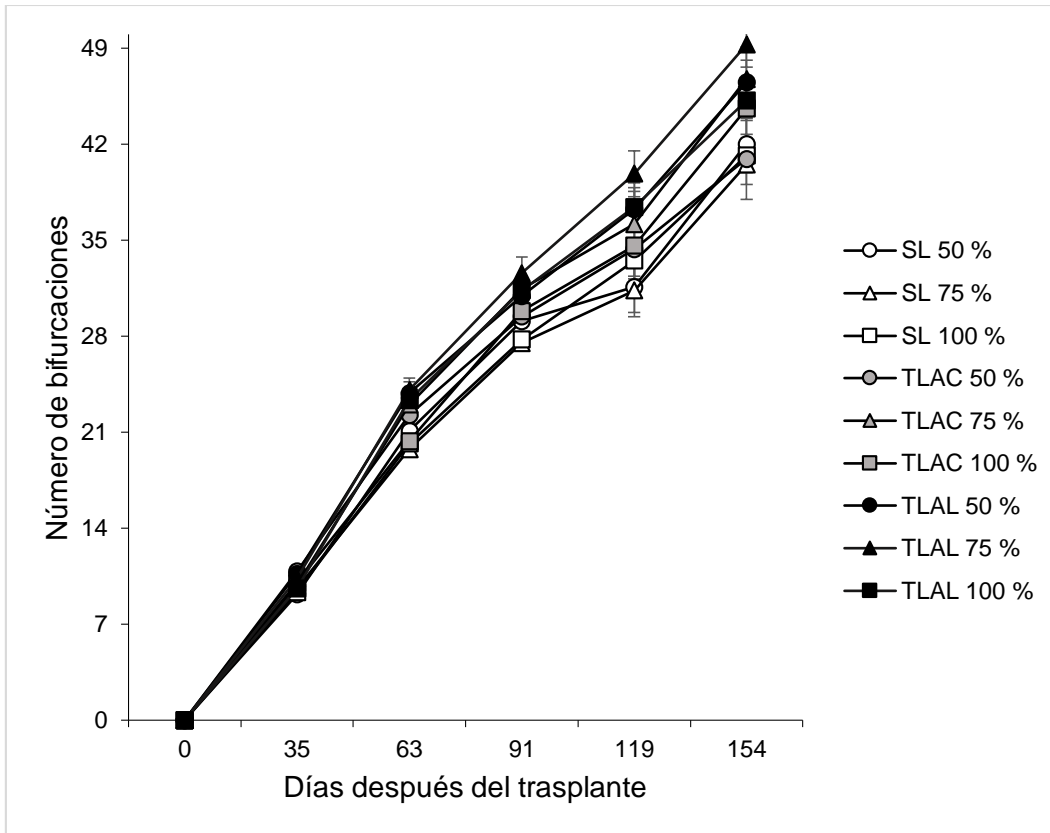


Figura 2.4. Variación del número de bifurcaciones en dos variedades criollas (Tlacotepec y Tlalancaleca) y un híbrido (San Luis) de chile poblano (*Capsicum annuum* L.), cultivadas con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.

2.3.1.5. Número de flores (NFL)

Solo se presentaron diferencias estadísticas significativas en las variedades San Luis y Tlacotepec a los 63 y 35 ddt respectivamente, pues en ambas variedades el número de flores se incrementó al aplicar el tratamiento al 50 % (Figura 2.5). Entre las variedades evaluadas se observaron diferencias significativas a los 35 ddt, ya que el NFL promedio fue mayor en la variedad Tlacotepec (5 flores) mientras que en las variedades San Luis y Tlalancaleca se registraron 3 flores. A los 63, 91, 119 y 154 ddt no se presentaron diferencias significativas registrándose en promedio 3 flores por muestreo.

En el invernadero las variedades criollas alcanzaron una mayor altura, permitiendo a la planta incrementar el número de bifurcaciones y como consecuencia una mayor producción del NFL, no obstante, por diversos factores se presentó el aborto de las mismas, causando una disminución en el número de frutos, impactando en el

rendimiento. Reséndiz-Melgar *et al.* (2010), mencionan que las plantas de chile pimiento tienen crecimiento simpódico y en cada bifurcación se producen flores, generalmente solitarias. Si las plantas se dejan crecer libremente, las primeras seis a 12 flores amarran fruto, pero la alta demanda de asimilados para su rápido crecimiento ocasiona la aborción de un alto porcentaje de las flores generadas subsecuentemente. Los principales agentes causales de la caída de flores están asociados con altas temperaturas, baja intensidad de la radiación, presencia de fruto en la etapa de crecimiento rápido y diversos agentes bióticos (Moreno *et al.*, 2011; López-Gómez *et al.*, 2017).

La prueba de comparación de medias de las variables evaluadas: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de bifurcaciones, número de flores y número de frutos de chile poblano de las variedades San Luis, Tlacotepec y Tlalancaleca cultivadas con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner se presentan en el Anexo 2, Anexo 3 y Anexo 4 respectivamente. Mientras que la prueba de comparación de medias de dichas variables, pero entre las variedades evaluadas se presenta en el Anexo 5.

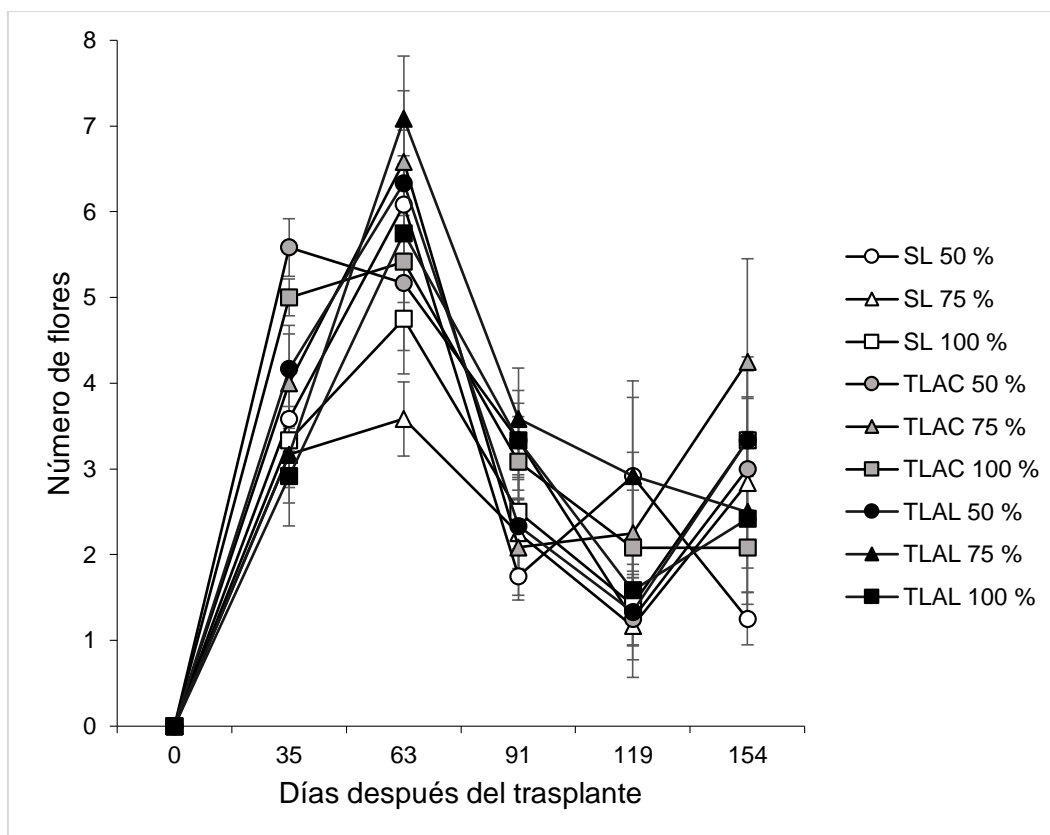


Figura 2.5. Variación del número de flores en dos variedades criollas (Tlacotepec y Tlalancaleca) y un híbrido (San Luis) de chile poblano (*Capsicum annum* L.), cultivadas con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.

2.3.2. Rendimiento

En un total de cinco cortes realizados a los 97, 113, 127, 148 y 159 ddt, de acuerdo con el análisis de varianza no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos evaluados sobre la variable de rendimiento, aunque hubo una tendencia a incrementarse con el tratamiento 50 % en las variedades San Luis y Tlacotepec, mientras que en la variedad Tlalancaleca el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento 75 % (Cuadro 2.2).

Las tres variedades evaluadas fueron estadísticamente diferentes entre ellas, el mayor rendimiento total se obtuvo en el híbrido San Luis ($1.42 \text{ kg planta}^{-1}$), seguido de la variedad Tlalancaleca ($1.05 \text{ kg planta}^{-1}$) y la variedad Tlacotepec ($0.99 \text{ kg planta}^{-1}$). El rendimiento promedio reportado en campo varía de 1.4 t ha^{-1} a 3.2 t ha^{-1} (Velásquez-Valle *et al.*, 2014; Pérez *et al.*, 2017) y de acuerdo a los resultados obtenidos en esta

investigación, con las variedades evaluadas bajo este sistema de producción se pueden llegar a obtener rendimientos de hasta 4 kg m⁻² en las variedades nativas y de 6 kg m⁻² en el híbrido San Luis, datos que son similares a los rendimientos reportados por Mendoza-Pérez *et al.* (2017) en el cultivo de chile poblano variedad Capulín, Ramos-Gourcy y De Luna-Jiménez (2006) en tres variedades de chile ancho y Aguilar *et al.* (2005) en chile ancho cv San Luis.

