



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS PUEBLA**

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

### **EVALUACIÓN DE DOS COMPONENTES DE CALIDAD DEL CHILE POBLANO CRIOLLO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN EL ALTO ATOYAC, PUEBLA**

**LUIS JOAQUÍN PÉREZ CARRASCO**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS**

PUEBLA, PUEBLA

2016



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

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

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN

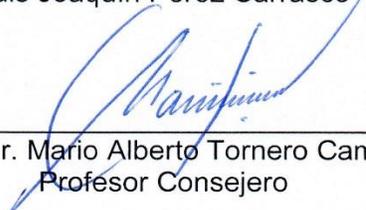
CAMPUE- 43-2-03

## 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, el que suscribe **Luis Joaquín Pérez Carrasco**, alumno 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 **EVALUACIÓN DE DOS COMPONENTES DE CALIDAD DEL CHILE POBLANO CRIOLLO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN EL ALTO ATOYAC, PUEBLA**, 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 y el 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, México 6 de Dic. 2016

  
\_\_\_\_\_  
Luis Joaquín Pérez Carrasco

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

La presente tesis, titulada: **Evaluación de dos componentes de calidad del chile poblano criollo en dos sistemas de producción en el Alto Atoyac, Puebla**, realizada por el alumno **Luis Joaquín Pérez Carrasco**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



---

DR. MARIO ALBERTO TORNERO CAMPANTE

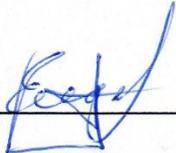
ASESOR:



---

DR. JOSÉ SERGIO ESCOBEDO GARRIDO

ASESOR:



---

DR. ENGELBERTO SANDOVAL CASTRO

Puebla, Puebla, México, 6 de Dic. de 2016

# EVALUACIÓN DE DOS COMPONENTES DE CALIDAD DEL CHILE POBLANO CRIOLLO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN EL ALTO ATOYAC, PUEBLA

Luis Joaquín Pérez Carrasco, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

En el estado de Puebla existe una gran diversidad de chile, entre los cuales destaca el chile poblano (*Capsicum annuum* L.) o mulato, de los chiles tipo ancho. Este chile se produce de manera tradicional en la región del “Alto Atoyac” en Puebla, en municipios como San Matías Tlalancaleca, San Felipe Teotlalcingo, San Lorenzo Chiautzingo y en la comunidad de San Lucas Tulcingo del municipio de Tochimilco, entre otras. La presencia de plagas y enfermedades, el desconocimiento de prácticas en el cultivo, los efectos del cambio climático y los altos costos de producción, han provocado una disminución en la superficie sembrada de chile poblano criollo en la región. Actualmente comienza a producirse en invernadero como alternativa de protección al cultivo y extensión del periodo de cosecha, contribuyendo a asegurar la producción y a la conservación de materiales criollos de chile poblano de la región. La sub-línea de investigación de agricultura protegida del Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla, ha probado y obtenido frutos de chile poblano de calidad en invernadero, no obstante, en los frutos se presenta aumento en el grosor de su cutícula y variación en el picor o pungencia, con respecto a los frutos producidos de forma tradicional en suelo, a cielo abierto. El estudio tiene como objetivo identificar el chile poblano que se cultiva en suelo en la región del Alto Atoyac, así como su problemática de cultivo y comparar el picor y el grosor cuticular de los frutos obtenidos en ambos sistemas de producción, para contribuir a la formulación de una estrategia que permita su cultivo comercial en la región.

Palabras Clave: Agricultura protegida, *Capsicum annuum* L., grosor cuticular, pungencia.

# EVALUATION OF TWO COMPONENTS OF QUALITY OF CREOLE POBLANO CHILI PEPPER IN TWO PRODUCTION SYSTEMS IN THE ALTO ATOYAC, PUEBLA

Luis Joaquín Pérez Carrasco, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

In the state of Puebla there is a great diversity of chili, among which the poblano pepper (*Capsicum annuum* L.) or mulatto, wide type (ancho) chili. This pepper is traditionally produced in the region of "Alto Atoyac" in Puebla, in towns like San Matías Tlalancaleca, San Felipe Teotlalcingo, San Lorenzo Chiantzingo and in the community of San Lucas Tulcingo in the municipality of Tochimilco, among others. The presence of pests and diseases, ignorance of farming practices, the effects of climate change and high production costs, have led to a decrease in the area planted with poblano creole chili pepper in the region. Now it is begin produced in greenhouses as an alternative crop protection and extending the harvest period, helping to ensure the production and conservation of native materials poblano chili pepper in the region. The sub-line research of protected agriculture of the Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, has tested and obtained fruits of poblano chili pepper quality in greenhouse, however, the fruits increase in the thickness of the cuticle and variation in itching or pungency, according to the fruits traditionally produced in soil, in the opencast. The study aims to identify the poblano creole chili pepper grown in soil in the region of Alto Atoyac, as well as its problems growing and compare itching and cuticular thickness of the fruits obtained in both production systems to contribute to the formulation of a strategy for commercial cultivation in the region.

Key words: *Capsicum annuum* L., cuticular thickness, protected agriculture, pungency.

## DEDICATORIA

**A mis padres**, por su apoyo y motivación, su ejemplo entusiasta en la vida y su manera optimista de afrontar las adversidades, por ser mí más grande cimiento.

**A mis abuelos**, por apoyarme incondicionalmente y creer en mí.

**A mi hermana** por su cariño y amistad.

**A la vida**, que siempre me concede lo oportuno y que en esta ocasión, me enseñó el valor de lo intangible, de lo que vuela sin tener alas y corre sin tener pies.

## **AGRADECIMIENTOS**

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**, por proveer del recurso necesario para mi formación.

**Al Doctor Mario Alberto Tornero Campante**, por sus enseñanzas.

**Al Doctor Engelberto Sandoval Castro**, por su colaboración.

**Al Doctor José Sergio Escobedo Garrido**, por su apoyo en mi proceso de formación, sus enseñanzas y su amistad.

**Al Doctor Nicolás Pérez Ramírez**, por el apoyo brindado en la elaboración del mapa de ubicación del estudio.

**Al Maestro Álvaro Ernesto Ruiz Barbosa**, por el apoyo brindado en la elaboración del mapa del estudio.

**Al personal de servicios académicos**, mis queridos amigos Alma, Javier, Roberto, Kari y Katia.

**A todos mis compañeros** del programa EDAR.

## ÍNDICE

Resumen .....	iv
Abstract .....	v
Índice de cuadros .....	xi
Índice de figuras .....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problema de investigación .....	2
1.2 Preguntas de investigación .....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Hipótesis .....	4
1.4.1 Hipótesis general.....	4
1.4.2 Hipótesis específicas.....	4
1.5 Objetivos .....	5
1.5.1 Objetivo general .....	5
1.5.2 Objetivos específicos .....	5
<b>II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....</b>	<b>6</b>
2.1 <i>Capsicum annuum</i> L. ....	6
2.2 Requerimientos ambientales.....	7
2.3 Sistemas de producción .....	8
2.3.1 Agricultura tradicional.....	9
2.3.2 Agricultura protegida .....	10
2.4 Sanidad del cultivo .....	13
2.4.1 Plagas .....	13
2.4.2 Enfermedades.....	14
2.5 El comercio del chile poblano.....	16
2.6 Situación actual del chile poblano criollo en el “Alto Atoyac” .....	16

2.7	Dos componentes de calidad del chile poblano criollo .....	17
2.7.1	Determinación del picor.....	17
2.7.2	Determinación del grosor cuticular .....	18
<b>III.</b>	<b>MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>19</b>
3.1	El Alto Atoyac.....	19
3.2	El cultivo de chile poblano criollo del “Alto Atoyac” .....	21
<b>IV.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
4.1	Tipo de muestreo en las comunidades seleccionadas del “Alto Atoyac” .....	24
4.2	Sistemas de producción en la región de estudio .....	24
4.2.1	Agricultura tradicional.....	24
4.2.2	Agricultura en invernadero .....	25
4.3	Identificación de la superficie de siembra.....	25
4.4	Identificación de la problemática del cultivo .....	25
4.5	Perseverancia en la producción de chile poblano .....	25
4.6	Establecimiento del chile poblano criollo.....	26
4.6.1	Preparación del terreno.....	26
4.6.2	Establecimiento del almacigo .....	26
4.6.3	Trasplante .....	27
4.6.4	Manejo del cultivo en suelo .....	28
4.6.5	Manejo del cultivo en invernadero.....	28
4.7	Procedimiento de muestreo de frutos.....	29
4.7.1	Congelación y liofilización de muestras.....	29
4.7.2	Obtención de la muestra HPLC.....	30
4.7.3	Determinación de pungencia.....	32
4.7.3.1.	Análisis de capsaicina .....	33
4.7.4	Obtención de la muestra ESEM .....	33

4.7.5	Determinación de grosor cuticular.....	33
4.7.5.1.	Análisis de grosor cuticular.....	34
4.7.6	Manejo de la información obtenida.....	34
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
5.1	Sistema de producción.....	35
5.2	Superficie de cultivo del chile poblano criollo .....	36
5.3	Problemática del cultivo .....	37
5.3.1	Enfermedades del chile poblano criollo en la región .....	39
5.3.2	El desconocimiento de solución a las enfermedades del chile poblano criollo	40
5.4	Perseverancia en la siembra de chile poblano criollo.....	41
5.5	La demanda gastronómica del chile poblano .....	42
5.5.1	Dos componentes de calidad del chile poblano .....	42
5.5.2	Dimensiones de los frutos de chile poblano criollo de la región .....	44
5.5.3	La pungencia del chile poblano criollo.....	45
5.5.4	El grosor cuticular del chile poblano criollo .....	47
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>VII.</b>	<b>ESTRATEGIA. ....</b>	<b>52</b>
<b>VIII.</b>	<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>54</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cualidades del chile poblano criollo valoradas por el productor. ....	43
Cuadro 2. Datos de tamaño, peso, picor y grosor cuticular del pericarpio. ....	44
Cuadro 3. Prueba ANOVA y cálculo de F de Fisher para nivel de picor o pungencia. ..	47
Cuadro 4. Prueba ANOVA y cálculo de F de Fisher para nivel de grosor cuticular. ....	49
Cuadro 5. Prueba Tukey de comparación de medias para nivel de grosor de la cutícula entre ambientes. ....	50
Cuadro 6. Estrategia para la obtención de chile poblano criollo de calidad en invernadero. ....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la región de estudio. ....	20
Figura 2. Peso de frutos de chile poblano criollo antes y después de conservarlos por liofilización. ....	30
Figura 3. Sistema de cultivo milpa intercalada entre árboles frutales (MIAF). ....	35
Figura 4. Productores (%) y superficie de siembra (m <sup>2</sup> ) de chile poblano criollo. ....	37
Figura 5. Problemática del cultivo de chile poblano criollo en la región de estudio. ....	38
Figura 6. Afectación por enfermedades del cultivo consideradas por el productor de chile. ....	40
Figura 7. Tamaño de frutos de chile poblano criollo, de ápice a cajete, de San Matías Tlalancaleca (SMT) y San Felipe Teotlalcingo (SFT) cultivados en cielo abierto (CA) e invernadero (INV). ....	45
Figura 8. Pungencia en Unidades Scoville de Picor, de los frutos de chile poblano criollo de San Matías Tlalancaleca (SMT) y San Felipe Teotlalcingo (SFT) cultivados en cielo abierto (CA) e invernadero (INV). ....	46
Figura 9. Grosor de la cutícula de chiles poblanos criollos de San Matías Tlalancaleca (SMT) y San Felipe Teotlalcingo (SFT) cultivados en cielo abierto (CA). ....	48
Figura 10. Grosor de la cutícula de chiles poblanos criollos de San Matías Tlalancaleca (SMT) y San Felipe Teotlalcingo (SFT) cultivados en invernadero (INV). ....	48

## I. INTRODUCCIÓN

En la gastronomía del mundo el chile es utilizado como condimento, saborizante y o especia (Marín *et al.*, 2016). Su amplia aceptación y demanda se debe principalmente a las características asociadas a sus estados de maduración (Cerón *et al.*, 2014), como el picor y la facilidad de remoción cuticular para la elaboración de los alimentos. Por la extensión del cultivo y el valor económico que representa, el *Capsicum annuum* es la especie cultivada de chile más importante del mundo (Marín *et al.*, 2016).

El chile es un cultivo originario de Mesoamérica, México es el principal centro de domesticación de *Capsicum annuum* y de la diversidad genética de chiles, según vestigios arqueológicos del valle de Tehuacán, Puebla; esta diversidad actualmente es cultivada por su valor cultural, importancia regional y como fuente de ingreso. La riqueza genética del chile en México está distribuida en todo el país, desde el nivel del mar, hasta los 2500 msnm, predominando su cultivo en los estados de Chihuahua, Sinaloa, Zacatecas, San Luis Potosí, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Tabasco, Veracruz, Campeche y Yucatán.

El cultivo de chile en México presenta una gran importancia sociocultural, económica y gastronómica, ha servido para otorgar los sabores de la comida, formando parte de la condimentación de los platillos de la dieta básica mexicana o como materia prima, para la elaboración de los mismos, otorgando el sabor y sazón a la comida, como en la comida yucateca el chile habanero, los chiles chilhuacles o chilcoxtles en los moles oaxaqueños y el chile poblano en la elaboración de los chiles en nogada y las rajas poblanas (López-López y Pérez-Castañeda, 2015), algunos como el chile mulato o poblano seco, son apreciados en el comercio local y regional, pues representan el ingrediente principal de algunos platillos típicos, por ejemplo el tradicional mole poblano, el cual es reconocido en la gastronomía típica y tradicional de Puebla y de todo el país. La principal cualidad de los chiles picosos es su pungencia (Castellón-Martínez *et al.*, 2012) y su fácil preparación en los alimentos, que para su selección regularmente se suelen oprimir con la finalidad de conocer su textura, y la facilidad de desprendimiento o remoción de la cutícula del pericarpio (Castellón-Martínez *et al.*, 2012).

De la gran diversidad de chiles cultivados en México, en el estado de Puebla destaca el cultivo de *Capsicum annuum* L. o chile poblano, producido principalmente en la región del Alto Atoyac en Puebla, en localidades como San Matías Tlalancaleca, San Felipe Teotlalcingo, San Lorenzo Chiantzingo y San Lucas Tulcingo, en donde el 70 a 80% de la producción total de chile poblano se comercializa en verde, para consumo en fresco de temporada, representando la cultura y la fuente de ingresos para las familias de la localidad.

En la actualidad el chile poblano es cultivado a pesar de las afectaciones de plagas y enfermedades, el desconocimiento sobre su manejo, para el control de las mismas, el efecto del cambio climático, y los altos costos que implica la mitigación de sus efectos, lo cual ha propiciado la búsqueda de alternativas para la producción. La sub-línea de investigación en agricultura protegida de Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla, ha incorporado los materiales criollos de las regiones afectadas por la problemática fitosanitaria, al cultivo bajo condiciones protegidas, de forma experimental; puesto que la diversidad genética dispersa entre las variedades criollas cultivadas del chile poblano, constituyen una reserva genética del cultivo en las zonas de producción, obteniendo resultados favorables con el uso de sustratos inertes en ambiente de cultivo controlado, observando el crecimiento y desarrollo del cultivo y de sus frutos. En la experimentación con los materiales criollos en ambiente de cultivo protegido se observó un desarrollo del cultivo en forma de guía tutorada de la planta de chile, presentando frutos con algunas características aparentemente diferentes a las obtenidas en cultivo a cielo abierto.