Cuadro 2.2. Rendimiento de chile poblano criollo Tlacotepec y Tlalancaleca e híbrido San Luis, cultivado con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner en condiciones de hidroponía bajo invernadero.

Solución de Steiner	Rendimiento (kg planta ⁻¹)					Total
	Número de corte					
	1	2	3	4	5	
-----San Luis-----						
50 %	0.49 a	0.34 a	0.27 a	0.09 a	0.29 a	1.46 a
75 %	0.46 a	0.34 a	0.24 a	0.12 a	0.30 a	1.46 a
100 %	0.52 a	0.31 a	0.25 a	0.10 a	0.14 b	1.33 a
HSD	0.13	0.13	0.13	0.11	0.14	0.25
CV	26.74	40.44	52.01	110.73	58.29	17.75
-----Tlacotepec-----						
50 %	0.36 a	0.18 a	0.14 a	0.07 a	0.29 a	1.04 a
75 %	0.32 a	0.19 a	0.19 a	0.03 a	0.20 a	0.94 a
100 %	0.32 a	0.20 a	0.15 a	0.05 a	0.26 a	0.98 a
HSD	0.07	0.05	0.07	0.06	0.13	0.17
CV	19.50	25.49	40.78	125.76	52.68	16.72
-----Tlalancaleca-----						
50 %	0.38 a	0.24 a	0.14 a	0.02 a	0.24 a	1.03 a
75 %	0.35 ab	0.22 a	0.15 a	0.07 a	0.33 a	1.11 a
100 %	0.30 b	0.21 a	0.15 a	0.08 a	0.25 a	0.99 a
HSD	0.07	0.07	0.06	0.06	0.09	0.15
CV	21.00	32.94	41.16	109.45	34.65	21.05

Medias obtenidas de 24 plantas por tratamiento. Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); HSD: Diferencia honesta significativa.

2.3.2.1. Número de frutos

En este trabajo no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para las variables número de frutos por planta, frutos con cajete y frutos con deficiencia de Ca (Cuadro 2.3). En las tres variedades evaluadas el mayor número de frutos se obtuvo cuando se aplicaron los tratamientos 50 y 75 %. Según Martínez *et al.* (2013) el efecto que causa el

Ca (NO₃)₂ cuando se aplica en concentraciones bajas consiste en generar una mayor producción de frutos por planta, sin embargo, cuando a las plantas se les aplica una mayor concentración de Ca (NO₃)₂ se pueden presentar rendimientos decrecientes a medida que se incrementa dicho fertilizante.

Cuadro 2.3. Calidad de fruto de chile poblano criollo Tlacotepec y Tlalancaleca e híbrido San Luis, cultivado con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner en condiciones de hidroponía bajo invernadero.

Solución de Steiner	Número de frutos (planta ⁻¹)	Frutos con cajete	Frutos con deficiencia de Ca
----- -San Luis-----			
50 %	20.25 ab	13.58 a	1.17 a
75 %	22.33 a	13.42 a	0.67 a
100 %	16.75 b	11.83 a	0.92 a
HSD	5.07	2.83	1.30
CV	25.59	21.83	141.16
----- Tlacotepec-----			
50 %	27.50 a	15.00 a	2.75 a
75 %	22.17 b	14.83 a	2.08 a
100 %	22.92 ab	15.67 a	2.25 a
HSD	5.22	4.08	1.70
CV	21.56	26.88	72.02
----- Tlalancaleca-----			
50 %	24.17 a	16.25 a	2.83 a
75 %	28.50 a	15.92 a	4.33 a
100 %	26.08 a	14.17 a	5.08 a
HSD	5.54	4.96	2.81
CV	21.05	32.06	68.64

Medias obtenidas de 24 plantas por repetición. Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); HSD: Diferencia honesta significativa.

2.3.2.2. Cajete del fruto

La aplicación de los tratamientos no provocó diferencias significativas en el cajete del fruto (hundimiento de la base en la unión del pedúnculo), la variedad San Luis y Tlacotepec presentaron el mayor número de frutos con cajete bien definido cuando se aplicó el tratamiento 100 % (71 y 68 % de frutos respectivamente). En la variedad Tlalancaleca el 67 % de frutos con cajete bien pronunciado se obtuvo del tratamiento 50 % (Cuadro 2.3). Esta característica se consideró debido a que, en campo, el productor

considera que un fruto de buena calidad debe presentar un cajete bien definido, de lo contrario el fruto se considera de mala calidad.

2.3.2.3. Deficiencia de Ca

Algunos frutos presentaron daño causado por la deficiencia de Ca, que se caracteriza por la presencia de necrosis en la superficie del fruto, este daño se presentó desde la primera cosecha del fruto y se observó una mayor incidencia en los meses de julio-septiembre, los cuales se caracterizaron por presentar periodos largos con días nublados, temperaturas bajas (13 °C) y humedades relativas altas (75-80 %). El mayor porcentaje de frutos dañados se presentó en la variedad Tlalancaleca (19 %) cuando las plantas se irrigaron con la solución nutritiva completa, seguido por los tratamientos 75 y 50 % (Cuadro 2.3).

Muñoz-Ramos *et al.* (2004), Velasco *et al.* (2011) y Quesada (2015) exponen que cuando el pH de la solución nutritiva es muy ácido o la concentración de sales en la solución o el sustrato es muy alta, se produce una disminución en la absorción de agua, afectando la absorción de iones que son transportados por flujo de masas como el calcio y el boro ocasionando una deficiencia localizada de calcio en el fruto

Por su parte, en las variedades Tlacotepec y San Luis el porcentaje de frutos dañados (10 y 6 %) fue mayor cuando se aplicó el tratamiento 50 %, esto probablemente se pudo deber, como lo explican Muñoz-Ramos *et al.* (2004) y Jahangiri *et al.* (2016), a que los valores de Ca aplicados fueron más bajos durante el desarrollo del fruto afectando la calidad comercial de los mismos, pues una vez desencadenado el proceso de la pudrición apical no hay manera de revertirlo debiendo actuar de forma preventiva para su control (Silva *et al.*, 2017).

2.3.3. Calidad física del fruto

2.3.3.1. Peso del fruto

De acuerdo a la caracterización física de los frutos de chile poblano con base en la NMX-FF-025-SCFI-2014, las variables de calidad no fueron afectadas por la concentración de

la solución nutritiva. En las variedades criollas el 100 % de los frutos tuvieron un peso entre los 80 y 110 g cuando se aplicó cualquiera de los tratamientos, mientras que en el híbrido los frutos se distribuyeron en alguna de las categorías de clasificación de acuerdo al peso del fruto; sin embargo, cuando se aplicó el tratamiento 100 % se obtuvo el mayor número de frutos entre los 110 y 150 g (Cuadro 2.4). Wamser *et al.* (2017) hacen referencia a que altas concentraciones de N en la solución nutritiva aumentan la cantidad de frutos por planta ya que es el principal componente que influye en el aumento del rendimiento de fruta; no obstante, concentraciones más altas de N en la solución nutritiva tienden a disminuir el peso del fruto. Este efecto pudo haberse presentado en los frutos de las variedades nativas evaluadas en esta investigación, a causa principalmente del aumento de la CE en la solución de sustrato puesto que el cultivo de pimiento es moderadamente sensible a la salinidad (1.5 dS m⁻¹). Ramírez-Luna *et al.* (2005) obtuvieron frutos de menor tamaño en plantas de chile habanero producidas bajo condiciones de invernadero, en comparación con las producidas en campo, debido a que las plantas recibieron una menor intensidad de luz, esta condición favoreció el desarrollo de plantas más grandes, tallos más delgados, pero frutos pequeños.

Cuadro 2.4. Caracterización en base a tamaño de fruto de chile poblano criollo Tlacotepec y Tlalancaleca e híbrido San Luis, cultivado con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner en condiciones de hidroponia bajo invernadero.

Peso (g)	Solución de Steiner			HSD
	50 %	75 %	100 %	
-----San Luis-----				
Chico (80-110)	1.28 a	1.33 a	1.12 a	0.28
Mediano (110–129.9)	0.15 a	0.07 a	0.13 a	0.12
Grande (130–150)	0.02 a	0.04 a	0.08 a	0.09
Extra grande (> 150)	0.01 a	0.01 a	0.00 a	0.04
-----Tlacotepec-----				
Chico (80- 110)	1.04 a	0.94 a	0.98 a	0.17
-----Tlalancaleca-----				
Chico (80- 110)	1.03 a	1.11 a	0.99 a	0.15

Medias obtenidas de 12 plantas por repetición. Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); HSD: Diferencia honesta significativa.

2.3.3.2. Largo del fruto

De acuerdo a la caracterización del largo del fruto, la solución nutritiva en su concentración original fomentó los frutos más largos en la variedad San Luis y en la variedad Tlacotepec (12-14 cm), mientras que en la variedad Tlalancaleca los frutos más largos se obtuvieron con el tratamiento 50 %, pero en promedio más del 36 % de los frutos tuvieron un tamaño mediano (Figura 2.6).

Los criterios empleados en campo para juzgar la calidad del fruto de chile poblano están relacionados con forma la típica del fruto denominada “botelludo”, con el tamaño grande del fruto y con una buena coloración del fruto (Rodríguez *et al.*, 2007).