### **1.1 Problema de investigación**

Actualmente el cultivo de chile poblano en la región de estudio es afectado por hongos patógenos presentes en el suelo que generan la enfermedad denominada marchitez del chile o secadera, ocasionada por *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora capsici*, *Pythium* sp, *Rhizoctonia solani*, y *Sclerotium rolfsii* (Velásquez *et al.*, 2001; Manjunath *et al.*, 2010). Una alternativa ante la problemática, es la siembra del chile en condiciones protegidas. La producción de hortalizas en casas de cultivo, permite establecer una barrera entre el medio ambiente externo y el cultivo, el manejo de la

temperatura dentro del invernadero, la cantidad y calidad de luz, y las plagas y enfermedades del cultivo. Así mismo, el uso de sustratos inertes desinfectados erradica la presencia de hongos patógenos (Marín *et al.*, 2016), posibilitando el cultivo y producción del cultivo durante todo el año. En años recientes, la sub-línea de investigación en agricultura protegida del Colegio de Postgraduados ha presentado resultados del cultivo de chile poblano criollo en condiciones protegidas que muestran, una opción para la producción de chile poblano criollo en la región. En los estudios se erradicó efectivamente la incidencia de secadera, con algunas particularidades en la planta y aparentemente en el fruto cultivado en este sistema. La planta de chile poblano criollo que en campo presenta un porte arbustivo de 40 a 60 cm de alto, en el invernadero presenta un desarrollo en forma de guía indeterminada y frutos aparentemente de características diferentes a las obtenidas en cielo abierto (León *et al.*, 2014), esto ha llevado a la formulación de preguntas respecto a los efectos en el cultivo bajo condiciones protegidas en las características de calidad distintivas del fruto, como su picor o pungencia y el grosor cuticular del fruto. Al respecto existen pocos estudios concretos del grosor cuticular del fruto de chile poblano y la variación de su pungencia, al cultivarlo en condiciones de agricultura protegida.

## **1.2 Preguntas de investigación**

¿Cuál es el tipo de chile poblano cultivado en la región, su problemática principal y la motivación que impulsa a los agricultores para continuar con su cultivo a cielo abierto en las localidades identificadas?

¿La alternativa de producción en condiciones protegidas origina frutos de chile poblano más picosos y de cutícula más gruesa que los producidos a cielo abierto?

## **1.3 Justificación**

El presente estudio tiene como finalidad identificar la motivación de los agricultores para seguir cultivando chile poblano criollo en la región, y determinar si los frutos de chile poblano criollo producidos en condiciones protegidas presentan características de calidad diferentes a los obtenidos a cielo abierto, pues su cultivo bajo condiciones

protegidas representa una alternativa ante la problemática de su cultivo en campo y como parte de las alternativas científico-técnicas planteadas actualmente, sobre la diversificación de los cultivos en invernadero, ante la evidente saturación del mercado por el cultivo de jitomate. La fundamentación del trabajo es en la nostalgia del cultivo ancestral de materiales criollos endémicos de la región y el valor económico-social que representa para las familias. Considerando su importancia como centro de origen y domesticación (Pérez-Castañeda *et al.*, 2015). La investigación aspira ser de importancia a productores que actualmente consideren la utilización de baja a mediana tecnología (Ruttan, 2013), para obtener mejores rendimientos con sus materiales criollos, ante la problemática fitosanitaria actual, y en la toma de decisiones para la conservación de los materiales criollos de Chile, compatible con los recursos disponibles en la región (Sempé *et al.*, 2015). Es de importancia acondicionar la transferencia de la información permitiendo a los productores favorecerse de la agricultura protegida de acuerdo con sus posibilidades económicas en el cultivo de Chile, ahorrando insumos y con beneficios como el manejo del cultivo con base a las temporadas de mejores precios en el mercado (Trujillo y Zamora, 2015).

## **1.4 Hipótesis**

### **1.4.1 Hipótesis general**

El Chile poblano sembrado en suelo en el Alto Atoyac es cultivado por los productores a pesar de la problemática de producción; la alternativa de cultivo en invernadero, modifica su picor y grosor cuticular.

### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- El Chile poblano cultivado en la región es criollo y es afectado principalmente por enfermedades, ante las que prevalece su cultivo.

- El picor del chile poblano criollo cultivado en invernadero presenta valores más altos, con respecto a los obtenidos a cielo abierto.
- La cutícula de los frutos de chile poblano criollo, cultivados en invernadero es más gruesa, con respecto a los frutos obtenidos a cielo abierto.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Identificar en la región del Alto Atoyac el chile poblano que se cultiva en suelo, así como su problemática de cultivo y comparar el picor y el grosor cuticular de los frutos obtenidos en dos sistemas de producción.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Identificar el tipo de semilla de chile poblano cultivado en la región del Alto Atoyac y su problemática de producción.
- Comparar el picor del chile poblano criollo cultivado en dos sistemas de producción.
- Comparar el grosor de la cutícula del chile poblano criollo, cultivado en dos sistemas de producción.

## II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 2.1 *Capsicum annuum* L.

El *Capsicum annuum* L. es una de las hortalizas más importantes cultivadas a nivel mundial, producida tanto en cielo abierto como en agricultura protegida. En México el uso de chile, *C. annuum*, fue de gran importancia en la cocina azteca (Katz, 2009), ya sea como materia prima o condimento, como por ejemplo, el atole, las salsas, los tamales, los esquites y en gran diversidad de platillos tradicionales prehispánicos. Actualmente, continua siendo uno de los ingredientes principales de la gastronomía mexicana, como condimento, platillo principal, encurtido y o, ensalada, siendo también considerado por sus propiedades nutricionales, con altas cantidades de vitaminas "A", "B" y "C" (Cruz, 2013), según el Atlas de ubicación de productos agropecuarios utilizables en la planificación de la FAO. Actualmente el cultivo de *C. annuum* tiene importancia económica como generador de fuentes de trabajo y cultural al ser cultivados algunos materiales criollos, como señala Vargas (2005) en su trabajo Cultura Alimentaria en México. Casi todos los cultivares de *C. annuum*, son originarios de América. (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999), y domesticados para su cultivo en México (Pickersgill, 1989), en las cuevas de Ocampo y en el Valle de Tehuacán, en Puebla (Perry y Flannery, 2007).

La taxonomía del género *Capsicum* es compleja, debido a la variabilidad de formas cultivadas y a la diversidad de criterios utilizados en su clasificación taxonómica. En 1753 Linneo en su obra *Species Plantarum* reconoce únicamente dos especies (*C. annuum* y *C. frutescens*), actualmente se ocupan estos criterios, reconociendo sus límites, encontrando niveles de polinización cruzada entre *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. baccatum*. Es por ello que las hibridaciones espontaneas, o híbridos inter específicos naturales entre estas especies, son difíciles de determinar, pero se presentan (Jarret y Dang, 2004).

El chile en la actualidad, existe en forma silvestre (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*) y domesticada para su cultivo (*Capsicum annuum* var. *annuum* L.). Pertenece al reino *Plantae* y al subreino *Traqueobionta*, en el que son comprendidas las plantas vasculares, la superdivisión es *Spermatophyta* en la que se involucra a las plantas con semillas, pertenece a la división *Magnoliophyta* o plantas con flor y a su vez a la clase *Magnoliopsida* o dicotiledóneas y forma parte de la subclase *Asteridae* en el orden de los Solanales (López y Castro, 2006), es de raíz pivotante con simetría radial y unos pocos tipos de células diferenciadas; sus raíces profundizan de 30 a 60 cm en el suelo, extendiéndose hasta 50 cm de su eje central y representan del 7 al 17% del peso seco total de la planta adulta (Nuez *et al.*, 2003).

La planta de chile en cultivo a cielo abierto, es de porte erguido, su tallo principal se divide en dos, semejantes entre sí, determinando su altura por la distancia de entrenudos. El fruto del chile es una baya hueca que, dependiendo de la posición de su pedúnculo, se desarrolla total o parcialmente erguido o péndulo. La forma del fruto de *Capsicum annuum* L. regularmente es determinada por el número de órganos femeninos de reproducción llamados carpelos.

## **2.2 Requerimientos ambientales**

El cultivo del chile no exige niveles de temperatura específicos para su desarrollo normal, aunque la temperatura influye en la fertilidad (Cisneros *et al.*, 2007) y dimensiones de su fruto, resultando indispensables las bajas temperaturas para la germinación de las semillas. La temperatura drásticamente baja, puede provocar un desarrollo raquítico del cultivo, el desprendimiento de flores y frutos y la necrosis de las hojas (Cisneros *et al.*, 2007). En general el *C. annuum*, requiere mayor temperatura durante el crecimiento y menor en la formación de flores.

Con respecto a la humedad ambiental y del suelo, el chile es muy sensible a los niveles altos (Arancon *et al.*, 2004), lo que permite el ataque de los patógenos, además los niveles bajos de humedad en el ambiente, favorecen el aborto de flores y restringen el desarrollo de frutos.

El *C. annuum*, se desarrolla de manera adecuada con periodos medios de luz o duración media de los días, lo que le permite la generación de flores. Con hojas que alcanzan su máxima actividad fotosintética a 0.4 cal/cm, el *Capsicum annuum* L. presenta baja exigencia lumínica, adaptándose a diversas condiciones de cultivo (Arancon *et al.*, 2004).

### **2.3 Sistemas de producción**

Malassis (1985), señala que un sistema de producción puede ser considerado como el resultado de ecosistemas, de formas de organización socioeconómica y de técnicas practicables, así como los objetivos de la producción, la manera con que los hombres toman sus decisiones y los criterios con que ellos optimizan la racionalidad de sus comportamientos, los cuales dependen fundamentalmente de la estructura de las unidades socioeconómicas de base, componentes de las formaciones económicas y sociales, destacando que los sistemas de producción no son “abstracciones técnicas”, sino realidades socioeconómicas que se forman en el ámbito de las unidades sociales elementales, ellas mismas componentes de las formaciones económicas y sociales complejas.

De Lauwe, citado por Navarro *et al.* (1993), en su trabajo “La gestión de la explotación agrícola” en 1957, señala que un sistema de producción es una combinación de sistemas de cultivo y de sistemas ganaderos simples, conducidos en los límites autorizados por el aparato de producción de una explotación, fuerza de trabajo, destreza, medios mecánicos, químicos, biológicos y tierras disponibles de la unidad de producción considerada”.

La definición de Sebillotte (1989) enfoca el concepto desde una perspectiva agronómica, considerando al sistema de producción como “el conjunto estructurado de la producción de vegetales y animales retenidas para una agricultor (o grupo de agricultores)” en su unidad de producción para realizar sus objetivos, enfocado hacia la producción, caracterizado por algunos medios como la mano de obra o el capital.

En este trabajo los sistemas de producción se consideran como el manejo y administración de la fuerza de trabajo, la tierra y el capital en un ecosistema dinámico, con el fin de producir bienes útiles. Como se menciona anteriormente la definición de sistema de producción, está en función de su uso y el objetivo que se persiga (Brossier, 1987), puesto que el objetivo del trabajo de investigación es la comparación de un cultivo entre ambientes, se consideraron dos grandes sistemas de producción, la agricultura tradicional y la agricultura protegida.

### **2.3.1 Agricultura tradicional**

En la agricultura tradicional resulta importante la extracción de información de la naturaleza, a través de sistemas especiales de cognición y percepción, que transmiten de forma útil y adaptable el conocimiento a cada generación de forma oral y empírica, por medio de la memoria individual y colectiva, validada social y comunitariamente (Altieri, 1991; Pérez, 2006). El cultivo tradicional de Chile conjunta el conocimiento de sistemas ancestrales de uso de la tierra, desarrollados de manera local de forma empírica y de experimentación campesina, por lo que representa la experiencia acumulada de interacción entre el ambiente y los agricultores, en la región (Martínez, 2015).

La agricultura tradicional depende de la temporada de lluvia y de la capacidad del suelo para captar y retener el agua y representa la condición de producción agrícola mayoritaria de México, en donde es caracterizada por tener pequeñas superficies de producción, mano de obra familiar y escasos recursos económicos (Pinedo *et al.*, 2009).

El cultivo de Chile poblano en agricultura de temporal depende de los factores ambientales (Madejón *et al.*, 2011) y en su mayoría sirve como auto abasto, suficiente para la alimentación familiar y de los animales domésticos, en los que frecuentemente se incluyen actividades de las que participan los integrantes de la familia.

El inicio de las lluvias da pauta para la preparación del terreno, con la finalidad de captar la mayor cantidad de agua en el suelo, para la siembra o trasplante de los chiles;

dependiendo del suelo y la zona de producción (Íñiguez-Covarrubias *et al.*, 2014). Actualmente se considera de manera frecuente el establecimiento de varios cultivos intercalados como: maíz, frijol y chile “milpa” y en algunas parcelas la producción de chile, chile poblano, loco y chilaca, intercalados (Luna-Méndez *et al.*, 2013).

### **2.3.2 Agricultura protegida**

La agricultura protegida, surge como alternativa para la producción de alimentos, ante las limitantes climáticas (Von *et al.*, 2000); actualmente México como país, avanza e implementa diversas tecnologías existentes a nivel global, principalmente en la producción de hortalizas y flores (Martínez y Brown *et al.*, 2007). Se consideran tres niveles tecnológicos de implementación, principalmente con baja tecnología, mediana tecnología y alta tecnología, de los que se originan las variaciones en los diseños actuales, algunos diseños importantes de invernaderos son:

- El Modelo Vertitúnel, sencillo, de gran resistencia, adaptable, sin problemas de ventilación y versátil por sus capacidades.
- El Modelo Baticenital, es un invernadero con ventila cenital, con eficiencia en el desalojo de masas de aire caliente con un buen comportamiento en climas templados, cálidos y tropicales.
- El Modelo Batisierra, es un invernadero con buena resistencia y ventilación, en forma de sierra, que permite el desalojo de masas de aire caliente y la renovación del aire por remolinos, versátil en climas templados, cálidos y tropicales; de fácil armado y buena capacidad de carga.
- El Invernadero completamente automatizado, que cuenta con sistema de ventilación implementado en la teoría de hélice, presenta un buen comportamiento en climas templados a cálidos, con buena capacidad de carga. Está provisto de dos ventilas cenitales y ventilación lateral operada automáticamente con moto-reductores, ejes, cremalleras, engranes, relevadores y controladores, permitiendo su operación y manejo y control manual.
- Casa Sombra permite la interacción cercana respecto al ambiente externo, fundamentándose en el uso de mallas, utilizadas como cubierta las cuales varían su

densidad de sombra, a través del espesor y que permiten la implementación de mallas anti-insectos. Puede establecerse en lugares de presiones de viento importantes para reducir la pérdida de humedad del cultivo y el ingreso de insectos en su interior.

Actualmente la agricultura protegida se encuentra disponible y se prevé que incrementará su uso conforme el cambio climático y el aumento de las necesidades alimenticias (Bernala *et al.*, 2010), considerando que gran parte de la población mundial vivirá en zonas urbanas, la producción protegida con mayor rendimiento será de suma importancia.

En la agricultura protegida el sustrato es un material distinto del suelo; natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que permite el anclaje del sistema radicular de la planta, proporcionando su soporte, presenta porosidad, densidad, estructura y granulometría. (Gruda y Schnitzler, 2004) y se clasifica, en base al origen de los materiales, sus propiedades físicas o químicas y su capacidad de degradación.

En la agricultura protegida el suministro de nutrientes al cultivo es realizado por hidroponía. La hidroponía es un método utilizado para la nutrición del cultivo de plantas mediante el uso de soluciones minerales, con nutrientes inorgánicos catalogados como fertilizantes químicos o residuos de plantas y animales denominados abonos orgánicos (Yan *et al.*, 2007). Consiste en abastecer con solución mineral de elementos químicos esenciales para el desarrollo del cultivo (Savvas, 2003).

La nutrición es considerada un proceso fundamental de transformación en materia y energía, sintetizando los componentes a través de la energía solar, a partir de dióxido de carbono, agua y elementos minerales específicos, que resultan necesarios para el desarrollo del cultivo, los cuales son clasificados en macronutrientes y micronutrientes, dependiendo de las cantidades presentes en el tejido de las plantas. Depende de un complejo dinámico de factores físicos, químicos y biológicos, que determinan la cantidad de agua y nutrientes (Derbyshire *et al.*, 2015).

La nutrición en medio hidropónico identifica los nutrientes específicos en la solución mineral y el nivel de pH, debido a la influencia que tiene en la disponibilidad de elementos minerales para el cultivo, procurando rangos intermedios de pH, para el desarrollo normal de las plantas. La cantidad de pH depende del CO<sub>2</sub> en el ambiente, el sitio en que se almacena, el ritmo de absorción nutrimental del cultivo y de la fuente de nitrógeno en la solución (Derbyshire *et al.*, 2015).

La conductividad eléctrica o electro conductividad también es un factor importante representado por la relación mutua entre aniones, la relación mutua entre cationes, la concentración de amonio, la temperatura y la presencia de oxígeno en la solución (Fried, 2012). En la solución mineral, los nutrimentos se encuentran presentes en forma de anión como, los quelatos de hierro y micronutrientes.

La hidroponia puede clasificarse en dos tipos de sistemas: Sistemas hidropónicos cerrados y sistemas hidropónicos abiertos (Martínez *et al.*, 2000). 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. El ajuste de la solución se realiza en función de los resultados del monitoreo permanente y calendarizado (Moreno *et al.*, 2015).

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 factores colaterales de pérdida, como la evaporación y lixiviación, entre otros (Valentín-Miguel *et al.*, 2013).

La hidroponia permite la producción de cosechas durante todo el año, mediante la producción precoz del cultivo, requiere menor espacio para obtener mayor producción y hace eficiente el uso del agua de riego, permitiendo así la aplicación de fertilizantes e insecticidas oportunas (Engindeniz, 2006). Minimiza el uso de maquinaria agrícola, mantiene la higiene del cultivo y representa una solución de producción en zonas en las que la limitante es el ambiente (Jensen, 2001). Este sistema de producción permite la uniformidad de calidad de los frutos (Anderson *et al.*, 2013) lo que se traduce en mejores precios y mejor posicionamiento comercial.

La hidroponia en la agricultura a pequeña escala es una forma sencilla e inocua de producción de alimentos (Prado *et al.*, 2013). Por su versatilidad es una técnica utilizada en la agricultura a pequeña y mediana escala (Morales, 2015). Utilizando los recursos que se tienen a la mano (Castellanos, 2015) lo que permite mayor eficiencia en la nutrición, utilizando de forma racional el agua y los nutrimentos, representa un bajo costo y permite mayor densidad de siembra, aumentando la producción y optimizando el uso del espacio.

## **2.4 Sanidad del cultivo**

### **2.4.1 Plagas**

Actualmente las plagas, afectan el rendimiento del cultivo de chile poblano, en diferentes momentos (Alvarado y Laurentin, 2013), las principales que atacan al cultivo de chile poblano son:

- La pulga saltona (*Epitrix cucumeris*). Insecto pequeño, de forma oval y color negro. Generalmente ubicado en partes tiernas o jóvenes de la planta, origina una lesión conocida comúnmente como "tiro de munición" (Germain *et al.*, 2013).
- El barrenillo o picudo adulto (*Anthonomus eugenii* Cano). Escarabajo de color negro o café grisáceo, su larva se alimenta principalmente de la placenta de las semillas del fruto de chile, se transforma en pupa. El adulto barrena con su pico el fruto practicando un orificio del que emerge. (Moreno, 2006).
- El pulgón (*Myzus persicae*). Áfido de tonalidad de verde, con o sin alas, localizado en las partes sombreadas de la planta. Se alimenta de la savia bruta de la planta y transmite enfermedades como los mosaicos y el enrollamiento de la hoja. Se manifiestan cuando existe abundancia de tejidos tiernos. (Bass *et al.*, 2014).
- Los gusanos trozadores (*Agrotis ipsilon*) de coloración oscura y cuerpo globoso, se encuentran próximos a la base de las plantas en donde trozan al ras del suelo las plantas recién trasplantadas.

- El gusano soldado (*Spodoptera exigua*), el adulto es una palomilla color café oscuro, sus larvas atacan las partes altas más tiernas de la planta (Lemoine y Shantz, 2016).
- La mosquita blanca (*Trialeurodes* sp.). De color amarillento y alas cubiertas por polvillo blanco, las ninfas de mosquita son planas, ovaladas y se alimentan de la savia de las hojas, son vectores de enfermedades del cultivo. Con infestaciones severas el cultivo se vuelve amarillento, se marchita y muere (García-Guerrero *et al.*, 2015).
- El Minador de la hoja (*Liriomyza trifolii*) de coloración amarillenta con dorso oscuro, las larvas son de apariencia cilíndrica y se alimentan de las hojas, transformándose en pupa dentro de la hoja (Wang *et al.*, 2014).
- Los Trips (*Frankliniella occidentalis*). El adulto es de color marrón amarillento siendo el abdomen más oscuro que la cabeza y el tórax y posee alas. Además de los daños en hojas, ocasionados por su alimentación, el daño indirecto resulta el más importante como vector del virus del bronceado del tomate (Walters y Mc donald, 2013).
- La paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc). El adulto es pequeño de color ámbar, café oscuro o negro, con alas, succionan la savia del chile y son vectores de la fitoplasmosis (Ramírez *et al.*, 2013).

#### **2.4.2 Enfermedades**

Las enfermedades afectan directamente la productividad del cultivo (Chávez *et al.*, 2015) y son transmitidas por insectos vector, daño mecánico en las podas y por el agua de riego. Las principales enfermedades que afectan el cultivo de chile son:

- La marchitez del chile también conocida como secadera, ocasionada principalmente por *F.oxysporum*, *P. capsici*, *Pythium* sp, *R. solani*, y *S. rolfsii*. Se desarrolla bajo condiciones de humedad alta en el suelo y con mayor intensidad en el periodo de fructificación y maduración del chile, se presenta con ligera debilidad de la planta y posteriormente su marchitez y muerte (Velásquez *et al.*, 2001).

- Mancha foliar ocasionada por *Alternaria gaisen*, se presenta con pequeñas lesiones circulares de apariencia acuosa, que posteriormente se tornan de color café oscuro, rodeadas de un halo verde amarillento, provocando defoliación severa, inicia en las hojas basales, exponiendo los frutos al sol y reduciendo la calidad de los frutos (Daniel *et al.*, 2014).
- Cenicilla polvorienta ocasionada por *Leveillula taurica* (Lév.) en las hojas inferiores produce pequeñas manchas color blanco de apariencia polvosa compuesta de esporas, las hojas infectadas se tornan cloróticas, después café o gris claro y mueren, la carencia de follaje limita el desarrollo del cultivo ocasionando daño por golpe de sol en los frutos.
- Virus del mosaico de pepino (CMV) es ocasionado por *Cucumovirus* de diferentes razas, detectado en México por primera vez en los estados del norte, presenta achaparramiento severo del cultivo, follaje amarillento, hojas angostas y frutos con malformaciones, se incrementa cuando los chiles son establecidos cerca de plantaciones de cucurbitáceas (Min *et al.*, 2014).
- Virus “Y” de la papa (PYV) ocasionado por *Potyvirus*, de varilla flexible, es común en climas cálidos, observándose en hojas jóvenes mosaicos ligeros, manchas intervenales, ligera rugosidad y amarillamiento, se presenta achaparramiento del cultivo y algunas veces pudrición de la punta de las ramas.
- Virus mosaico de la alfalfa (AMV) ocasionado por *Alfamovirus* de la familia *Bromoviridae*, presenta un mosaico ligero que se acentúa gradualmente, mal desarrollo del cultivo, malformaciones de la hojas con ampollas, mosaicos con necrosis y frutos deformes con lesiones necróticas de maduración irregular (Soleimani *et al.*, 2014).
- Virus mosaico del tabaco (TMV) ocasionado por el género *Tobamovirus*, es asociado al mosaico del tomate; presenta color claro de las venas de hojas jóvenes, con abultamientos como ampollas, achaparramiento del cultivo, clorosis y mosaicos, así como desprendimiento de hojas, aborto de flores y frutos, necrosis de la yemas y deformación de frutos de maduración irregular (Huh *et al.*, 2012).
- Virus Jaspeado del tabaco (TEV) ocasionado por *Potyvirus*, presenta coloración negra de las raíces de plantas infectadas, marchitez y achaparramiento del cultivo,

las hojas presentan un mosaico ligero, con de coloración más oscura, causa deformación y defoliación de hojas y frutos (Rodríguez *et al.*, 2014).

- Dorado del Fruto (Pep GMV), ocasionado por el ataque de virus como el del mosaico del pepino, el moteado del chile, el virus de la marchitez manchada del tomate, el virus jaspeado del tabaco, el virus mosaico del tabaco y el virus mosaico de la alfalfa, presenta una apariencia tostada o quemada de los frutos, afectando su calidad.

## **2.5 El comercio del chile poblano**

En el país existen diferentes zonas de producción o explotación del recurso, la mayor producción comercial de chile poblano se concentra en las regiones del Altiplano Norte y el Altiplano Central, cotizándose durante todo el año, tanto en fresco con en seco. La mayor parte de la producción de México se consume internamente, por su importancia en la alimentación básica (Ceballos y Cruz, 2014), comercializándose en Centrales de Abastos (Espinoza *et al.*, 2013) por comisión o consignación, a través de un intermediario nacional y en algunos casos la venta directa del producto a agentes de centros de abastos, al pie de parcela.

## **2.6 Situación actual del chile poblano criollo en el “Alto Atoyac”**

Actualmente la situación del cultivo en la región de estudio se desconoce, en parte debido a la carencia de un padrón de pequeños productores que los identifique. Con la finalidad de obtener una muestra representativa de la situación del cultivo en la región, se analizaron las teorías sobre poblaciones conocidas y desconocidas (Levy y Lemeshow, 2013).

Cuando se desconoce el universo de estudio es frecuente utilizar el cálculo de tamaño de la muestra para población infinita o desconocida (Scheaffer *et al.*, 2006). En estudios sociales de poblaciones en las que se conoce el universo total, Borra y Pagura (2013) señalan que el cálculo del tamaño de la muestra para población finita conocida, resuelve la estimación proporcional de los valores reales y permite obtener información fiel del universo. Para obtener un panorama actual del cultivo de chile poblano en la

región se analizaron las condiciones y limitantes del cultivo actual. Y para la determinación de continuidad se elaboraron preguntas puntuales, teniendo en cuenta el proceso de pluriactividad campesina señalado por Carton (2009).

## **2.7 Dos componentes de calidad del chile poblano criollo**

La calidad de los cultivares de chile difiere en cuanto a sus propiedades características, y es determinada por el color, el olor, el sabor, el picor y la textura; esta última obtenida principalmente del pericarpio con o sin cutícula (Loss y Bouzari, 2016). En la elaboración y consumo de platillos las principales características que se esperan en un chile poblano son la textura y el picor característico.

Según Rojas (2012), el atributo del género *Capsicum*, de picor o pungencia, se encuentra en mayor proporción en la placenta o vena y en menor proporción en el pericarpio o carne del fruto de chile. El picor o pungencia del chile poblano oscila entre las 1000 y 2000 Unidades Scoville de Picor (Scoville, 1912; Ravishankar *et al.*, 2003), lo que le proporciona versatilidad gastronómica en la elaboración de alimentos, como materia prima o condimento.

Con la finalidad de encontrar diferencias de calidad, específicamente de picor o pungencia y de grosor cuticular del pericarpio de los frutos del cultivar chile poblano criollo (Roldán, 2015) en la región, se estableció su cultivo en invernadero y a cielo abierto (León *et al.*, 2014; Rath y Ghosal, 2015); de los que se colectaron las muestras, se pesaron y midieron antes y después de conservarse (Eggenhuisen *et al.*, 2013).

### **2.7.1 Determinación del picor**

El picor o pungencia del chile poblano se determina cuantificando el alcaloide, capsaicina, que es una sustancia nitrogenada (Peña-Álvarez *et al.*, 2009) presente en la placenta y pericarpio de los frutos de chiles picantes (Collins *et al.*, 1995). La cuantificación de capsaicina se realiza por medio de Ecografía de Extracción Asistida (USAE), Espectrofotometría UV, Cromatografía de Gases y Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC) (Betts, 1999), su uso depende en gran medida de la precisión que

poseen y las condiciones de obtención de las muestras analizables (Ashwini *et al.*, 2015).

El picor o pungencia de las muestras de frutos de chile poblano criollo se determinó con la cuantificación del contenido de capsaicina según Zhang *et al.* (2005) por Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC), que permite detectar la presencia de capsaicina en los frutos de chile de esta forma los conceptos de Matuszewski *et al.* (2003) resultaron de interés en la investigación, respecto al tiempo de retención de capsaicina y de otros pigmentos, se tomó como referencia las investigación de Collins *et al.* (1995), teniendo en cuenta que en el cultivar, la capsaicina existe en bajas concentraciones (Iwai *et al.*, 1979). La cantidad de capsaicina se obtuvo en valores ASTA, transformados a Unidades Scoville de Picor.