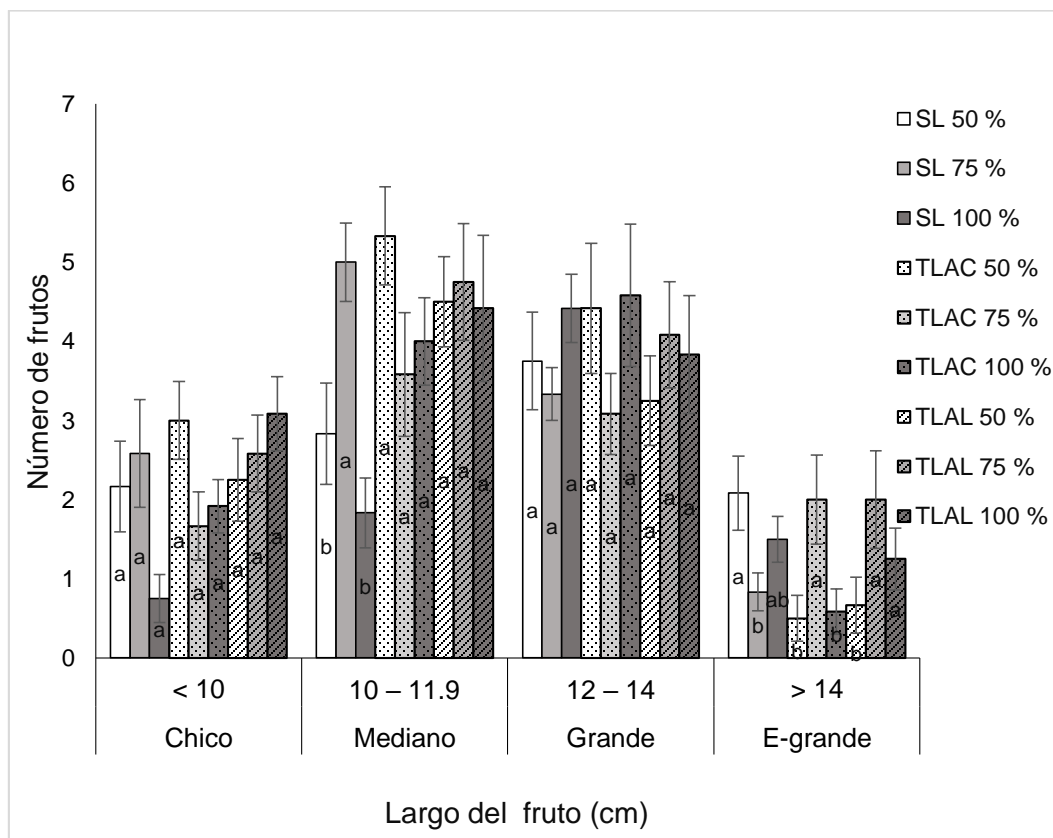


Figura 2.6. Distribución en base a largo del fruto de chile poblano criollo Tlacotepec y Tlalancaleca e híbrido San Luis, cultivado con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner en condiciones de hidroponia bajo invernadero.

2.3.3.3. Ancho del fruto

Considerando el ancho del fruto, en la variedad San Luis cuando se aplicó el tratamiento al 100 % se obtuvo el mayor porcentaje de frutos con un grosor entre 7 y 8 cm. En la variedad Tlacotepec más del 90 % de los frutos presentaron un grosor de fruto inferior a los 6 cm al aplicarse cualquier concentración de la solución nutritiva. Finalmente, en la variedad Tlalancaleca el tratamiento 50 % propició el mayor número de frutos con grosor mediano y grande (Figura 2.7).

Santiago *et al.* (2018) reportaron que los frutos del híbrido de chile ancho poblano cultivados a cielo abierto alcanzaron una longitud de 13.95 cm y diámetro de 6.25 cm, valores que, aunque no se obtuvieron bajo las mismas condiciones son similares a los obtenidos en este trabajo en el híbrido San Luis. Aunque no hubo diferencias significativas por la aplicación de los tratamientos, la concentración de la solución nutritiva influyó en la calidad del fruto de chile poblano pues la solución nutritiva en su concentración original promovió el mayor porcentaje de frutos de tamaño grande de acuerdo a las características de calidad para este cultivo.

La prueba de comparación de medias de las variables de calidad del fruto de chile poblano variedades San Luis, Tlacotepec y Tlalancaleca, en base al peso, largo y ancho del fruto se presenta en el Anexo 6, 7 y 8 respectivamente.

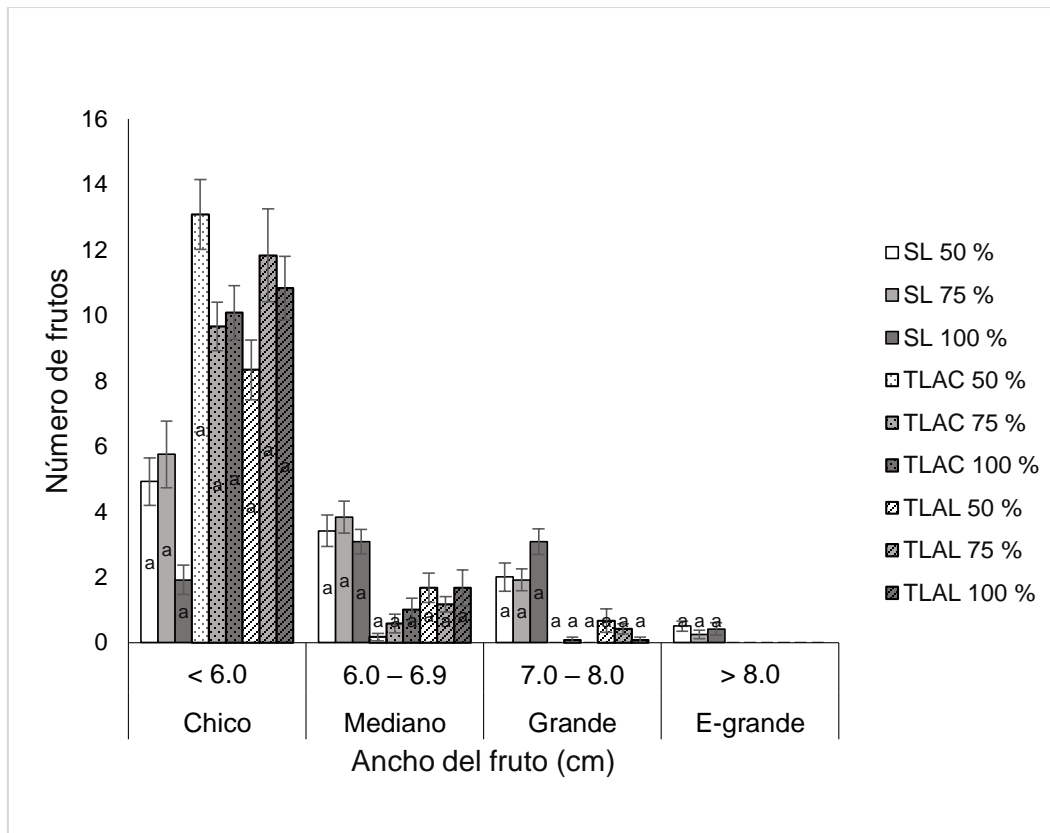


Figura 2.7. Distribución en base a ancho del fruto de chile poblano criollo Tlacotepec y Tlalancaleca e híbrido San Luis, cultivado con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner en condiciones de hidroponía bajo invernadero.

2.3.4. Evaluación económica del sistema de producción de chile poblano bajo condiciones de invernadero.

Para poder comparar la rentabilidad del sistema de producción tradicional de chile poblano respecto a la producción bajo condiciones protegidas, también se procedió a realizar la evaluación económica del sistema de producción de chile poblano en invernadero e hidroponía. Para ello fue necesario cuantificar la estructura de costos e ingresos totales de producción para calcular los indicadores de rentabilidad VAN, TIR y Relación Beneficio Costo B/C, también se determinó el punto de equilibrio.

2.3.4.1. Costos de inversión

Con información proporcionada por constructores de invernaderos y proveedores de equipo, se estimó el presupuesto de inversión necesario para establecer el cultivo de

chile poblano bajo condiciones de invernadero e hidroponia. En el Cuadro 2.5 se describen los principales activos fijos que se consideraron para el cálculo de inversión.

Como se puede observar, del total de costos de inversión enlistados, se desprende que el mayor costo de inversión lo constituye la construcción e instalación del invernadero, aunque el experimento de chile poblano se realizó en un invernadero de 100 m², para términos de esta evaluación económica se está considerando un invernadero con una superficie de 500 m². Por lo tanto, el costo de inversión total para la producción de chile poblano en un invernadero asciende a \$317,022.50.

Cuadro 2.5. Costos de inversión para la producción de chile poblano en invernadero e hidroponia.