### **2.7.2 Determinación del grosor cuticular**

La textura del chile poblano al paladar, es importante en la calidad de los frutos (Loss y Bouzari, 2016), del grosor de su cutícula depende en gran medida la calidad de la “carne” o el pericarpio del fruto, la cual por su remoción, puede o no, comprometer su textura (Apichartsrangkoon *et al.*, 2013). Los dos principales métodos para la observación de grosor cuticular vegetal son por Microscopia Electrónica de Transmisión (MET) y Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) (Guzmán *et al.*, 2014). La Microscopia Electrónica de Transmisión (MET) permite la observación de cortes ultra finos, formando una imagen aumentada con los electrones emitidos hacia un punto de la muestra. La Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) crea una imagen ampliada de la superficie, recorriendo la muestra con un haz de electrones. Considerando lo anterior, la cuantificación de grosor cuticular se realizó con Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental (ESEM), esta observación se realizó de las muestras sin recubrimiento según Ramdial y Rampersad (2015) para mejorar la calidad de la imagen, obtenida por el haz de electrones emitido del cañón del microscopio sobre la superficie de la muestra.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 El Alto Atoyac

La zona de estudio se encuentra ubicada en la región denominada “Alto Atoyac” que pertenece a la sub-región del Alto Balsas (García-Nieto *et al.*, 2011), en la zona alta del valle de Puebla y las inmediaciones del estado de Tlaxcala. La cuenca del río Atoyac es una de las más importantes del estado de Puebla (Ocampo y Manzo, 2014), en el límite de los estados de México y la vertiente oriente de la Sierra Nevada. Predomina el clima templado-subhúmedo con lluvias en verano. En los suelos de la región se encuentran yacimientos de piedra y arena, predominando fragmentos de roca o tepetate y suelos jóvenes (Martínez, 2015). La principal actividad económica de la región es la agricultura de temporal y el comercio (Cruz, 2013). En esta región se encuentran ubicadas las localidades de estudio, San Matías Tlalancaleca, San Felipe Teotlalcingo, San Lorenzo Chiautzingo y San Lucas Tulcingo del municipio de Tochimilco, (Figura 1) las cuales fueron seleccionadas por su importancia en el cultivo de chile poblano criollo (Morán *et al.*, 2008; Cruz, 2013; Luna-Méndez *et al.*, 2013).

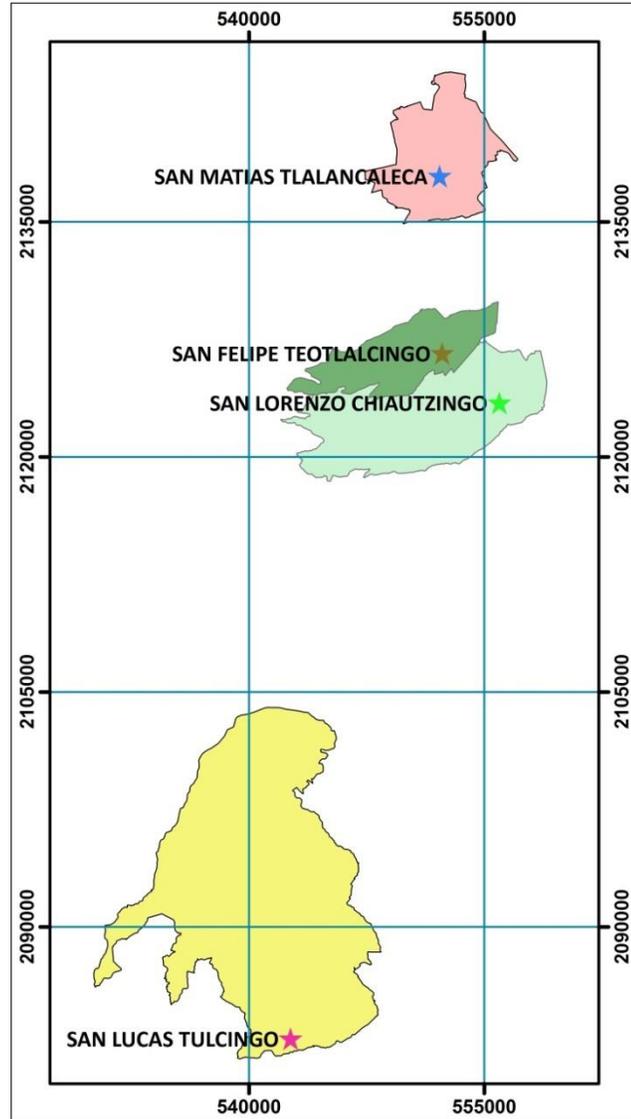
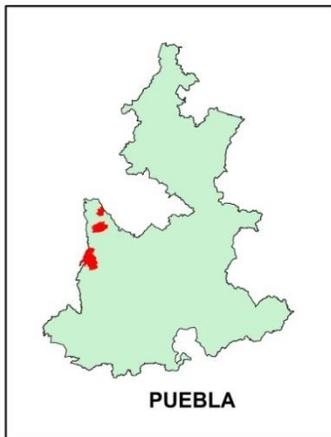
## LOCALIZACION DE LA REGION DE ESTUDIO

### SIMBOLOGIA

- ★ SAN FELIPE TEOTLALCINGO
- ★ SAN LORENZO CHIAUTZINGO
- ★ SAN LUCAS TULCINGO
- ★ SAN MATIAS TLALANCALECA

### Division Municipal

- Chiautzingo
- San Felipe Teotlalcingo
- San Matias Tlalancaleca
- Tochimilco



ESCALA  
1:350000

ELABORO: M.C. ALVARO E. RUIZ BARBOSA  
CAMPUS PUEBLA - CP MAYO 2016

Figura 1. Localización de la región de estudio.

### **3.2 El cultivo de chile poblano criollo del “Alto Atoyac”**

El chile poblano criollo (*Capsicum annum* L.), actualmente es producido de forma tradicional por su importancia y valor gastronómico en localidades como San Matías Tlalancaleca, San Felipe Teotlalcingo, San Lorenzo Chiautzingo y San Lucas Tulcingo del municipio de Tochimilco de la región del Alto Atoyac en el estado de Puebla.

Los materiales de chile poblano cultivados actualmente, son 95% nativos o criollos obtenidos de la cosecha anterior, o del trueque o intercambio de semillas, de otras localidades cercanas en la región. Gran parte de ellos es cultivado en pequeñas unidades de producción intercalados con otros cultivos como el maíz, frijol y el haba en sistema “Milpa” y o intercalados en árboles frutales como el durazno, la pera, el tejocote, el chabacano y la manzana (Eliosa, 2012) en sistema “MIAF”.

El cultivo de chile poblano criollo representa el cúmulo de conocimientos tradicionales y empíricos de los productores de la región, y forma parte de la cultura inherente del campesino en cada una de sus localidades. Del cultivo de chile poblano participan los integrantes de la familia que desarrollan tareas en el cultivo, como el deshierbe y o el secado de los frutos de chile. En la actualidad existen ingresos familiares en la región que dependen, de forma casi exclusiva, de la venta del producto de chile poblano, en fresco o en seco (Rodríguez *et al.*, 2007).

En esta región, González *et al.* (2004) y Rodríguez *et al.* (2007) reportan afectación en los almácigos de chile y en plantas tiernas por enfermedades fungosas, lo cual se refleja actualmente en el rendimiento de chile poblano, el cual ha disminuido más de un 50% en los últimos años (Santos, 2010).

#### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Con la finalidad de obtener información de la situación actual, y la motivación por la que se continúa el cultivo de chile poblano criollo en las localidades seleccionadas se aplicaron encuestas estructuradas a productores de chile poblano en la región. Se calculó la muestra con la fórmula para población finita conocida, según Marradi *et al.* (2010). Al carecer de un padrón de pequeños productores de chile poblano en la región, se tomó como referencia la información de los productores de chile en Puebla del Comité Nacional Sistema Producto Chile (CONAPROCH, 2014).

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{i^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

Fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra para población finita conocida

**n:** tamaño de la muestra

**N:** tamaño de la población

**Z:** valor correspondiente a la distribución de gauss,  $Z_{\alpha=0.05} = 1.96$  y  $Z_{\alpha=0.01} = 2.58$

**p:** probabilidad esperada del parámetro a evaluar. ( $p = 0.05$ )

**q:**  $1 - p$

**i:** error que se prevé cometer si es del 10%,  $i = 0.1$

Con 600 productores de chile como universo, el valor de “Z” correspondiente a la distribución de gauss,  $Z_{\alpha=0.05} = 1.96$  y  $Z_{\alpha=0.01} = 2.58$ , valor de “p” de prevalencia esperada del parámetro a evaluar  $p = 0.5$ , al desconocerse,  $q = 1 - p$ , y el valor de “i” o el error que se prevé cometer, al 10%  $i = 0.1$ , El tamaño de la muestra obtenido es de 71, aplicando 21 encuestas en cada una de las 4 localidades, con un total de 84, número de encuestas aplicadas mayor del calculado como mínimo proporcional de la muestra.

Para realizar una comparación cuantitativa de calidad (picor y grosor cuticular de los frutos) del chile poblano criollo entre dos sistemas de producción diferentes, se estableció el cultivo a cielo abierto de 11 plantas por cada material criollo de San Matías Tlalancaleca y San Felipe Teotlalcingo (2), 22 plantas en cultivo a cielo abierto; y el cultivo en invernadero de 11 plantas por cada material criollo de San Matías Tlalancaleca y San Felipe Teotlalcingo (2), 22 plantas cultivadas en invernadero, con un total de 44 plantas de chile poblano criollo de dos regiones productoras, en cada sistema respectivamente.

La colecta de los materiales a cielo abierto e invernadero se realizó siguiendo los protocolos de Mueller-Seitz *et al.*, (2008); manteniendo la hermeticidad de las muestras por la volatilidad de la capsaicina (Vázquez *et al.*, 2007) y realizando la colecta de los materiales en etapa madura intermedia (color verde-naranja) considerando la variabilidad del contenido de capsaicina durante el desarrollo del fruto (Iwai *et al.*, 1979). Las muestras de frutos de chile poblano criollo colectados, se conservaron por liofilización, mediante el proceso de sublimación que permite el paso directo de fase sólida a gaseosa, este procedimiento permite la conservación de las muestras biológicas, sin afectar su composición química (Steinbrecht y Zierold, 2012); como medida de control se elaboró una base de datos con los valores de peso de las muestras anterior y posterior al proceso de conservación por liofilización (Sampson *et al.*, 2002).

El contenido de capsaicina de los frutos de chile se determinó con Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC), que permite la detección de capsaicina, inyectando la muestra como fase móvil en una columna (C18) de 25 cm de largo y 0.46 cm de diámetro interno (Weerapan, 2009), mediante el paso de un haz de luz que detecta la presencia de capsaicina (Guo *et al.*, 2015).

La determinación del grosor de la cutícula de los frutos de chile poblano criollo de las dos localidades en los dos ambientes de cultivo se realizó observando las capas del pericarpio con Microscopia Electrónica de Barrido Ambiental (ESEM), sin recubrimiento

de las muestras, lo que permitió, detectar los electrones que retornan al punto de emisión del microscopio, formando una imagen (Ramdial y Rampersad, 2015).

Con la información obtenida de grosor cuticular de pericarpio y pungencia de la placenta de los frutos de chile poblano criollo de dos localidades, se elaboró una base de datos, para someterla a procesos estadísticos de comparación utilizando el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) y la elaboración de gráficas con los valores obtenidos.

#### **4.1 Tipo de muestreo en las comunidades seleccionadas del “Alto Atoyac”**

Se realizó el muestreo tipo “bola de nieve” (Snowball), a los productores y consumidores de chile poblano de cada una de las comunidades seleccionadas. Este tipo de muestreo estructurado es empleado frecuentemente en poblaciones marginales con características similares (INEGI, 2011).

#### **4.2 Sistemas de producción en la región de estudio**

Los sistemas de cultivo en el Alto Atoyac fueron delimitados (García, 1974) a dos grandes grupos; agricultura tradicional a cielo abierto y agricultura en invernadero (Benítez *et al.*, 2002).

##### **4.2.1 Agricultura tradicional**

El cultivo de chile poblano a cielo abierto interaccionó directamente con el clima, las plagas y las enfermedades, considerando que la interacción entre raíz del cultivo, solución nutritiva y medio físico es influenciada por factores bióticos y abióticos, como las plagas y la interacción iónica en el medio físico suelo. La agricultura tradicional a cielo abierto depende directamente de la precipitación pluvial (Madejón *et al.*, 2011), y de la capacidad del suelo para captar la humedad y conservarla.

#### **4.2.2 Agricultura en invernadero**

En el cultivo de chile poblano en agricultura en invernadero, se evitan las condiciones restrictivas del clima, mejorando el manejo de la solución nutritiva y el control sanitario del cultivo, lo que optimiza los recursos de espacio y capital (Jensen y Malter, 1995). Son suministrados los nutrientes a los cultivos a través del agua (Cadahia, 2005) con una infraestructura hídrica (Zeng *et al.*, 2009), que permite la dosificación de la humedad. Las principales características del sistema son que la aplicación de agua al sustrato desde una fuente puntual, el humedecimiento del sustrato se realiza en donde el cultivo concentra sus raíces, manteniendo el nivel óptimo de humedad en el sustrato con pequeños caudales a baja presión y en donde el aporte de nutrientes está inmerso en el riego.

#### **4.3 Identificación de la superficie de siembra**

El conocimiento de la superficie de cultivo en cada una de las comunidades de la región de estudio, se realizó con base a lo manifestado por parte de los productores. Con la información obtenida de la superficie de siembra se clasificaron a los agricultores (Murmis, 1986), y se dimensionó la presencia del cultivo de chile poblano en cada comunidad.

#### **4.4 Identificación de la problemática del cultivo**

La identificación de la problemática del cultivo se realizó aplicando preguntas estructuradas a los agricultores de la región (Plaza, 2000). Identificando la problemática del cultivo, se precisó cuál es la que afecta de forma más severa el cultivo de chile poblano criollo, en cada comunidad seleccionada de la región de estudio. La identificación de enfermedades en la región de estudio, fue considerada a partir de la investigación de Hernández y Frausto (2010) en el cultivo de *Capsicum annuum*.

#### **4.5 Perseverancia en la producción de chile poblano**

La identificación de la perseverancia y/o motivación del agricultor para seguir sembrando chile poblano ante la problemática de su cultivo tradicionalmente en la

región, contempló los factores sociales de tradición, cultura, y el factor económico que representa el cultivo de chile poblano en las comunidades y la región; así mismo la apreciación del consumidor local por los chiles poblano criollos de la región.

#### **4.6 Establecimiento del chile poblano criollo**

Para evitar los efectos de sombra de los árboles cercanos y el efecto de bordo, se estableció el cultivo a cielo abierto de chile poblano criollo de dos regiones productoras en el tercio superior, rumbo oeste, del chilar facilitado por el productor cooperante Don Herón Días en San Felipe Teotlalcingo, en donde tiene influencia la Microrregión de Acción Prioritaria (MAP) Huejotzingo (COLPOS, 2014).

El cultivo de chile poblano criollo de dos regiones productoras de Puebla en condiciones protegidas, se estableció por la disponibilidad de espacio y manejo del cultivo, en el invernadero experimental de Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla, ubicado en San Agustín Calvario de San Pedro Cholula, municipio del estado de Puebla.

##### **4.6.1 Preparación del terreno**

En el cultivo de chile poblano criollo a cielo abierto se realizaron, labores de tracción animal (yunta), escarda mecánica con azadón, y aporque de tierra a las plantas. Se incorporaron restos de cultivo y se fertilizó con abono vacuno.

En el cultivo establecido en invernadero se realizaron, labores de desinfección con hipoclorito sódico (NaClO) a una concentración de 1.25% (Racoviceanu *et al.*, 2007), retirando los restos del cultivo anterior. El sustrato se desinfectó en un tinaco de 200 litros con 2 ml por litro de agua, de hipoclorito sódico (NaClO), se lavó, se cernió (Wright y Browder, 2005) y con él se llenaron las bolsas de cultivo, de 40 cm por 40 cm.

##### **4.6.2 Establecimiento del almácigo**

Se proporcionó un medio favorable a la semilla para su germinación y el desarrollo eficiente de la plántula. Para el establecimiento del almácigo y la emergencia de la semilla se consideró:

- Utilización de sustrato peat moss adecuado en charolas de propagación.
- Colocar la semilla a una profundidad de 0.5 cm.
- Revisión diaria del almácigo y realizar los ajustes pertinentes.
- El Manejo eficiente de los riegos sin nutrientes hasta la generación de hojas verdaderas, después con solución nutritiva.
- Manejo eficiente de la ventilación y control fitosanitario.

El almácigo de los dos criollos para ambos sistemas fue instalado en el invernadero de San Agustín Calvario, ocupando semilla de chile poblano criollo de dos localidades, charolas germinadoras de poliestireno o unicel, un cepillo, cloro, sustrato "Peat moss" y agua.

Las charolas germinadoras se cepillaron con agua abundante y se desinfectaron, sumergidas por 5 minutos con hipoclorito sódico (Bernstein *et al.*, 2008) en relación 1 litro por 200 litros de agua (5 ml por litro de agua).

Se colocó cantidad suficiente de sustrato para llenar las charolas. Sobre una mesa de trabajo, se humedeció el sustrato, se mezcló y verificó su humedad. Se distribuyó en la charola el sustrato humedecido cubriendo todas las cavidades, se compactó ligeramente el sustrato y se practicaron orificios de 0.5 cm para la semilla, depositando una semilla por cavidad, se cubrió con una capa ligera de sustrato y se cubrieron las charolas, apilándolas y cubriéndolas con plástico para mantener temperatura y humedad.

La semilla germinó en una semana contando con una temperatura de 25°C a 30°C, se regó diariamente con agua, hasta la generación de las 2 hojas verdaderas, con lo que se comenzó el riego con solución nutritiva, hasta alcanzar los 20cm para su trasplante.

#### **4.6.3 Trasplante**

Las plántulas se prepararon para el trasplante, suspendiendo los riegos días antes. El trasplante en cielo abierto se efectuó a finales de marzo, con plántulas de 20 centímetros.

El trasplante en invernadero se efectuó a principios de febrero, 45 días después del establecimiento de su almacigo, seleccionando plántulas de 15 a 20 cm para el trasplante en masetas de polietileno con tezontle, realizándose por la tarde para disminuir el estrés por cambio de temperatura.

#### **4.6.4 Manejo del cultivo en suelo**

Se realizó un barbecho con el fin de soltar y voltear la capa arable del suelo, enterrar los residuos de hierbas propiciando su reintegración mineral al suelo, favorecer su aireación y la eliminación parcial de plagas exponiendo huevecillos, larvas y pupas al ambiente.

El abonado de la tierra fue previo a las labores de trasplante por medio de la aplicación de estiércol de vaca en el terreno y fue distribuido de forma homogénea, según la práctica regular del productor para el cultivo de chile.

Las necesidades hídricas del cultivo fueron satisfechas por las precipitaciones, que se presentaron durante el cultivo de forma irregular, en ocasiones en conjunto con granizo, según datos de la bitácora del día 10/06/15, en el que se presentó daño por granizo en el 20% de las plantas de chile de la parcela de producción.

El primer cultivo se realizó después de la primera lluvia a los 15 días después del trasplante, con tracción animal; inmediatamente después se efectuó el "aporque" con azadón, que eliminó la maleza del lomo del surco e integró suelo a las plantas del cultivo. Después de la segunda lluvia, se volvió a cultivar conservando la humedad y se procuró dar un "cultivo y levante", después de cada lluvia.

#### **4.6.5 Manejo del cultivo en invernadero**

Dentro del invernadero se colocaron dos plantas por maceta y 10 macetas por línea, con una distancia entre líneas de 45 cm y un distanciamiento entre macetas de 40 cm, que corresponde a una densidad de población de 111,111 plantas por hectárea o 55,555 macetas por ha. En el invernadero se colocaron dos líneas de cada criollo, estableciendo 4 líneas con 80 plantas de chiles criollos en total.

Se realizaron labores de:

- Riego periódicamente por semana solo con agua, para evitar problemas de acumulación de sales.
- Tutorio de la planta.
- Raleo o poda de hojas viejas.
- Colecta de frutos de chile.
- Aplicación de fungicidas.

#### **4.7 Procedimiento de muestreo de frutos**

El muestreo tipo aleatorio, fue empleado para obtener los frutos de chiles poblanos criollos de dos comunidades de la región de estudio, establecidos en dos ambientes de cultivo. El muestreo aleatorio de frutos de diferentes plantas en dos ambientes se emplea frecuentemente para la comparación de dos materiales en diferentes condiciones, sin un diseño experimental (Campbell y Stanley, 2015). Se realizó un muestreo tipo aleatorio de los chiles poblano establecidos a doble hilera en invernadero y colectados de forma aleatoria de su cultivo a cielo abierto.

##### **4.7.1 Congelación y liofilización de muestras**

Las muestras de chile poblano se almacenaron de forma hermética para evitar la volatilización de capsaicina y el deterioro del tejido cuticular (Pathan *et al.*, 2008; Kim y Verpoorte, 2010) en un congelador del laboratorio de COLPOS *Campus* Puebla a temperatura de -20°C en condiciones de obscuridad y hermetismo por 2 días, posteriormente se trasladaron e instalaron en la cámara de liofilización. Las muestras de frutos de chile poblano colectadas en cielo abierto e invernadero, se preservaron realizando una conservación mediante la técnica de congelamiento y liofilización (Schössler *et al.*, 2012), que permite preservar productos biológicos extrayendo como vapor el agua de la muestra congelada; proceso denominado sublimación o paso de sólido en condiciones de baja presión a gas sin pasar por estado líquido intermedio (Macassi y de Ugaz, 2013). La técnica de conservación es utilizada en investigaciones como las de Domínguez-Cañedo *et al.* (2015) y Lince y Torres-Valenzuela (2014),

referentes a la conservación de componentes volátiles como la capsaicina. Se llevó a cabo un control del peso de las muestras después de su conservación por liofilización (Pinchi y Linares, 2015) (Figura 2).

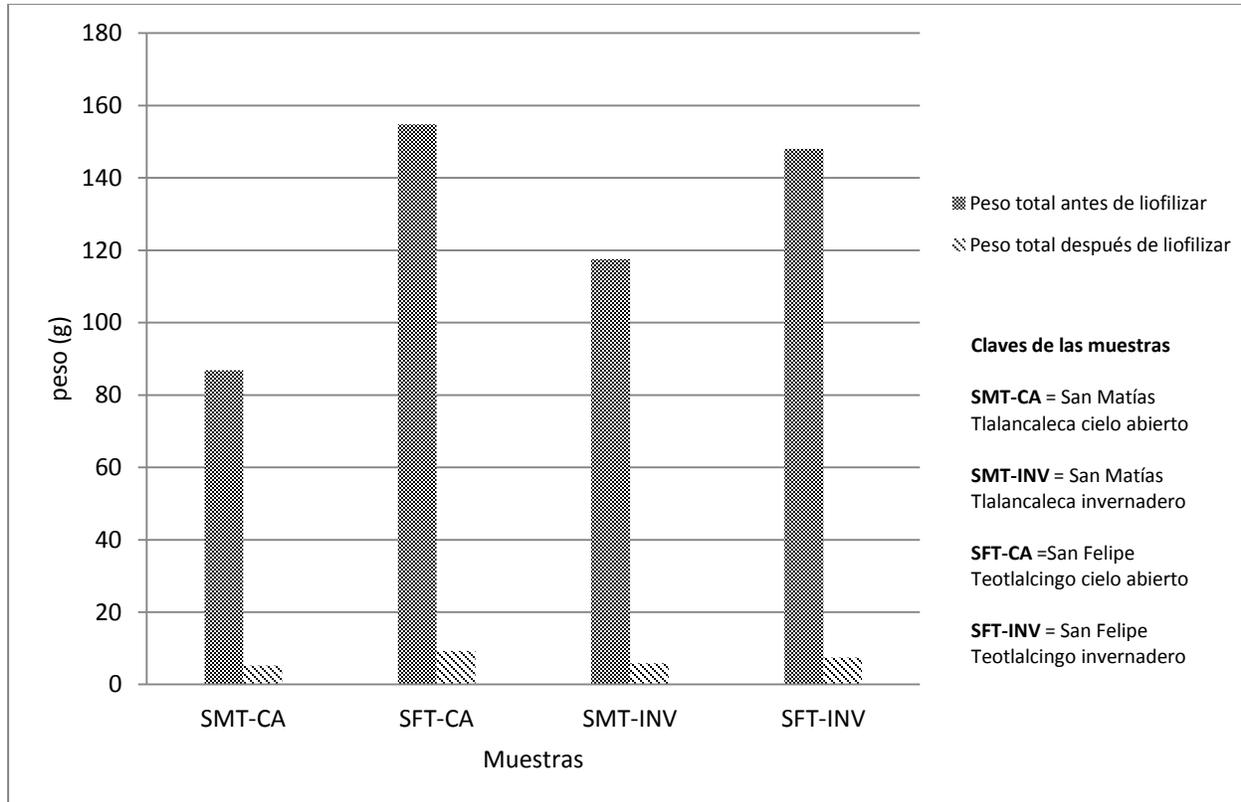


Figura 2. Peso de frutos de chile poblano criollo antes y después de conservarlos por liofilización

La conservación, provocó la reducción de 95 a 94% del peso de las muestras (Figura 2), coincidiendo con la investigación de Georgé *et al.* (2011), en la que es señalado que el proceso de conservación reduce la cantidad de humedad presente hasta en un 98%.

#### 4.7.2 Obtención de la muestra HPLC

El procedimiento de extracción de capsaicina de las muestras, para su análisis en HPLC se adaptó del método de Parrish (1996) de la siguiente forma: se obtuvo un polvo, producto de la trituración de las muestras liofilizadas, del cual se depositó 1 g de polvo de pericarpio o placenta de chile (en base seca) y 10 ml de acetonitrilo, en varios tubos de ensayo etiquetados con tapa de rosca parcialmente cerrados, se colocaron en baño

maría a 60°C por 5 horas; a cada muestra obtenida se le realizaron dos extracciones. Los extractos se llevaron a temperatura ambiente y se filtraron 3 ml del sobrenadante con ayuda de acrodiscos de 0.45 µm de poro y 25 mm de diámetro (Millipore Corp.); se realizaron dos filtraciones de cada extracción y se colocaron en viales de vidrio de color ámbar para evitar la degradación de la capsaicina.

Se obtuvieron las muestras triturando el producto liofilizado por medio de mortero, hasta obtener de ellas un polvo (Noh-Medina *et al.*, 2010), este producto se pesó y se agregó 5 veces su peso del solvente acetona, con una relación 5:1, respecto a la muestra de chile (Nazari *et al.*, 2007), se agitó la mezcla por 15 min y se llevó a un embudo por el que se pasó a través de papel filtro (Duarte *et al.*, 2002). Posteriormente se concentró la capsaicina, sometiendo la mezcla a baño maría a 35°C por 15 min, filtrándola y a través de un rotavapor se evaporó el solvente acetona, obteniendo capsaicina concentrada (Peña-Álvarez *et al.*, 2009). Se refrigeró a 4°C en condiciones de oscuridad.

El estándar de capsaicina fue preparado para su inyección como base al HPLC a una concentración de 1 mg/ml en Acetonitrilo (solución 1). Obteniendo 0.5 ml de solución 1 y aforando a 1 ml con una concentración de 0.5 mg/ml (solución 2). De la solución 2, se obtuvo una alícuota de 0.5 ml y se aforó a 1 ml obteniendo una concentración de 0.25 mg/ml. Para la extracción de las muestras de chile poblano criollo fue necesario:

1. Pesar 0.5 g de muestra molida.
2. Agregar 5 ml de acetonitrilo.
3. Las muestras se sometieron a baño maría durante 5 h a 60°C y se agitaron por medio de un vortex, cada 30 minutos.
4. Dejando reposar la mezcla por una noche y filtrando 2 ml al día siguiente por medio de papel filtro con membranas de nylon de 0.45 µm de poro y 47 mm de diámetro.
5. Se guardaron las muestras en refrigeración por 5 días.

La fase móvil fue practicada a una proporción de 45:55, 45% de acetonitrilo y 55% de Agua grado HPLC.

1. Se filtraron las muestras.

2. Se midieron las proporciones de la muestra.
3. Se agitó vigorosamente.

Finalmente, se des-gasificó la solución obtenida (fase móvil) durante 20 minutos dejando la fase móvil ligeramente cerrada.

El procedimiento de obtención de la muestra de capsaicina de frutos de chile poblano para su análisis en HPLC fue estandarizado en el laboratorio de recursos genéticos del Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo bajo la coordinación del doctor Víctor Heber Aguilar Rincón.

#### **4.7.3 Determinación de pungencia**

La cromatografía líquida de alta resolución (Hartley *et al.*, 2013) permite la separación de macromoléculas y especies iónicas, productos naturales lábiles, materiales poliméricos y una gran variedad de otros grupos poli funcionales de alto peso molecular. Con una fase móvil líquida interactiva, se encuentra disponible para la selectividad, en adición a una fase estacionaria activa. Es un procedimiento analítico adecuado para la determinación del contenido de capsaicina que es un alcaloide componente del picor o pungencia (Singh *et al.*, 2015), ya que no está limitado por la volatilidad o la estabilidad térmica de la muestra, permite la búsqueda del analito capsaicina a través de una columna de material adsorbente, cada componente de la muestra interactúa ligeramente con el material adsorbente, a diferentes velocidades de flujo.

La identificación de capsaicina se realizó con un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC) Ultimate 3000, que cuenta con detector de arreglo de diodos calibrado a una longitud de onda de 280 nm de absorbancia (Cázares-Sánchez *et al.*, 2005). Se utilizó una columna C18 con 25 cm de longitud y 46 mm de diámetro interno para partículas de 25  $\mu\text{m}$  de diámetro (Núñez, 2008).

#### **4.7.3.1. Análisis de capsaicina**

Se determinó la pungencia o picor de los frutos de chile poblano criollo colectados (Sung *et al.*, 2005) por la concentración de capsaicina en las muestras. Estos valores se expresaron en Unidades Scooville de Picor (USP) (González-Zamora *et al.*, 2013).