Concepto Activo fijo	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Invernadero 500 m ²	Presupuesto	1	\$ 160,500.00	\$ 160,500.00
Riego por goteo	Presupuesto	1	\$ 39,600.00	\$ 39,600.00
Tezontle rojo	Tonelada	2	\$ 3,500.00	\$ 7,000.00
Charolas	Pieza	100	\$ 42.00	\$ 4,200.00
Mochila aspersora	Pieza	5	\$ 1,132.00	\$ 5,660.00
Palas	Pieza	5	\$ 90.00	\$ 450.00
Tijeras de podar	Pieza	5	\$ 250.00	\$ 1,250.00
Mascarrilla	Pieza	5	\$ 90.00	\$ 450.00
Guantes	Pieza	5	\$ 180.00	\$ 900.00
Botas de Hule	Pieza	5	\$ 235.00	\$ 1,175.00
Potenciometro	Pieza	1	\$ 4,300.00	\$ 4,300.00
Termohigrómetro	Pieza	1	\$ 499.00	\$ 499.00
Bomba 1 hp	Pieza	1	\$ 1,975.00	\$ 1,975.00
Carretilla	Pieza	2	\$ 955.00	\$ 1,910.00
Cubeta de plástico	Pieza	1	\$ 69.00	\$ 690.00
Azadón	Pieza	3	\$ 317.00	\$ 951.00
Motobomba	Pieza	1	\$ 5,100.00	\$ 5,100.00
Tutoreo	Pieza	1	\$ 1,945.00	\$ 1,945.00
Rafia	Pieza	1	\$ 395.00	\$ 3,950.00
Capital de trabajo	Presupuesto	1	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
Activo diferido	Presupuesto	1	\$ 55,017.50	\$ 55,017.50
Total				\$ 317,022.50

Fuente: elaboración propia

2.3.4.2. Costos de operación

Para el cálculo de los costos de operación para la producción de chile poblano en invernadero e hidroponia se incluyeron los costos fijos y los costos variables. Dentro de los costos fijos se consideraron costos administrativos y ventas, mantenimiento de la construcción, mantenimiento de equipo, pago de la luz y pago de agua; dentro de los costos variables se incluyó el costo de todos los insumos requeridos (semilla, fertilizante, agroquímicos) así como el gasto de la mano de obra requerida. El desglose de estos costos se presenta en el Cuadro 2.6 y fueron proyectados a un periodo de 5 años considerando dos ciclos productivos por año.

Cuadro 2.6. Costos de operación para la producción de chile poblano en invernadero e hidroponia.

Concepto	Año				
	1	2	3	4	5
Administración	\$ 7,600.00	\$ 7,980.00	\$ 8,379.00	\$ 8,797.95	\$ 9,237.85
Mantenimiento	\$ 5,500.00	\$ 5,775.00	\$ 6,063.75	\$ 6,366.94	\$ 6,685.28
Mant. Equipo	\$ 5,700.00	\$ 5,985.00	\$ 6,284.25	\$ 6,598.46	\$ 6,928.39
Pago de luz	\$ 800.00	\$ 840.00	\$ 882.00	\$ 926.10	\$ 972.41
Pago de agua	\$ 360.00	\$ 378.00	\$ 396.90	\$ 416.75	\$ 437.58
Semilla	\$ 2,400.00	\$ 2,520.00	\$ 2,646.00	\$ 2,778.30	\$ 2,917.22
Siembra	\$ 3,600.00	\$ 3,780.00	\$ 3,969.00	\$ 4,167.45	\$ 4,375.82
Fertilizantes	\$ 17,020.00	\$ 17,871.00	\$ 18,764.55	\$ 19,702.78	\$ 20,687.92
Control de plagas	\$ 40,390.00	\$ 42,409.50	\$ 44,529.98	\$ 46,756.47	\$ 49,094.30
Mano de obra	\$ 51,600.00	\$ 54,180.00	\$ 56,889.00	\$ 59,733.45	\$ 62,720.12

Fuente: elaboración propia

2.3.4.3. Costos totales

Los costos totales que se deben invertir para producir chile poblano bajo condiciones de invernadero e hidroponia y proyectado para un periodo de tiempo de cinco años se presentan en el Cuadro 2.7. De acuerdo a este cálculo los costos fijos representan el 15 % de los costos totales, mientras que los costos variables representan el 85 % de los costos totales.

Cuadro 2.7. Costos totales para la producción de chile poblano en invernadero e hidroponia.

Concepto	Año				
	1	2	3	4	5
Costos fijos	\$ 19,960.00	\$ 20,958.00	\$ 22,005.90	\$ 23,106.20	\$ 24,261.50
Costos variables	\$115,010.00	\$120,760.50	\$126,798.53	\$133,138.45	\$139,795.37
Costos totales	\$134,970.00	\$141,718.50	\$148,804.43	\$156,244.65	\$164,056.88

Fuente: elaboración propia

2.3.4.4. Proyección de Ingresos

El presupuesto de ingresos está representado por el volumen de venta de chile poblano y el rendimiento esperado. La proyección de ingresos para el cultivo de chile poblano en invernadero también se realizó para un periodo de 5 años. El precio promedio de venta del chile en fresco es variable y depende de la calidad de éste de acuerdo a la clasificación asignada por los productores, para este cálculo nuevamente se utilizó un precio promedio de \$15.00 kg y se consideró como parámetros técnicos un rendimiento esperado de 5 kg planta⁻¹, considerando una densidad de 4 plantas por m². Los resultados que arrojó este cálculo muestran que para el primer año se esperan un ingreso de \$333,195.00; el segundo año el ingreso esperado es de \$360,040; el tercer año se esperarían un ingreso de \$380,715.00; el cuarto año el ingreso sería de \$399,751.00 y finalmente el quinto año se esperarían un ingreso de \$419,739.00.

2.3.4.5. Análisis de rentabilidad: Punto de equilibrio, VAN, TIR, Relación Beneficio/Costo.

Como ya se mencionó anteriormente el punto de equilibrio (Cuadro 2.8) es el porcentaje mínimo de ventas que tiene que realizar el productor por año para no generar pérdidas, por lo tanto, si el productor genera ventas por encima de este punto de equilibrio obtendría mayores ganancias. El ingreso que se debe generar por la venta de chile poblano en el primer año y que es necesario para lograr el punto de equilibrio en el sistema de producción en invernadero asciende a \$30,481.34, lo cual significa que se debe de producir un equivalente a 2 t de chile poblano considerando un precio de venta promedio de \$15.00 kg.

Cuadro 2.8. Cálculo del punto de equilibrio del cultivo de chile poblano producido en invernadero e hidroponia.

Concepto	Año				
	1	2	3	4	5
Ventas	\$333,195.00	\$ 360,039.75	\$ 380,715.30	\$ 399,751.07	\$ 419,738.62
C.F.	\$ 19,960.00	\$ 20,958.00	\$ 22,005.90	\$ 23,106.20	\$ 24,261.50
C.V.	\$115,010.00	\$ 120,760.50	\$ 126,798.53	\$ 133,138.45	\$ 139,795.37
C.T.	\$134,970.00	\$ 141,718.50	\$ 148,804.43	\$ 156,244.65	\$ 164,056.88
P.E. \$	\$ 30,481.34	\$ 31,535.18	\$ 32,995.00	\$ 34,644.75	\$ 36,376.98
P.E. %	9 %	9 %	9 %	9 %	9 %

Fuente: elaboración propia

El análisis de rentabilidad para la producción de chile poblano en invernadero se presenta en el Cuadro 2.9, para este cálculo se consideraron los costos e ingresos totales, el flujo de efectivo, una tasa de actualización y los ingresos y egresos actualizados. Una vez determinadas estas variables se procedió a realizar el cálculo del Valor Actual Neto, que consiste en traer a valor de hoy el flujo de efectivo del sistema de producción a una tasa de actualización; para ello, en este cálculo se utilizó la tasa de actualización mínima del 10 %. El Valor Actual Neto que se obtuvo fue positivo \$584,660.47 esto indica, que la producción de chile poblano en invernadero e hidroponia genera ingresos significativos por las utilidades obtenidas, además estos ingresos son superiores a los obtenidos en el sistema de producción tradicional a cielo abierto.

Cuadro 2.9. Análisis de rentabilidad: Punto de equilibrio, VAN, TIR, B/C para la producción de chile poblano en invernadero e hidroponia.

Año	Ingresos	Costos	Flujo de efectivo	Tasa $(1+t)^{-n}$	Ingresos actualizado	Egresos actualizado
0	\$ -	\$ 318,223	-\$318,223	1	\$ -	\$318,223
1	\$ 333,195	\$ 134,970	\$198,225	0.91	\$ 302,905	\$122,700
2	\$ 360,039	\$ 141,719	\$218,321	0.83	\$ 297,554	\$117,123
3	\$ 380,715	\$ 148,804	\$231,911	0.75	\$ 286,037	\$111,799
4	\$ 399,751	\$ 156,245	\$243,506	0.68	\$ 273,035	\$106,717
5	\$ 488,883	\$ 164,057	\$324,826	0.62	\$ 303,558	\$101,866
Total	\$1,962,584	\$1,064,017	\$898,567	0.56	\$1,463,088	\$878,428

Fuente: elaboración propia

El parámetro de la Tasa Interna de Rentabilidad calculado indica que la producción de chile poblano en invernadero e hidroponia genera una TIR de 63 %, lo cual, desde el

punto de vista económico, genera un rendimiento mayor que cualquier fondo de inversión pudiera generar.

Finalmente, la Relación beneficio-costos (B/C) calculada para este sistema de producción fue de $B/C = 1.67$, lo que expresa que, esto indica que la implementación del cultivo de chile poblano bajo invernadero e hidroponía además de que recupera la inversión, genera una ganancia significativa por cada peso que se invierte, por lo tanto, es una opción económicamente rentable para los productores.

2.4. Conclusiones

El híbrido San Luis irrigado con la solución nutritiva concentrada al 50 % mostró los valores más altos de AP, DT, NBIF y NFL, mientras que en las variedades Tlacotepec y Tlalancaleca los valores más altos se obtuvieron con la solución nutritiva concentrada al 75 %.

En las variedades San Luis y Tlacotepec el rendimiento se incrementó al aplicar la solución nutritiva concentrada al 50 % mientras que en la variedad Tlalancaleca se obtuvo al aplicar la concentración 75 %, esto brinda la ventaja de un ahorro en el uso de los fertilizantes para la elaboración de la solución nutritiva y en los costos que implica la adquisición de los mismos.