Antes de inyectarse en el HPLC, las muestras se agitaron con vortex para evitar su sedimentación y se refrigeraron (Barbero *et al.*, 2016). Se realizaron dos inyecciones de 10 ml, lo que son 20 ml por muestra. Las condiciones para la inyección fueron según Ashwini *et al.* (2015):

1. Flujo isocrático: 1.5 ml/min
2. Longitud de onda: 280 nm
3. Tiempo de análisis: 25 min
4. Tiempo de lavado: 2 min

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Centro Universitario de Vinculación y Transferencia de Tecnología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

#### **4.7.4 Obtención de la muestra ESEM**

Posterior al proceso de conservación por liofilización de las muestras de chile, estas se fragmentaron dentro de bolsas herméticas, hasta obtener trozos del fruto de chile adecuados a las dimensiones del porta muestras, estas “hojuelas” se montaron en un trozo espécimen por medio de resina epoxi, dentro de una cámara de alto bombeo sin química de fijación (Yang *et al.*, 2007), por la naturaleza del procedimiento. Al considerarse muestras no conductoras por las características del chile no se realizó recubrimiento de estas, con la finalidad de obtener una imagen fiel de la observación con Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental.

#### **4.7.5 Determinación de grosor cuticular**

La determinación del grosor cuticular del pericarpio de chile poblano criollo se llevó a cabo con la observación del pericarpio de las muestras del fruto sin recubrimiento de

chile poblano criollo de las dos localidades en la región de estudio. La observación se realizó con Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental (ESEM), por sus siglas en inglés, siguiendo los protocolos, manteniendo el vacío bajo el cañón de electrones (Lauffer *et al.*, 2008). La imagen del pericarpio y el grosor de la cutícula de los frutos se obtuvieron detectando los electrones secundarios emitidos por los átomos excitados del haz de electrones (Chen, 1993).

#### **4.7.5.1. Análisis de grosor cuticular**

Se colocaron las muestras en cámara de alta presión, a corta distancia y se definió la superficie con un haz de electrones que interactúa con los átomos de la muestra el haz de electrones se dirigió en exploración de trama patrón, combinando su posición con la señal detectada. La región de alta presión alrededor de la muestra, en el ESEM, proporcionó una amplificación de la señal de electrones secundarios, mejorando la calidad de recolección de información para la generación de la imagen topográfica de la cutícula.

Con la información obtenida por Microscopía Electrónica de Barrido Ambiental (ESEM), del grosor cuticular de frutos de chile poblano criollo de San Felipe Teotlalcingo y San Matías Tlalancaleca cultivados en dos ambientes, se elaboró una base de datos y se comparó estadísticamente generando una gráfica.

#### **4.7.6 Manejo de la información obtenida**

De la información del proceso de conservación de las muestras, el contenido de capsaicina y el grosor cuticular de los frutos de chile poblano criollo de dos localidades en la región de estudio se elaboró una base de datos en hoja de cálculo de Excel.

Los datos obtenidos se analizaron bajo parámetros estadísticos descriptivos (Dunn y Clark, 1986). Se realizó una comparación estadística de medias (Blasius y Greenacre, 2014) y de correlación de *Pearson* y *Spearman* para variables cuantitativas y cualitativas, utilizando el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) para Windows.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Sistema de producción

El sistema de producción en la región de estudio, fue identificado como agricultura tradicional, en el que se produce y reproducen los cultivos que satisfacen las necesidades alimenticias, según la definición de Hernández (1988). El chile poblano criollo actualmente se produce de forma tradicional junto con el maíz, el haba y el frijol en sistema “Milpa” y o intercalado con árboles frutales (

Figura 3) en sistema de producción “MIAF” (Garduño, 2014), entre arboles como el durazno, la pera, el tejocote, el chabacano y la manzana (Eliosa, 2012).

El sistema de cultivo de milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en la región, permite el desarrollo social y la subsistencia familiar, así como la diversidad de frutos o productos, que se pueden comercializar durante el año, lo que mejora la percepción económica familiar (Garduño, 2014).



Figura 3. Sistema de cultivo milpa intercalada entre árboles frutales (MIAF).

En la región de estudio, el cultivo de chile poblano, actualmente se comienza a incorporar en la producción protegida, como alternativa comercial y ante la presencia de enfermedades del cultivo, buscando conseguir mejores precios con la mejor calidad de

los frutos cultivados en agricultura protegida, mejorando los ingresos familiares en la región, considerando también que el cultivo de chile poblano a nivel municipal es una fuente de empleo e ingreso, Martínez (2015).

## **5.2 Superficie de cultivo del chile poblano criollo**

En la región del Alto Atoyac predomina el cultivo de chile poblano criollo en pequeñas superficies, que son menores o iguales a 100 m<sup>2</sup> (Figura 4), esta superficie, según el concepto de Toledo (2002) permite clasificar a los agricultores como pequeños productores o como productores de agricultura a pequeña escala, en función de la disponibilidad de tierra disponible para la agricultura. Para efectos de la investigación, se determinó la superficie de cultivo de los productores de chile en el Alto Atoyac graficando el porcentaje de productores que siembran determinadas superficies, en rangos.

El municipio de San Lorenzo Chiautzingo con un 85.7% presenta el mayor porcentaje de productores que cultivan superficies menores a 100 m<sup>2</sup> en la región, en orden descendente le sigue San Lucas Tulcingo con 66.67%, San Felipe Teotlalcingo con 61.90% y San Matías Tlalancaleca con 38.10% (Figura 4). En otras palabras, es en este municipio en donde se siembran superficies mayores. En San Matías Tlalancaleca se encontraron superficies de cultivo más grandes, un 4.76% de los productores, cultivan superficies entre 100 m<sup>2</sup> y 300 m<sup>2</sup>, 9.52% siembran de 400 m<sup>2</sup> a 500 m<sup>2</sup> y con el mismo valor porcentual (9.52%) de productores se cultivan de 600 m<sup>2</sup> a 1 hectárea (10,000 m<sup>2</sup>), presentando un menor porcentaje agricultores con pequeñas unidades de producción o de pequeños productores, respecto a las otras tres localidades en la región.

Se observó en campo que la superficie que el productor destina al cultivo de chile poblano criollo se considera actualmente en función de la problemática de enfermedades del cultivo, como estrategia de mitigación de sus efectos.

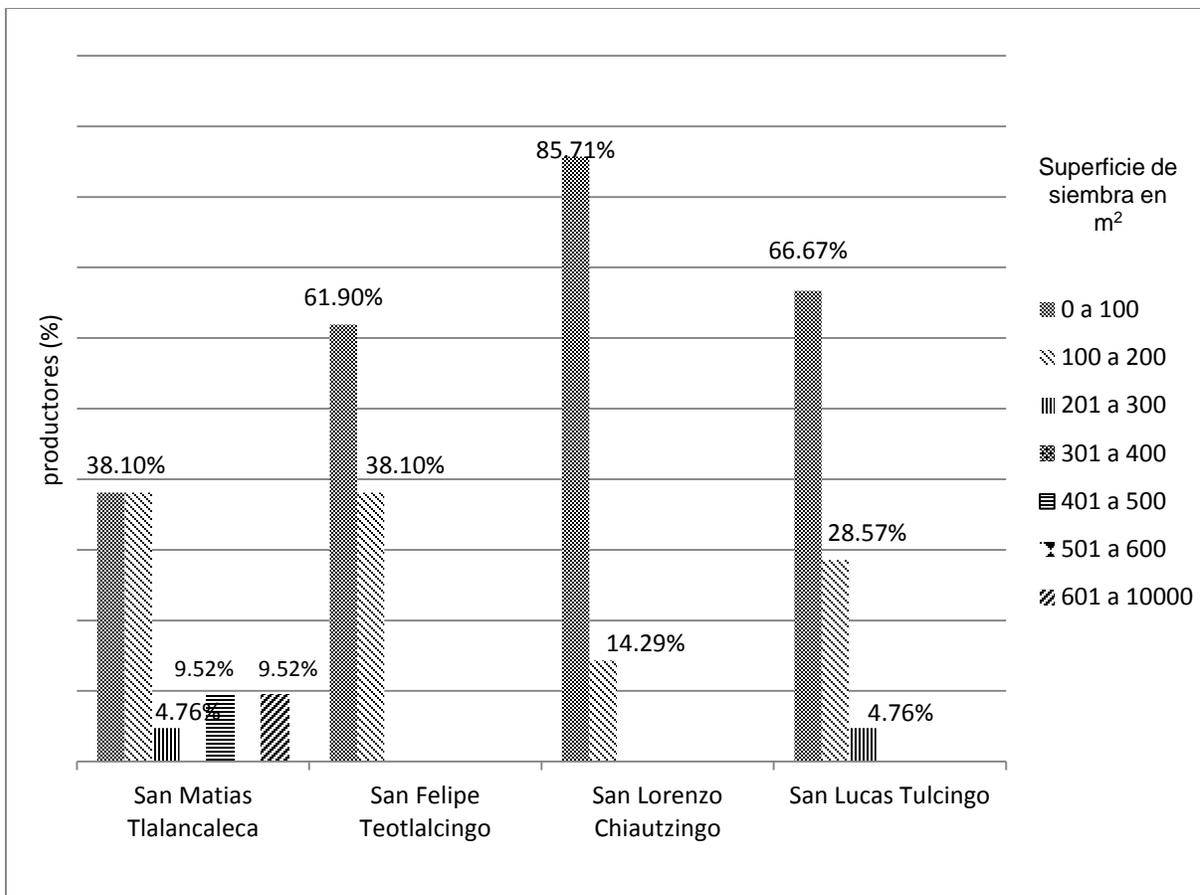


Figura 4. Productores (%) y superficie de siembra (m2) de chile poblano criollo.

### 5.3 Problemática del cultivo

Se encontró en las localidades de la región de estudio que la cantidad y calidad de la cosecha de chile es la principal preocupación económica del productor, la cual determina su precio de venta en fresco en el mercado regional, año con año se ve afectada esta calidad y cantidad de cosecha por las enfermedades del suelo que atacan al cultivo, específicamente al fruto de chile, las cuales permanecen en los suelos de cultivo.

Con relación a la problemática de producción del cultivo, los agricultores identifican entre los más importantes, las enfermedades que atacan al cultivo, los altos costos del manejo de las enfermedades y el desconocimiento de soluciones eficientes antes su ataque (Figura 5).

En la actualidad, el factor de migración de los agricultores, en comparación con la problemática de ataque de patógenos del suelo al cultivo de chile, que originan enfermedades de las cuales se desconoce su control y manejo, no es de relevancia para el cultivo de chile poblano criollo (Ariza, 2014), no obstante, Arizpe (1978) partiendo de los trabajos del Consejo Latino-americano de Ciencias Sociales sobre migraciones, refiere que la migración tiene influencia en el estilo de vida de la región, así mismo en el abandono del campo, lo cual puede surtir sus efectos, hasta en un siglo (Chiapetto, 2014); por lo que la situación de migración en la región, a pesar de no encontrar su influencia actual en el cultivo de chile, resulta importante de observarse por la relevancia que tienen los materiales criollos ancestrales, en la demanda gastronómica y como reserva genética del cultivar (Cruz, 2013).

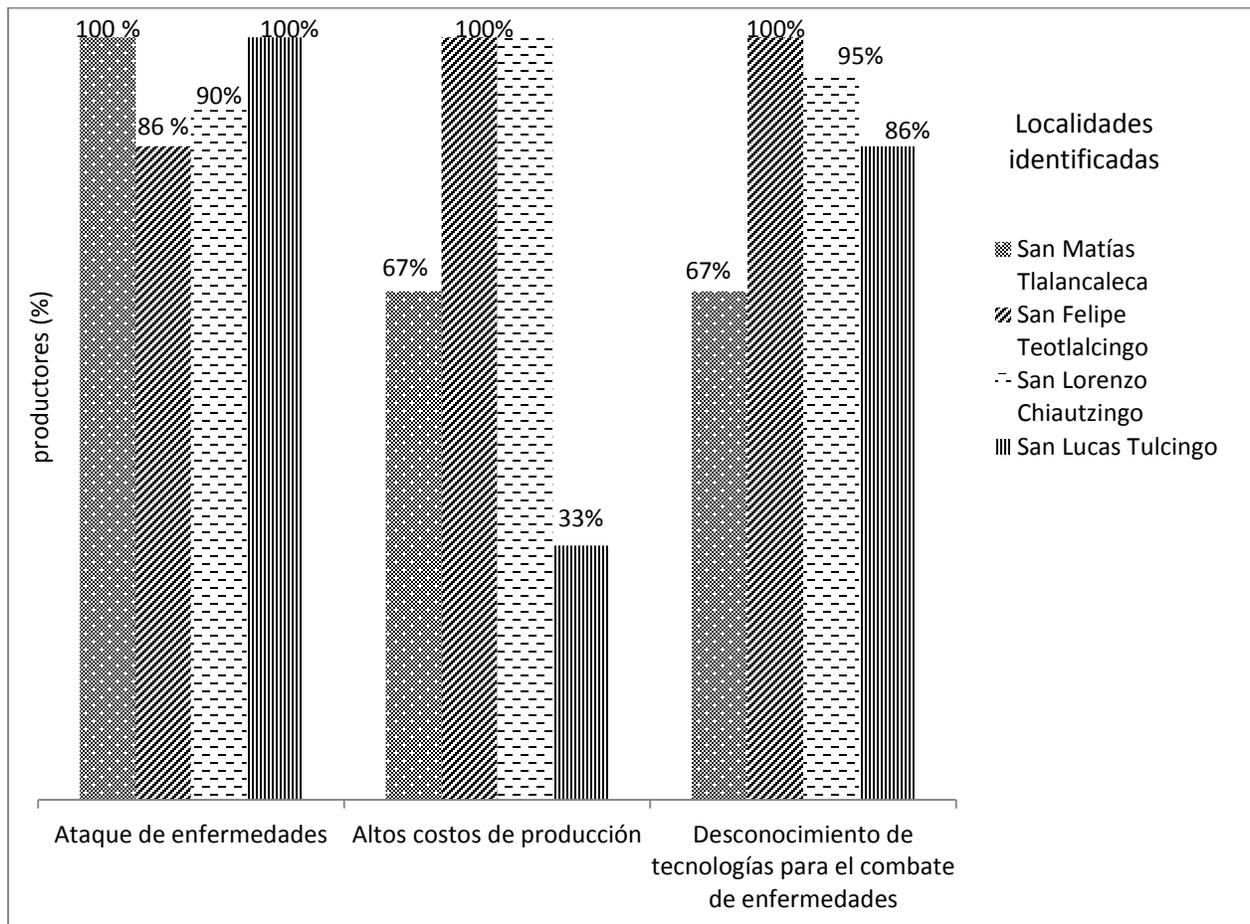


Figura 5. Problemática del cultivo de chile poblano criollo en la región de estudio.

### 5.3.1 Enfermedades del chile poblano criollo en la región

La enfermedad denominada “marchitez del chile” o “secadera”, se identificó en la región de estudio, como la de mayor presencia en el cultivo de chile poblano criollo (Figura 6), según la investigación de Manjunath *et al.* (2010). Al respecto los productores manifestaron que “no existe labor o producto para la secadera del chile, los que hay nada más hacen que no de tan fuerte”, en base a su conceptualización de la problemática.

Actualmente, las afectaciones en el fruto de chile poblano por la enfermedad de marchitez o secadera del chile en el cultivo, son la principal limitante del desarrollo y la producción de chiles en México, las cuales provocan pérdidas en la cosecha de chile de hasta del 70% (González *et al.*, 2004).