Las mejores características de calidad del fruto se obtuvieron con la solución nutritiva concentrada al 100 % en las variedades San Luis y Tlacotepec, mientras que en la variedad Tlalancaleca se obtuvo con la concentración al 50 %, lo cual indica que podemos aplicar concentraciones de la solución nutritiva por debajo de su concentración original y obtener frutos de chile poblano de calidad.

El cultivo de chile poblano producido bajo condiciones de invernadero e hidroponía es una opción productiva técnica y económicamente viable para los productores, pues los beneficios económicos que se obtienen de acuerdo a la evaluación económica realizada indican que el cultivo es rentable, además, bajo este sistema se obtendrían mayores rendimientos y por consecuencia mayores ganancias comparadas con las que se obtienen en el sistema de producción tradicional de chile poblano.

2.5. Literatura citada

- Aguilar, A. J., Grageda, C. O., Vuelvas, C. M., Martínez, H. M., Solís, M. E., Medina, C. T., y Ramírez R. A. (2005). Eficiencia de fertilizantes aplicados con fertirriego en chile ancho (*Capsicum annuum* L.). *Agricultura Técnica en México*, 31(2), 177-189.
- Aguilar, R. V.H. (2012). Reseña del libro: Cultivo del chile en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(4), 264-264.
- Aguirre, H. E. y Muñoz O. V. (2015). El chile como alimento. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 66(3), 16-23.
- Alemán, P. R. D., Domínguez, B. J., Rodríguez, G. Y., Soria, R. S., Torres, G. R., Vargas, B. J. C., Bravo, M. C., y Alba, R. J. L. (2018). Indicadores morfofisiológicos y productivos del pimiento sembrado en invernadero y a campo abierto en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana. *Centro Agrícola*, 45(1), 14-23.
- Aparicio, del M. J. O. (2013). Producción de chile de agua (*Capsicum annuum* L.) en hidroponía bajo invernadero: una opción productiva para los espacios periurbanos. Tesis de grado. Maestría en Ciencias. Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados. Puebla, México.
- Beltrán-Morales, F., García-Hernández, J., Ruiz-Espinoza, F., Valdez-Cepeda, R., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., y González-Zamora, A. (2016). Efecto de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(7), 143-149.
- Berrospe-Ochoa, E. A., Saucedo-Veloz, C., Ramírez-Vallejo, P., y Ramírez-Guzmán, M. E. (2015). Comportamiento agronómico de plántulas de poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en producción intensiva en invernadero. *Agrociencia*, 49(6), 637-650.
- Elizondo-Cabalceta, E. y Monge-Pérez, J. E. (2017). Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum*) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *InterSedes*, 18(37), doi:10.15517/isucr.v18i37.28652.
- Fawzy, Z.F., El-Bassiony, A.M., Yunsheng L., Zhu O., y Ghoname A.A. (2012). Effect of mineral, organic and bio-N fertilizers on growth, yield and fruit quality of sweet pepper. *Journal of Applied Sciences Research*. 8(8), 3921-3933.
- González, E., Yáñez, M., Santiago, V., y Montero, Á. (2004). Biodiversidad fungosa en la marchitez del chile y algunos factores involucrados, en Tlacotepec de José Manzo, el Verde, Puebla. *Agrociencia*, 38(6), 653-661.
- Hernández-Verdugo, S., González-Sánchez, R. A., Porrás, F., Parra-Terraza, S., Valdez-Ortiz, A., Pacheco-Olvera, A., y López-España, R. G. (2015). Plasticidad fenotípica de

- poblaciones de chile silvestre (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*) en respuesta a disponibilidad de luz. *Botanical Sciences*, 93(2), 231-240. doi: 10.17129/botsci.237
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010, México, Recuperado de: www.beta.inegi.org.mx/datos/
- Jahangiri, A., Kiani, S., and Hosseinpour, A. R. (2016). Effects of foliar application of different sources and rates of calcium on fruit blossom-end rot of bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 7(27), 193-202.
- López-Elías, J., Ortega, G. S., Huez, L. M. A., H., Jiménez, L. J., Rueda, P. E. O. y Murillo, A. B. (2015). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero. *European Scientific Journal*, ESJ, 11(24), 25-36.
- López-Gómez, J., Villegas-Torres, O., Sotelo Nava, H., Andrade Rodríguez, M., Juárez López, P., y Martínez Fernández, E. (2017). Rendimiento y calidad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por efecto del régimen nutrimental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1747-1758.
- Magdaleno-Villar, J., Peña-Lomelí, A., Castro-Brindis, R., Castillo-González, A., Galvis-Spinola, A., Ramírez-Pérez, F., y Hernández-Hernández, B. (2006). Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo: Serie Horticultura*, 12(2), 223-229.
- Martínez, M. L., Velasco, V. V. A., Ruiz, L. J., Enríquez-del Valle, J. R., Campos, Á. G. V., y Montaña, L. M. L. (2013). Efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento del tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(spe6), 1175-1184.
- Mendoza-Pérez, C., Ramírez-Ayala, C., Ojeda-Bustamante, W., and Flores-Magdaleno, H. (2017). Estimation of leaf area index and yield of greenhouse-grown poblano pepper. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 9(1), 37-50. doi: 10.5154/r.inagbi.2017.04.009
- Moreno, P. E. del C., Mora, A. R., Sánchez, del C. F., y García-Pérez, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo: Serie horticultura*, 17(spe2), 5-18.
- Moreno, R. A., Rodríguez, D. N., Reyes, C. J. L., Márquez-Quiroz, C., y Reyes, G. J. (2014). Comportamiento del chile húngaro (*Capsicum annuum*) en mezclas de vermicompost- arena bajo condiciones protegidas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 46(2), 97-111.
- Muñoz-Ramos, J., Guzmán, M., y Castellanos, J. (2004). Salinidad sódica en el desarrollo vegetativo y reproductivo del pimiento. *Terra Latinoamericana*, 22(2), 187-196.

- Norma Mexicana (2014). NMX-FF-025-SCFI-2014 "Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - chile fresco (*Capsicum* spp.) especificaciones". Dirección General de Normas. Secretaría de Economía.
- Pérez, C. L. J., Tornero, C. M. A., Escobedo, G. J. S., y Sandoval, C. E. (2017). El chile poblano criollo en la cultura alimentaria del Alto Atoyac. *Estudios Sociales*, 27(49), 47-66.
- Ponce, V. J. J., Peña-Lomelí, A., Rodríguez-Pérez, J. E., Mora-Aguilar, R., Castro-Brindis, R., y Magaña, L. N. (2012). Densidad y poda en tres variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) cultivado en invernadero. *Revista Chapingo: Serie horticultura*, 18(3), 325-332. doi: 10.5154/r.rchsh.2010.08.028
- Quesada, R. G. (2015). Producción de chile dulce en invernadero bajo diferentes niveles de agotamiento en la humedad del sustrato. *Agronomía Costarricense*, 39(1), 25-36.
- Ramírez-Luna, E., Castillo-Aguilar, C., Aceves-Navarro, E., y Carrillo-Ávila, E. (2005). Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile 'habanero'. *Revista Chapingo: Serie Horticultura*, 11(1), 93-98.
- Ramos-Gourcy, F., y De Luna-Jiménez, A. (2006). Evaluación de tres Variedades de Chile (*Capsicum annuum* L.) en cuatro concentraciones de una solución hidropónica bajo invernadero. *Investigación y Ciencia*, 14(34), 6-11.
- Reséndiz-Melgar, R. C., Moreno-Pérez, E. del C., Sánchez-del Castillo, F., Rodríguez-Pérez, J. E., y Peña-Lomelí, A. (2010). Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. *Revista Chapingo: Serie Horticultura*, 16(3), 223-229.
- Rodríguez, J., Peña, O. B., Gil, M. A., Martínez, C. B., Manzo, F., y Salazar, L. (2007). Rescate in situ del chile 'poblano' en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(1), 25-32.
- Sánchez-del-Castillo, F., González-Molina, L., Moreno-Pérez, E. del C., Pineda-Pineda, J., y Reyes-González, C. E. (2014). Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3), 261-269.
- Santiago, L. U., Ramírez, M. M. y Méndez, A. R. (2018). HAP14F: Híbrido de chile ancho poblano para el Altiplano de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2), 481-485.
- San Martín-Hernández, C., Ordaz-Chaparro, V. M., Sánchez-García, P., Colinas-Leon, María T., y Borges-Gómez, L. (2012). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) quality produced in hydroponics with different particle sizes of tezontle. *Agrociencia*, 46(3), 243-254.

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. (2017). Atlas Agroalimentario 2017. Recuperado de: <http://www.siap.gob.mx/>
- Silva, A. Z., Wamser, A.F., Hiyoshi, N. R., Cecílio, F. A. B., y Mendoza-Cortez, J. W. (2017). Síntomas de deficiencia de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Agrociencia Uruguay*, 21(2), 31-43.
- Statistical Analysis System, SAS Institute. (2002). SAS User's Guide version 9.0. Cary N.C., USA.
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. In M6. International Congress on Soilless Culture, Lunteren (Netherlands), 29 Apr-5 May 1984. ISOSC.
- Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., Antonio-López, P., Guerrero-Rodríguez, J. de D., Santacruz-Varela, A., y Huerta-de la Peña, A. (2011). Vegetative, reproductive and fruit yield characteristics of "poblano" pepper landraces. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17(3), 139-150.
- Velasco, E., Ángel, N., y López, N. (2011). Cultivo de tomate en hidroponía e invernadero (No. 635.642 V). Colegio de Postgraduados, Mundi-Prensa México, 126 p.
- Velásquez-Valle, R., Reveles-Torres, L. R., Reveles-Hernández, M., Cid-Ríos, J. Á., y Mauricio-Castillo, J. A. (2014). Rendimiento y calidad de fruto de cuatro líneas de chile ancho en Zacatecas, México. *Agrofaz*, 14(3). 85-92.
- Wamser, A. F., Cecilio, F. A. B., Dalmazzo, N. R. H., Mendoza-Cortez, J. W., y Urrestarazu, M. (2017). Influence of drainage and nutrient-solution nitrogen and potassium concentrations on the agronomic behavior of bell-pepper plants cultivated in a substrate. *PloS one*, 12(7), e0180529. doi: 10.1371/journal.pone.0180529

CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES GENERALES

1. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo, permitieron generar una alternativa para dar solución al problema de investigación, y con base en ellos, se establecen las siguientes conclusiones:

Respecto al objetivo e hipótesis generales se concluye que:

El objetivo general de este trabajo de investigación se cumplió, ya que se identificaron y describieron las características del sistema de producción tradicional de chile poblano en la región del Alto Atoyac, en Puebla. Se evaluaron las variedades criollas Tlacotepec y Tlalancaleca y el híbrido San Luis en invernadero e hidroponía. Y se calculó la relación beneficio-costo de ambos sistemas de producción. La evaluación económica permitió identificar que la producción de chile poblano en invernadero resultó más rentable y se pueden obtener rendimientos mayores, por lo tanto, la hipótesis general no se rechaza.

De acuerdo a los objetivos e hipótesis particulares se concluye:

El sistema de producción tradicional de chile poblano en el Alto Atoyac en Puebla, presentó tres niveles tecnológicos bien definidos. Se identificaron las características de los productores, en aspectos socioeconómicos, agronómicos del cultivo de chile poblano, en aspectos de comercialización y costos de producción, y se realizó una evaluación económica para conocer la rentabilidad del cultivo. Con base en ello, se puede concluir que, en la producción de chile poblano a cielo abierto, predomina el uso de un bajo nivel tecnológico cuando los productores son de edad avanzada. En cambio, los productores jóvenes se caracterizan por incorporar tecnologías en el proceso de producción de chile poblano y sus unidades de producción se clasifican dentro del nivel tecnológico medio y alto. Se comprobó que el cultivo de chile poblano se desarrolla en pequeñas superficies y los rendimientos que se obtienen son relativamente bajos (5 t ha^{-1}) comparados con los obtenidos en años anteriores (25 t ha^{-1}), esto a causa de las enfermedades conocidas como marchitez y secadera. Aun con esta limitante, los productores no desisten de sembrar chile poblano por la tradición del cultivo heredada de sus padres o abuelos.

Cuando no se presentan problemas ambientales o fitosanitarios, el cultivo genera un buen ingreso para el productor, por lo tanto, esta actividad es rentable. Con ello se cumple el primer objetivo específico planteado, por lo cual, la primera hipótesis específica no se rechaza.

Referente a la producción de chile poblano bajo condiciones de invernadero e hidroponia para evaluar el efecto de la aplicación de tres concentraciones de la solución nutritiva, se obtuvo que cada una de ellas afectó significativamente las diferentes variables de estudio; pues a una mayor concentración de nutrientes el rendimiento fue afectado positivamente. Comparado con el rendimiento obtenido en el sistema tradicional (5 t ha^{-1}), en invernadero se obtuvo un rendimiento de las variedades criollas de 4 kg m^2 , por lo tanto, el rendimiento se puede incrementar hasta cuatro veces bajo esta condición. No obstante, la calidad del fruto de chile poblano dentro del invernadero disminuye, pues se obtienen frutos de tamaño más pequeño (10-14 cm) comparados con los que se obtienen a cielo abierto en el sistema tradicional (15-20 cm). Con base en lo anterior, la segunda hipótesis específica formulada no se rechaza.

Mientras que en el sistema de producción a cielo abierto se obtuvieron valores en los indicadores financieros de la rentabilidad de VAN: \$1,668.03; TIR: 27 % y B/C: 1.12; en la producción en invernadero los valores obtenidos fueron de VAN: \$584,660.47; TIR: 63 % y B/C: 1.67. De acuerdo con los resultados obtenidos sobre la rentabilidad de los sistemas de producción evaluados, se puede concluir que la viabilidad económica del chile poblano producido en invernadero e hidroponia, es mayor en comparación con el obtenido en el sistema de producción tradicional a cielo abierto. Con esto se cumple el tercer objetivo específico planteado por lo que, la tercera hipótesis específica no se rechaza.

Consecuentemente, se puede asegurar que la producción de chile poblano bajo condiciones de invernadero e hidroponia constituye una alternativa viable para el productor desde el punto de vista productivo y económico y que puede ser utilizado frente a la problemática actual del sistema de producción a cielo abierto, pero aún es necesario investigar el manejo del cultivo, para mejorar la calidad del fruto y las opciones de

mercado. Todo esto en conjunto, lleva al diseño e implementación de estrategias de desarrollo agrícola necesarias para mejorar la productividad y rentabilidad del cultivo de chile poblano.

2. Recomendaciones

De acuerdo con la información recabada en la etapa de campo y en la etapa experimental de la investigación, se pudieron obtener datos precisos sobre la producción del cultivo de chile poblano en el sistema de producción tradicional a cielo abierto y bajo condiciones de invernadero e hidroponía.

Los resultados sobre la identificación de las características del sistema de producción tradicional de chile poblano en la región del Alto Atoyac, indican que en la actualidad el cultivo de chile poblano se produce en pequeñas superficies y que han ido disminuyendo año tras año a causa de factores ambientales (heladas y granizadas) y problemas fitosanitarios (enfermedades del suelo), que han ocasionado daños importantes que reducen la producción, los rendimientos y los ingresos de los productores. Ante esta problemática identificada en el sistema de producción tradicional, se recomienda diseñar e implementar estrategias de producción que permitan generar un desarrollo agrícola para los productores de chile poblano en la región.

Para ello, se parte del conocimiento adquirido en esta investigación para llevar a cabo un análisis de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas que presentan los sistemas de producción de chile poblano y definir una serie de acciones a emprender con la participación de los productores, técnicos e instituciones financieras y de servicio e investigación al campo.

2.1. Análisis FODA del sistema de producción tradicional de chile poblano en la región del Alto Atoyac en Puebla.

Fortalezas

1. Experiencia de los productores en el cultivo de chile poblano.
2. Los productores muestran interés en superar una problemática actual.

3. Aceptación de nuevas tecnologías para mejorar la producción de chile poblano.
4. Cuentan con tierra, agua y mano de obra.
5. Hay un mercado seguro para la venta del fruto ya sea en verde o seco.
6. Predomina la demanda de chile poblano criollo (mulato).

Oportunidades

1. Organización de productores en torno al cultivo de chile poblano.
2. Acceder a programas de capacitación y asistencia técnica.
3. Resolver el problema de enfermedades y plagas en el cultivo.
4. Tener acceso a otros mercados nacionales.
5. Tener acceso a financiamiento y seguro agrícola.
6. Mejorar el sistema de producción.
7. Generar ofertas de trabajo regional, bien retribuido.

Debilidades

1. Los productores no manejan el sistema de producción en invernadero.
2. Obtención de bajos rendimientos en el cultivo a cielo abierto.
3. Falta de organización de los productores.
4. Carencia de servicios de capacitación y asistencia técnica.
5. La producción del fruto en verde se concentra en pocos meses.
6. Manejo deficiente de plagas, enfermedades y nutrición del cultivo.

Amenazas

1. Que la reducción en la superficie plantada y en el rendimiento continúe.
2. Que la rentabilidad en la siembra del cultivo de chile poblano sea negativa.
3. Que se pierda la semilla de chile poblano criollo.
4. Que los productores no tengan capital para la siembra de chile poblano.
5. Que el mercado acepte el consumo de chile poblano importado.
6. Que los agricultores de la región cambien de cultivo.

2.2. Estrategias y líneas de acción

1. Fomentar la organización de productores de chile poblano, hasta conformar figuras legales y que puedan acceder a diversos apoyos para la producción.
2. Fomentar la capacitación y asistencia técnica entre los productores, para que puedan implementar sistemas de producción integrales adaptados a los factores con los que disponen para asegurar la conservación y sustentabilidad de los materiales criollos de la región.
3. Identificar a los actores sociales líderes que estén comprometidos con la actividad agrícola y el desarrollo de la región, de tal manera que puedan implementar el sistema de producción bajo invernadero e hidroponía y mejorar la productividad del cultivo.
4. Realizar prácticas de conservación de los materiales nativos de la región de acuerdo a sus usos potenciales.
5. Documentar el proceso de producción y las prácticas de manejo del sistema de producción tradicional y en invernadero para transferir esos conocimientos a las nuevas generaciones.
6. Implementar nuevas tecnologías de producción que permitan aumentar los rendimientos del cultivo de acuerdo a las necesidades de los productores y a la disponibilidad de recursos.
7. Buscar nuevas alternativas de transformación para dar valor agregado al chile poblano y garantizar el acceso a mercados seguros para fortalecer las fuentes de ingresos.
8. Gestión de apoyos gubernamentales y proyectos productivos económica, cultural, social y ambientalmente viables en la región para promover el desarrollo agrícola y la calidad de vida de los productores.