Las enfermedades del cultivo son la principal preocupación que el productor lleva consigo y forma parte de los riesgos que toma al cultivar chile poblano criollo, producto del mejoramiento empírico de generaciones y la herencia de sus ancestros, por lo que en algunas ocasiones asumen el alto costo de la mitigación de los efectos de la enfermedad (Figura 5), con el uso de químicos de combate a hongos patógenos, que afectan su economía.

Se considera que las enfermedades del cultivo de chile poblano en la región están relacionadas con las pequeñas superficies que se siembran actualmente y el rendimiento del cultivo que se obtiene.

El control de enfermedades del cultivo de chile poblano criollo en esta región, es mínimo o nulo, según comentarios de los productores, debido a la carencia de recursos económicos para mitigar sus efectos y el escaso conocimiento de productos, acciones o su manejo.

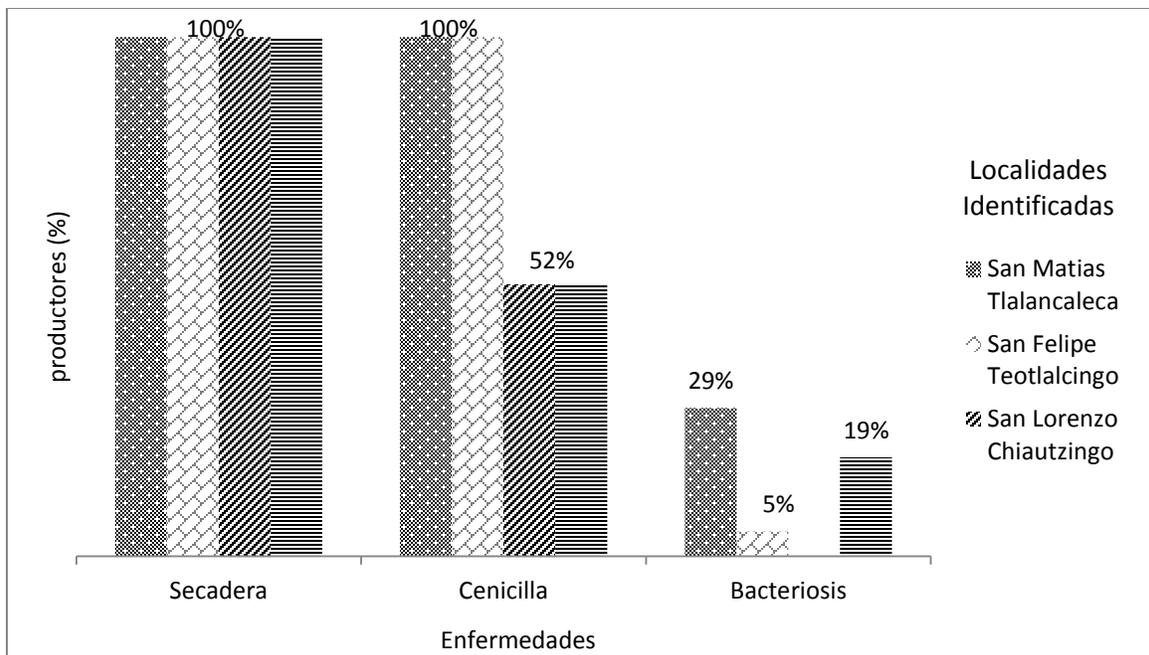


Figura 6. Afectación por enfermedades del cultivo consideradas por el productor de Chile.

### 5.3.2 El desconocimiento de solución a las enfermedades del Chile poblano criollo

En la región de estudio, ante el ataque de enfermedades principalmente originadas por hongos del suelo al cultivo, el agricultor realiza algunas labores al chilar, como la rotación con el cultivo de cempasúchil y el volteo de la tierra exponiéndola al sol y el ambiente, con la finalidad de minimizar los efectos de la enfermedad en el cultivo; sin embargo, los patógenos prevalecen año con año, por tanto, las enfermedades del cultivo. Actualmente se desconoce el producto, la acción o el manejo que erradique a los hongos patógenos que provocan las enfermedades del cultivo, específicamente la secadera o marchitez del Chile (Ma *et al.*, 2015).

La falta de asesoría sobre el manejo de patógenos en la región y el cultivo consecutivo de Chile poblano, aumenta la incidencia de los hongos que provocan la secadera o marchitez del Chile (Palti, 1981). En ocasiones se observa, la aplicación consecutiva de un mismo fungicida, por parte de los productores, que llegan a invertir en productos

químicos, con la finalidad de mitigar los efectos de la secadera, lo que provoca la resistencia de los hongos patógenos del cultivo, al producto activo aplicado en el suelo.

Los agricultores de la región manifiestan desconocimiento de soluciones efectivas ante la enfermedad marchitez o secadera del chile, por lo que la mitigación de sus efectos frecuentemente es adaptada del conocimiento empírico que se posee de laboreo y rotación de cultivo, rotando cultivos de diferentes tipos en base a las inferencias de efectividad en la experimentación empírica que se realiza en campo.

#### **5.4 Perseverancia en la siembra de chile poblano criollo**

La continuidad y la perseverancia del productor en la producción de chile poblano criollo en la región, responde a la demanda gastronómica local y principalmente a la tradición que se tiene de su cultivo, transmitida de forma oral de una generación a otra. Buen porcentaje (82%) de productores de las 4 comunidades seleccionadas lo señalaron; en San Lorenzo Chiautzingo con 90% se presentó el máximo porcentaje de productores y en San Matías Tlalancaleca el mínimo con 57%, valorando esa perseverancia.

El consumidor de chile poblano en la región de estudio, prefiere el picor y la textura de los chiles criollos producidos en su localidad, en comparación con los chiles poblanos a los cuales llaman “chinos”, mismos que no siempre proceden de Asia, sino que muchas veces son frutos de materiales de chile mejorado que no resuelven ni complacen la fina demanda, del paladar selecto de los consumidores locales (Rodríguez *et al.*, 2007).

Se encontró que gran parte de los productores dentro de sus parcelas de cultivo, designan una pequeña proporción del terreno para la producción de chile poblano criollo, o en cultivo intercalado con maíz, frijol y haba, pensando directamente en obtener cosecha que les abastezca su autoconsumo, durante el año en seco o de temporada en fresco, y así degustar del chile poblano criollo en la comida diaria y o en la temporada de los chiles en nogada, para la cual coincide la producción de algunos nogales en cultivo intercalados, en su propiedad.

## **5.5 La demanda gastronómica del chile poblano**

Con la información obtenida sobre la perseverancia en el establecimiento del cultivo de chile poblano criollo, por parte de los productores, se obtuvo que actualmente es demandado por la gastronomía de la región de estudio, ya sea como alimento diario y/o para la elaboración de platillos típicos locales en fresco en mayor cantidad y/o en seco en menor medida. En la “Décima Convención Mundial de Chiles”, celebrada en 2013 (Ramírez *et al.*, 2013), se muestra la importancia de la demanda de variedades criollas endógenas de las localidades, por parte de los consumidores, en su gastronomía regional y la importancia que tiene ésta demanda en la continuidad del cultivo, seleccionando y reproduciendo semillas criollas en cada ciclo de producción (Cruz, 2013), conservando así la diversidad genética del cultivar (Altieri, 1991). Gran parte de la perseverancia en el cultivo de chile poblano criollo se debe a los atributos de calidad que demanda el consumidor en la gastronomía local, como el picor que es peculiar en los frutos de chile poblano local y la facilidad con la que son transformados en alimentos, posteriormente a su tostado y la remoción de su piel o cutícula, proceso denominado en campo como “pelado de los chiles” y de suma importancia para las amas de casa para la elaboración de los alimentos. Se observa la presencia primordial del fruto de chile poblano en los alimentos de las localidades, como las rajas con huevo, el mole poblano, el mole de rajas aguadas, los chiles rellenos de queso, las rajas con limón, entre otros, ya sea como ingrediente principal, materia prima y como especia.

### **5.5.1 Dos componentes de calidad del chile poblano**

Los consumidores de chile poblano criollo de las localidades en la región de estudio, valoran el picor intermedio (Vázquez *et al.*, 2010) (Cuadro 1) característico de los frutos de chiles poblano (Morán *et al.*, 2008). De la misma forma, en la región de estudio se valora altamente por las amas de casa la versatilidad de los frutos, para ser preparados como alimentos en la comida diaria y/o condimentos de la misma, considerando factores como el picor (pungencia), la facilidad de asado y la remoción de la piel, o despellejado (desprendimiento de la cutícula) de gran importancia. En el Cuadro 1 se observa la calidad del chile poblano criollo en dos atributos: la pungencia o el picor y la

facilidad de remoción de la cutícula o despellejamiento, así mismo, un factor importante para esta última característica, el de asado, que facilita la remoción cuticular y resulta una práctica común para la preparación del chile en alimento.

Cuadro 1. Cualidades del chile poblano criollo valoradas por el productor.

Cualidades del chile poblano criollo		Experiencia en el cultivo de chile poblano criollo en años				
		1	2	3	5	10
Atributo de picor de chile poblano	malo	9	2	1	0	0
	regular	12	6	7	5	1
	bueno	19	17	0	5	0
Atributo de asado de chile poblano	malo	0	0	0	0	0
	regular	18	6	8	4	0
	bueno	22	19	0	6	1
Remoción de cutícula del chile poblano, posterior al asado	malo	4	0	1	0	0
	regular	11	8	7	5	0
	bueno	25	17	0	5	1

Pungencia del chile poblano		Criollo
Pungencia del chile poblano	malo	12
	regular	21
	bueno	30

Con la información obtenida de las características del chile poblano criollo se construyó un cuadro de control de los datos (Cuadro 2), para realizar el análisis estadístico de comparación de medias y la construcción de gráficas que muestran de manera práctica la información obtenida. En el siguiente cuadro es posible observar las principales características del chile poblano producido en cielo abierto y en invernadero. El Cuadro 2 se desglosa posteriormente en el tratamiento de los datos respecto a la dimensión, el grosor y el picor de los frutos de chile poblano criollo de dos localidades en la región de estudio, establecidos en cultivo protegido y colectados a cielo abierto en cultivo tradicional.

Cuadro 2. Datos de tamaño, peso, picor y grosor cuticular del pericarpio.

	Muestra	Tamaño (mm)	Peso antes de liofilizar (g)	Peso total antes de liofilizar (g)	Peso Después de liofilizar (g)	Peso total Después de liofilizar (g)	Unidades Scoville de capsaicina	Grosor cuticular del pericarpio (mm)
SMT-CA	1	90	23.8	86.8	1.428	5.208	1215	0.9
SMT-CA	1	70	13.5		0.81		980	0.95
SMT-CA	1	80	13.7		0.822		990	0.78
SMT-CA	1	60	26.7		1.602		996	0.95
SMT-CA	1	50	9.1		0.546		1155	0.98
SFT-CA	2	70	28.5	154.8	1.71	9.288	1153	1
SFT-CA	2	50	23.5		1.41		1899	1.53
SFT-CA	2	80	29.5		1.77		990	0.99
SFT-CA	2	90	32.8		1.968		995	1.1
SFT-CA	2	80	40.5		2.43		996	1.5
SMT-INV	3	90	21	117.5	1.05	5.875	1100	1.5
SMT-INV	3	100	23.5		1.175		998	1.3
SMT-INV	3	150	24		1.2		1100	0.99
SMT-INV	3	80	25		1.25		999	1.2
SMT-INV	3	90	24		1.2		1200	1.8
SFT-INV	4	150	42	148	2.1	7.4	1100	1.8
SFT-INV	4	150	30		1.5		996	1.8
SFT-INV	4	190	21		1.05		1116	1.5
SFT-INV	4	110	25		1.25		1116	1.2
SFT-INV	4	100	30		1.5		1117	0.99
SMT =San Matías Tlalancaleca					CA = cielo abierto			
SFT= San Felipe Teotlalcingo					INV = invernadero			

### 5.5.2 Dimensiones de los frutos de chile poblano criollo de la región

Con la información encontrada de los consumidores y amas de casa, se obtuvo que en la elaboración de los alimentos, la cantidad de ingredientes o el relleno, depende del tamaño del chile poblano. Como parte del control sobre las muestras de chile poblano

criollo obtenidas en ambiente protegido y a cielo abierto, se cuantificó el tamaño de los frutos, con lo que se observó que los chiles poblanos criollos cultivados a cielo abierto (CA) son más pequeños que los cultivados en invernadero (INV) (Figura 7), esto concuerda con otros estudios del tamaño y el rendimiento de solanáceas cultivadas en condiciones protegidas (Zúñiga-Estrada *et al.*, 2004; Carrillo y Chávez, 2010), las cuales permiten la obtención de frutos más grandes (Ramos y De Luna, 2006; Torres, 2009).

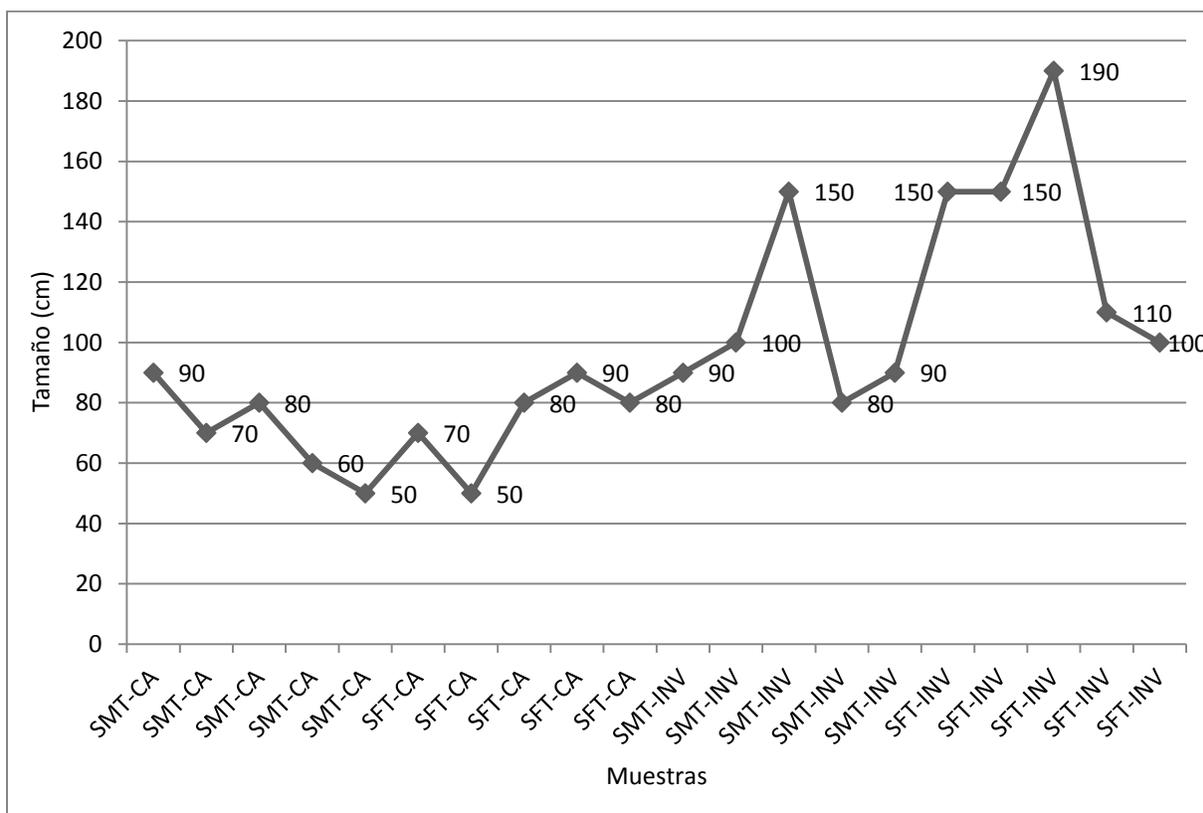


Figura 7. Tamaño de frutos de chile poblano criollo, de ápice a cajete, de San Matías Tlalancaleca (SMT) y San Felipe Teotlalcingo (SFT) cultivados en cielo abierto (CA) e invernadero (INV).