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario sobre el cultivo de Chile Poblano en la región del Alto Atoyac

Nombre: _____

Localidad: _____ Municipio: _____ Fecha: _____

Características del productor de Chile Poblano

1. Sexo a) Masculino b) Femenino
2. Edad cumplida ()
3. ¿Cuál es su nivel máximo de escolaridad?
 - Primaria completa o incompleta (1,2,3,4,5,6)
 - Secundaria completa o incompleta (1,2,3)
 - Preparatoria o Carrera Técnica (1,2,3,)
 - Profesional (1,2,3,4,5,6)
 - Otro (1,2,3)
4. ¿Cuál es su actividad principal y que actividad complementaria realiza?
 - Producción agrícola
 - Producción pecuaria
 - Producción forestal
 - Ama de casa
 - Jornalero
 - Comerciante
 - Oficios (carpintero, artesano, albañil, herrero, zapateros, otros)
5. Tenencia de la tierra: a) Ejidal b) Pequeña propiedad c) Ambas d) Otra
6. Número de predios: _____
7. Superficie de siembra: _____
8. Superficie destinada a la producción de chile poblano al año: _____
9. Años de experiencia en el cultivo: _____

Producción de plántula

10. Procedencia de la plántula: a) Establecimiento de almácigo b) Compra
- 10.1. Si establece almácigo, indique tipo de la semilla: a) Propia b) Comprada
- 10.2. Indique el origen de semilla utilizada: a) Criolla b) Híbrido
- 10.3. Nombre de la variedad: _____
- 10.4. En el caso de que usted establezca su almácigo, indique cual es el procedimiento: _____

10.5. Costo de la plántula: por m² en el caso de almácigo o por charola de 200 cavidades:

10.6. Cuantos días tarda la planta desde que germina hasta que es trasplantada en campo:

10.7. Densidad de población por ha: a) Distancia entre surcos: _____

b) Distancia entre matas o plantas: _____

c) Plantas por mata: _____

11. Indique el costo de producción de las siguientes actividades:

Actividad	Método	Cantidad	Costo
Renta del terreno			
Preparación del terreno			
Limpia			
Barbecho			
Rastreo			
Cruza			
Surcado			
Siembra			
Semilla			
Charolas			
Otros			
Trasplante			
Riego			
Trasplante			
Labores del cultivo			
Aporque			
Riego			
Fertilización			

Deshierbe			
Para detectar plagas y enfermedades			
Control de plagas			
Control de enfermedades			
Podas			
Otras labores			
Cosecha			
Corte			
Acarreo			
Selección			
Transporte			
Secado			

Manejo del cultivo

12. ¿Cuál es el periodo de siembra de chile poblano en la región? _____

13. ¿En qué fecha realizó el trasplante? _____

Cuánto dura el ciclo del cultivo desde trasplante hasta muerte de la planta: _____

14. ¿Qué actividades realizó después del trasplante? _____

15. ¿Cuáles son los principales problemas que se presentan en la producción de chile poblano y en qué etapa o fecha se presentan?

16. ¿Cómo combate esos problemas, cuenta con asesoría técnica? a) Sí b) No

16.1. De ser positivo ¿cuánto le paga al técnico por sus servicios? _____

16.2. ¿Es un técnico de una dependencia gubernamental o privado? _____

16.3. Recibe apoyo económico de algún programa gubernamental y destina esos recursos a la producción de chile poblano: a) Sí b) No

Cosecha y comercialización

17. A partir de qué fecha realiza la cosecha: _____

18. Número de cortes y en que lapso de tiempo: _____

19. Cuantos frutos por planta: _____

20. ¿Qué rendimiento obtiene del cultivo de chile poblano? _____

21. ¿La cosecha la realiza para venta en fresco o en seco? _____

22. En caso de que venda los frutos en fresco, ¿cómo los vende?: _____

a) Por tamaño _____ b) A granel _____ c) Otro _____

22.1. ¿Cuál es el precio por kilogramo? _____

23. ¿Realiza clasificación de los frutos? a) Si b) No

24. ¿Cómo los clasifica? _____

25. En caso de que venda los frutos en seco ¿Cómo realiza el proceso de secado?

26. ¿Cuál es el precio por unidad, por ciento o por kilogramo? _____

27. ¿Cuál es el destino de su cosecha, en donde vende el producto?

a) Mercado local b) Mercado regional b) Central de abastos c) Casa

28. ¿A quien vende el producto? _____

29. Realiza algún tipo de manejo poscosecha del fruto, indique cuál: _____

30. ¿Cuáles son los principales problemas que se presentan en la comercialización del fruto? Y

¿Por qué se presentan esos problemas? _____

Comentarios: _____

Anexo 2. Comparación de medias de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de bifurcaciones, número de flores y número de frutos de chile poblano var. San Luis cultivada en tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.

Solución de Steiner	Días después del trasplante					
	0	35	63	91	119	154
----- Altura de planta (cm) -----						
50 %	21.58 a	80.08 a	111.38 a	119.52 a	130.92 a	157.82 a
75 %	21.69 a	83.06 a	105.28 a	112.82 a	119.60 a	134.76 b
100 %	21.30 a	80.12 a	107.58 a	117.59 a	126.71 a	150.68 a
HSD	1.86	4.88	7.68	9.81	15.17	15.89
CV	8.62	6.00	7.09	8.39	12.05	10.73
----- Diámetro del tallo (mm) -----						
50 %	3.11 a	8.21 a	11.19 a	12.96 a	13.55 ab	14.81 a
75 %	3.05 a	8.30 a	11.21 a	12.62 a	13.44 b	14.66 a
100 %	3.20 a	8.24 a	11.70 a	13.11 a	14.15 a	15.01 a
HSD	0.21	0.23	0.55	0.65	0.64	0.65
CV	6.65	2.81	4.81	4.99	4.63	4.37
----- Número de hojas -----						
50 %	3.75 a	30.42 a	78.67 a	105.83 ab	-	-
75 %	3.75 a	29.50 a	80.00 a	102.58 b	-	-
100 %	4.00 a	28.17 a	81.00 a	110.17 a	-	-
HSD	0.37	4.12	8.02	6.62	-	-
CV	9.63	14.00	10.02	6.22	-	-
----- Número de bifurcaciones -----						
50 %	-	9.17 a	21.08 a	29.08 a	31.58 a	42.00 a
75 %	-	9.58 a	19.75 a	27.50 a	31.33 a	40.50 a
100 %	-	9.33 a	20.17 a	27.75 a	33.50 a	41.17 a
HSD	-	0.97	1.66	1.67	5.86	5.42
CV	-	10.40	8.16	5.95	18.21	13.13
----- Número de flores -----						
50 %	-	3.58 a	6.08 a	1.75 a	2.92 a	1.25 a
75 %	-	3.17 a	3.58 b	2.25 a	1.17 a	2.83 a
100 %	-	3.33 a	4.75 ab	2.50 a	1.42 a	3.33 a
HSD	-	1.12	1.93	1.32	2.39	2.64
CV	-	33.26	40.02	60.92	130.02	106.46
----- Número de frutos -----						
50 %	-	1.00 a	9.00 a	7.75 a	3.25 a	4.67 a
75 %	-	1.00 a	9.25 a	7.83 a	3.50 a	3.08 a
100 %	-	1.00 a	7.67 a	6.75 a	2.17 a	3.75 a
HSD	-	1.19	2.72	2.00	2.17	2.84
CV	-	99.65	31.41	26.88	72.90	74.04

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); HSD: Diferencia honesta significativa.

Anexo 3. Comparación de medias de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de bifurcaciones, número de flores y número de frutos de chile poblano var. Tlacotepec cultivada en tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.

Solución de Steiner	Días después del trasplante					
	0	35	63	91	119	154
-----Altura de planta (cm)-----						
50 %	28.58 a	97.88 a	120.86 a	133.52 a	143.18 a	159.50 a
75 %	28.10 a	97.48 a	122.06 a	135.76 a	143.74 a	169.52 a
100 %	29.01 a	94.22 a	116.13 a	129.76 a	141.02 a	157.55 a
HSD	1.41	6.83	11.45	17.04	18.94	18.12
CV	4.94	7.06	9.55	12.79	13.25	11.15
-----Diámetro del tallo (mm)-----						
50 %	3.09 ab	6.54 a	8.29 a	9.43 a	10.00 a	10.76 b
75 %	2.98 b	6.71 a	8.60 a	9.78 a	10.44 a	11.43 a
100 %	3.14 a	6.65 a	8.40 a	9.60 a	10.24 a	11.02 ab
HSD	0.14	0.37	0.39	0.56	0.60	0.59
CV	4.43	5.62	4.60	5.87	5.84	5.32
-----Número de hojas-----						
50 %	4.17 a	31.42 a	93.67 a	121.92 a	-	-
75 %	3.92 a	28.17 a	92.00 a	125.75 a	-	-
100 %	4.25 a	28.50 a	86.00 a	128.25 a	-	-
HSD	0.52	4.26	8.15	10.74	-	-
CV	12.58	14.47	8.98	8.56	-	-
-----Número de bifurcaciones-----						
50 %	-	10.83 a	22.25 ab	29.42 a	34.33 a	40.92 a
75 %	-	9.83 a	23.00 a	31.42 a	36.17 a	46.75 a
100 %	-	10.00 a	20.33 b	29.83 a	34.58 a	44.58 a
HSD	-	1.43	2.20	2.75	8.67	8.46
CV	-	13.97	10.04	9.10	24.72	19.16
-----Número de flores-----						
50 %	-	5.58 a	5.17 a	3.33 a	1.25 a	3.00 a
75 %	-	4.00 b	6.58 a	2.08 a	2.25 a	4.25 a
100 %	-	5.00 ab	5.42 a	3.08 a	2.08 a	2.08 a
HSD	-	1.41	2.62	1.77	2.51	3.38
CV	-	28.85	45.68	62.20	134.71	108.38
-----Número de frutos-----						
50 %	-	3.17 a	10.25 a	10.08 a	5.08 a	4.08 a
75 %	-	3.00 a	9.58 a	8.75 ab	4.17 a	4.08 a
100 %	-	2.83 a	9.67 a	7.33 b	4.75 a	5.25 a
HSD	-	1.30	2.53	2.73	2.76	3.65
CV	-	43.16	25.64	31.29	59.08	81.47

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); HSD: Diferencia honesta significativa.

Anexo 4. Comparación de medias de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de bifurcaciones, número de flores y número de frutos de chile poblano var. Tlalancaleca cultivada en tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.

Solución de Steiner	Días después del trasplante					
	0	35	63	91	119	154
-----Altura de planta (cm)-----						
50 %	27.99 a	97.00 a	122.26 b	131.71 b	143.76 b	164.75 b
75 %	30.10 a	104.18 a	136.71 a	151.04 a	164.69 a	192.64 a
100 %	29.89 a	100.93 a	134.28 ab	153.48 a	163.45 a	185.36 a
HSD	2.24	9.33	13.07	13.91	16.53	14.69
CV	7.62	9.25	9.95	9.55	10.49	8.10
-----Diámetro del tallo (mm)-----						
50 %	3.05 b	6.74 ab	8.50 b	9.81 a	10.47 a	11.19 a
75 %	3.25 a	6.99 a	8.90 a	9.99 a	10.67 a	11.46 a
100 %	3.08 ab	6.55 b	8.50 b	9.70 a	10.24 a	10.97 a
HSD	0.17	0.37	0.35	0.44	0.50	0.51
CV	5.45	5.48	4.07	4.45	4.80	4.50
-----Número de hojas-----						
50 %	4.00 a	31.92 ab	89.50 a	119.42 b	-	-
75 %	4.17 a	33.42 a	94.17 a	126.33 ab	-	-
100 %	4.25 a	28.92 b	90.67 a	128.25 a	-	-
HSD	0.78	4.47	9.37	7.06	-	-
CV	18.77	14.20	10.23	5.65	-	-
-----Número de bifurcaciones-----						
50 %	-	10.67 a	23.83 a	30.92 a	37.25 a	46.50 a
75 %	-	10.33 a	24.08 a	32.58 a	39.83 a	49.25 a
100 %	-	9.58 a	23.33 a	31.33 a	37.42 a	45.17 a
HSD	-	1.64	2.59	3.39	5.77	5.49
CV	-	16.04	10.90	10.71	15.09	11.68
-----Número de flores-----						
50 %	-	4.17 a	6.33 a	2.33 a	1.33 a	3.33 a
75 %	-	3.17 a	7.08 a	3.58 a	2.92 a	2.50 a
100 %	-	2.92 a	5.75 a	3.33 a	1.58 a	2.42 a
HSD	-	1.91	2.51	1.99	2.54	3.36
CV	-	55.87	39.28	64.43	130.50	121.86
-----Número de frutos-----						
50 %	-	3.00 a	8.75 a	8.25 a	4.08 a	4.25 a
75 %	-	2.17 a	9.42 a	9.25 a	7.00 a	7.25 a
100 %	-	2.50 a	8.83 a	8.42 a	6.17 a	7.00 a
HSD	-	1.31	2.33	3.11	3.51	3.49
CV	-	51.28	25.87	35.90	60.89	56.49

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); HSD: Diferencia honesta significativa.

Anexo 5. Comparación de medias de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de bifurcaciones, número de flores y número de frutos de tres variedades de chile poblano.

Variedad	Días después del trasplante					
	0	35	63	91	119	154
----- Altura de planta (cm) -----						
San Luis	21.53 b	81.09 c	108.08 c	116.64 c	125.74 c	147.75 c
Tlacotepec	28.56 a	96.53 b	119.68 b	133.01 b	142.64 b	162.19 b
Tlalancaleca	29.33 a	100.70 a	131.08 a	145.41 a	157.30 a	180.92 a
HSD	1.07	4.11	6.42	8.29	9.86	10.31
CV	7.21	7.91	9.57	11.24	12.40	11.24
----- Diámetro del tallo (mm) -----						
San Luis	3.12 a	8.25 a	11.36 a	12.90 a	13.71 a	14.83 a
Tlacotepec	3.07 a	6.63 b	8.43 b	9.60 b	10.22 b	11.07 b
Tlalancaleca	3.13 a	6.76 b	8.63 b	9.83 b	10.46 b	11.21 b
HSD	0.10	0.19	0.26	0.32	0.34	0.34
CV	5.93	4.74	4.92	5.22	5.33	4.90
----- Número de hojas -----						
San Luis	3.83 a	29.36 a	79.89 b	106.19 b	-	-
Tlacotepec	4.11 a	29.36 a	90.56 a	125.31 a	-	-
Tlalancaleca	4.14 a	31.42 a	91.44 a	124.67 a	-	-
HSD	0.32	2.47	4.81	4.89	-	-
CV	14.31	14.68	9.84	7.35	-	-
----- Número de bifurcaciones -----						
San Luis	-	9.36 b	20.33 c	28.11 b	32.14 b	41.22 b
Tlacotepec	-	10.22 a	21.86 b	30.22 a	35.03 ab	44.08 ab
Tlalancaleca	-	10.19 a	23.75 a	31.61 a	38.17 a	46.97 a
HSD	-	0.78	1.26	1.53	3.79	3.73
CV	-	13.98	10.23	9.10	19.27	15.08
----- Número de flores -----						
San Luis	-	3.36 b	4.81 b	2.17 a	1.83 a	2.47 a
Tlacotepec	-	4.86 a	5.72 ab	2.83 a	1.86 a	3.11 a
Tlalancaleca	-	3.42 b	6.39 a	3.08 a	1.94 a	2.75 a
HSD	-	0.87	1.36	0.97	1.40	1.76
CV	-	40.04	43.00	64.26	132.69	113.15
----- Número de frutos -----						
San Luis	-	1.19 b	8.64 a	7.44 a	2.97 b	3.83 b
Tlacotepec	-	3.00 a	9.83 a	8.72 a	4.67 a	4.47 ab
Tlalancaleca	-	2.56 a	9.00 a	8.64 a	5.75 a	6.17 a
HSD	-	0.70	1.40	1.50	1.62	1.89
CV	-	55.63	27.28	32.46	64.93	69.99

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); HSD: Diferencia honesta significativa.

Anexo 6. Caracterización de frutos de chile poblano var. San Luis cultivada con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.

Categoría	Solución de Steiner			HSD
	50 %	75 %	100 %	
-----Peso (g)-----				
Chico (80- 110)	9.42 ab	10.83 a	7.00 b	3.24
Mediano (110 – 129.9)	1.17 a	0.50 a	1.08 a	1.04
Grande (130 – 150)	0.17 a	0.33 a	0.42 a	0.53
Extra grande (> 150)	0.08 a	0.08 a	0.00 a	0.24
-----Longitud (cm)-----				
Chico (< 10)	2.17 a	2.58 a	0.75 a	1.88
Mediano (10 – 11.9)	2.83 b	5.00 a	1.83 b	1.84
Grande (12 – 14)	3.75 a	3.33 a	4.42 a	1.65
Extra grande (> 14)	2.08 a	0.83 b	1.50 ab	1.20
-----Ancho (cm)-----				
Chico (< 6.0)	4.92 a	5.75 a	1.92 b	2.67
Mediano (6.0 – 6.9)	3.42 a	3.83 a	3.08 a	1.57
Grande (7.0 – 8.0)	2.00 a	1.92 a	3.08 a	1.35
Extra grande (> 8.0)	0.50 a	0.25 a	0.42 a	0.56

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); HSD: Diferencia honesta significativa.

Anexo 7. Caracterización de frutos de chile poblano var. Tlacotepec cultivada con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.

Categoría	Solución de Steiner			HSD
	50 %	75 %	100 %	
-----Peso (g)-----				
Chico (80- 110)	13.25 a	10.33 a	11.08 a	2.92
-----Longitud (cm)-----				
Chico (< 10)	3.00 a	1.67 a	1.92 a	1.48
Mediano (10 – 11.9)	5.33 a	3.58 a	4.00 a	2.28
Grande (12 – 14)	4.42 a	3.08 a	4.58 a	2.65
Extra grande (> 14)	0.50 b	2.00 a	0.58 b	1.39
-----Ancho (cm)-----				
Chico (< 6.0)	13.08 a	9.67 b	10.08 ab	3.09
Mediano (6.0 – 6.9)	0.17 a	0.58 a	1.00 a	0.93
Grande (7.0 – 8.0)	0.00 a	0.08 a	0.00 a	0.17

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); HSD: Diferencia honesta significativa.

Anexo 8. Caracterización de frutos de chile poblano var. Tlalancaleca cultivada con tres concentraciones de la solución nutritiva Steiner.

Categoría	Tratamiento			HSD
	50 %	75 %	100 %	
----- Peso (g) -----				
Chico (80- 110)	10.67 a	13.42 a	12.58 a	3.24
----- Longitud (cm) -----				
Chico (< 10)	2.25 a	2.58 a	3.08 a	1.71
Mediano (10 – 11.9)	4.50 a	4.75 a	4.42 a	2.63
Grande (12 – 14)	3.25 a	4.08 a	3.83 a	2.31
Extra grande (> 14)	0.67 a	2.00 a	1.25 a	1.63
----- Ancho (cm) -----				
Chico (< 6.0)	8.33 a	11.83 a	10.83 a	3.89
Mediano (6.0 – 6.9)	1.67 a	1.17 a	1.67 a	1.51
Grande (7.0 – 8.0)	0.67 a	0.42 a	0.08 a	0.79

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); HSD: Diferencia honesta significativa.