### 5.5.3 La pungencia del chile poblano criollo

El consumidor de chile poblano en la región, prefiere el picor intermedio del chile poblano criollo, lo que le permite percibir el picor y degustar su sabor. Para determinar el picor del chile poblano criollo en la región se compararon materiales de dos localidades en la región de estudio, San Matías Tlalancaleca y San Felipe Teotlalcingo,

seleccionadas por la importancia de sus criollos ancestrales, en dos ambientes de cultivo diferentes. Se determinó el picor o pungencia de los chiles por el contenido de capsaicina en el fruto, en Unidades Scoville de Picor (USP), por medio de Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC).

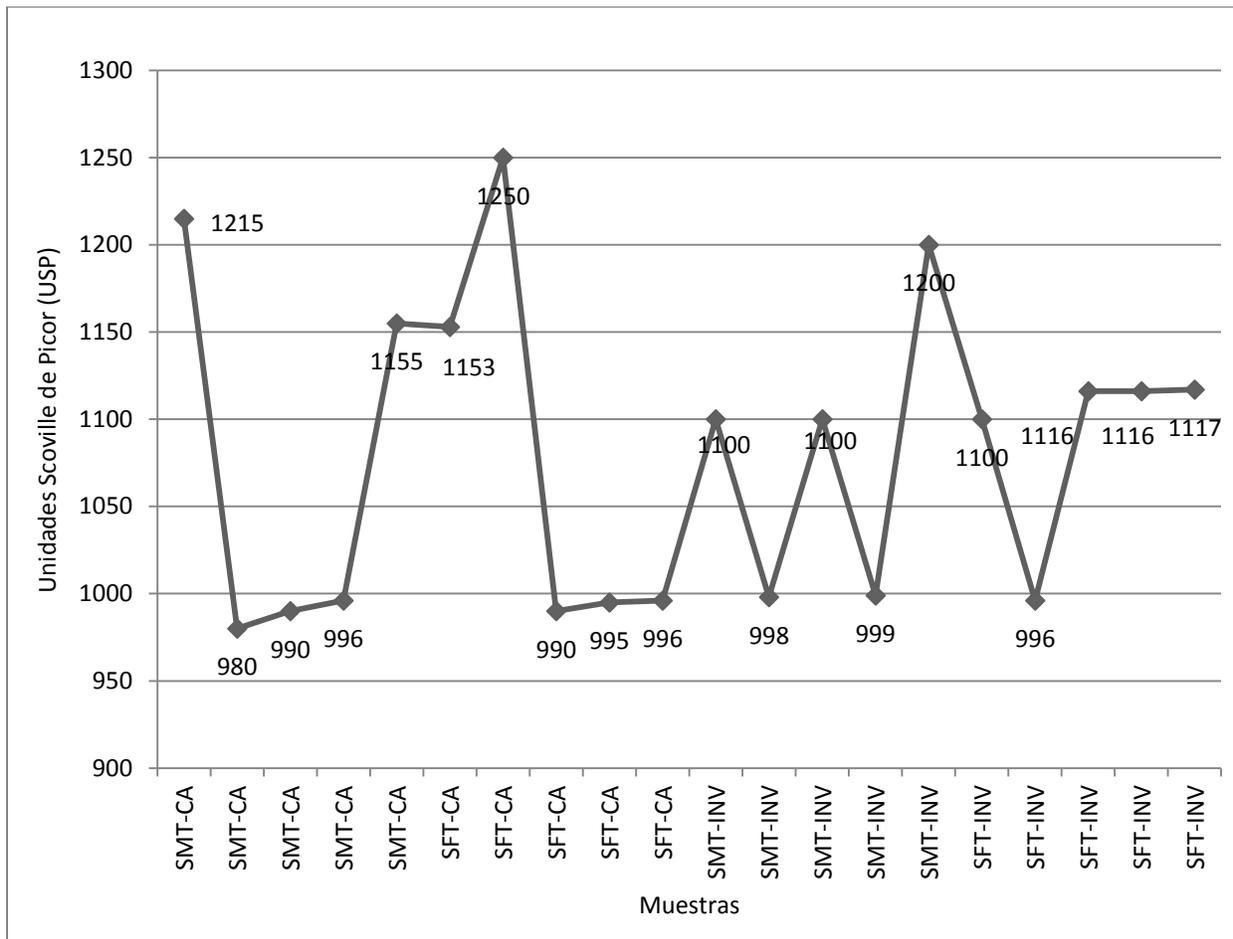


Figura 8. Pungencia en Unidades Scoville de Picor, de los frutos de chile poblano criollo de San Matías Tlalancaleca (SMT) y San Felipe Teotlalcingo (SFT) cultivados en cielo abierto (CA) e invernadero (INV).

Se identificó una distribución irregular del contenido de capsaicina de los chiles en (USP) (Figura 8) y no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre ambientes (Cuadro 3). Se observa, aparente homogeneidad de chile poblano criollo cultivado en invernadero (Figura 8), de lo que pudiera inferirse un adecuado control del picor del chile en condiciones protegidas.

No se encontró diferencia estadísticamente significativa del picor entre ambientes de cultivo. Se observa, aparentemente, que el picor de los frutos de chile poblano cultivados en cielo abierto fue ligeramente superior dentro de los parámetros de calidad (Scoville, 1912) y como el material más picoso en los dos ambientes de cultivo, el chile poblano criollo de San Felipe Teotlalcingo, en comparación con el material criollo de San Matías Tlalancaleca (Figura 8).

Cuadro 3. Prueba ANOVA y cálculo de F de Fisher para nivel de picor o pungencia.

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
Cielo abierto	10	11369	1136.9	79455.66		
Invernadero	10	10842	1084.2	4413.956		
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Variables	13886.45	1	13886.45	0.3311	0.5721	4.4138
Error	754826.5	18	41934.81			
Total	768713	19				
<b>Descripción de cuadro</b>						
Se realizó una ANOVA (Canavos y Medal, 1987), al ser menor el valor obtenido de F con respecto al valor presente en tablas de F de Fisher podemos decir que no existe efecto significativo entre los dos grupos.						

#### 5.5.4 El grosor cuticular del chile poblano criollo

En la región de estudio la segunda característica más importante de calidad de los chiles poblanos, demandada por el consumidor, es la facilidad con la que es transformado en alimento; “lo fácil de pelar después de tostar”. Para la preparación del chile en alimento, este es tostado al fuego, sudado y “pelado” removiendo la cutícula tostada del pericarpio (Buenrostro y Barros, 2001; Román, 2008).

El grosor de la cutícula del chile, compromete o no la calidad del fruto al ser removida, posteriormente al asado, la cual se desprende con el pericarpio o del pericarpio, dependiendo de su grosor; por lo que los frutos con cutícula delgada permiten su remoción sin comprometer la carne o pericarpio del fruto.

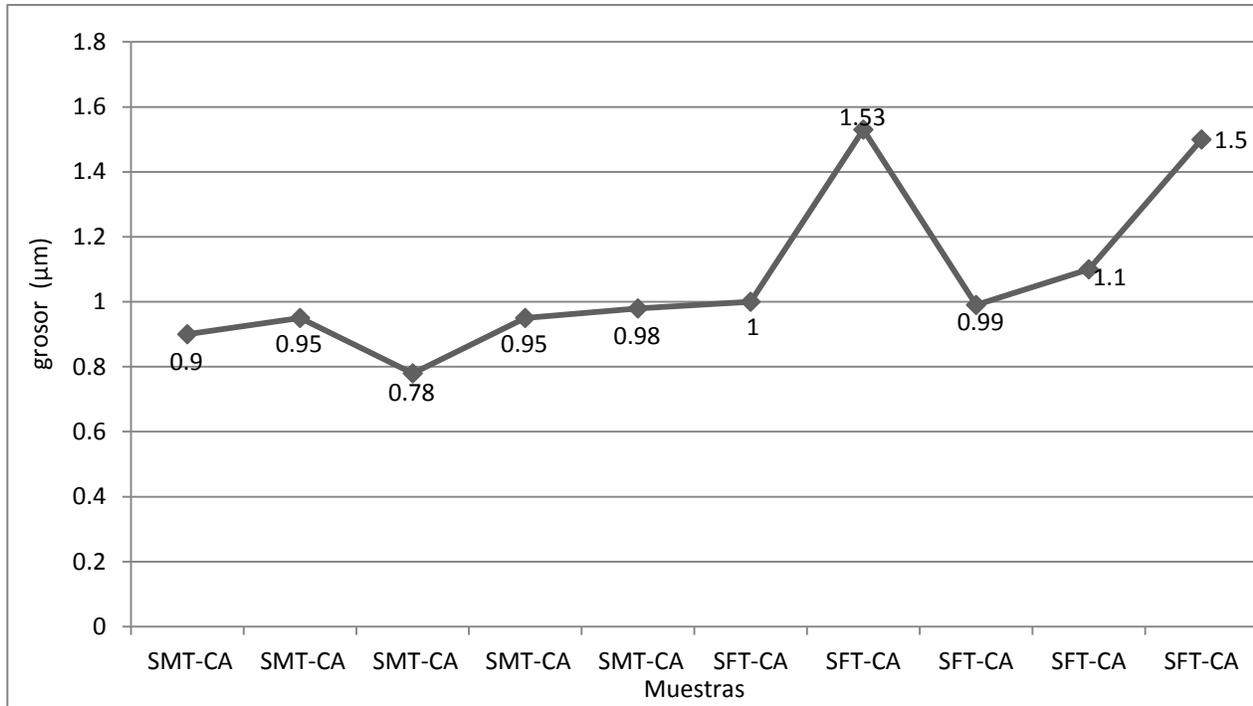


Figura 9. Grosor de la cutícula de chiles poblanos criollos de San Matías Tlalancaleca (SMT) y San Felipe Teotlalcingo (SFT) cultivados en cielo abierto (CA).

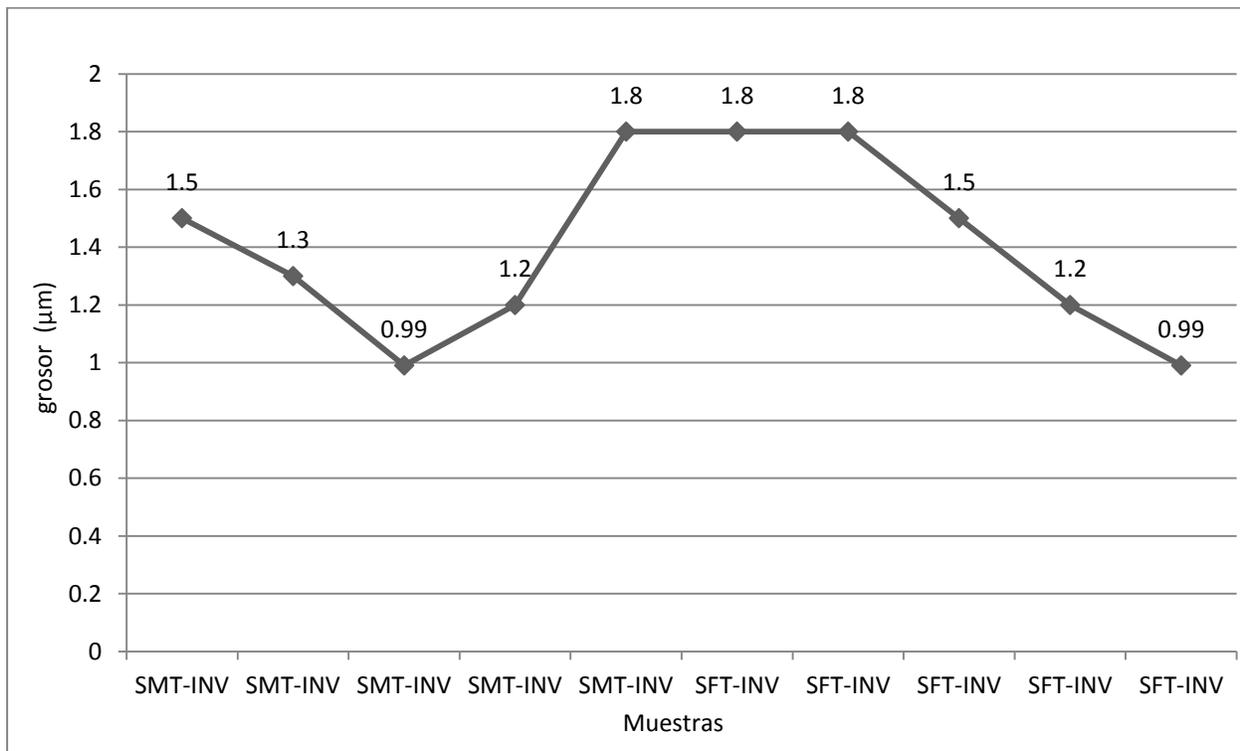


Figura 10. Grosor de la cutícula de chiles poblanos criollos de San Matías Tlalancaleca (SMT) y San Felipe Teotlalcingo (SFT) cultivados en invernadero (INV).

El grosor cuticular de los frutos de chile poblano cultivados en invernadero, fueron ligeramente superiores (Figura 10), en comparación con los frutos cultivados a cielo abierto (Figura 9), encontrando efecto significativo (Cuadro 4).

Los chiles poblanos criollos de San Felipe Teotlalcingo (SFT) en los dos ambientes de cultivo, presentaron valores más altos de grosor cuticular y tamaño del fruto, con respecto a San Matías Tlalancaleca (SMT) (Figura 9 y Figura 10), lo que puede atribuirse a la genética de los materiales. Según estudios de caracterización biológica de chiles criollos, el chile poblano de esta región presenta importantes atributos morfológicos de grosor y turgencia (Morán *et al.*, 2008) en comparación con los de otras procedencias.

Las condiciones de colecta de los materiales, fueron consideradas en los mismos momentos para los dos ambientes de cultivo; a pesar de que el grosor de la cutícula de chile poblano criollo está determinada por la expresión fenotípica de la información genética del cultivar, Lallana *et al.* (2006) señala la relación que tiene la temperatura con el grosor y la estructura de la cutícula vegetal, lo que resultó importante de considerar en esta investigación.

Se realizó una prueba ANOVA (Cuadro 4), que permite establecer la significancia estadística, comparando el resultado de F, con los cálculos de la distribución de F de Fisher.

Cuadro 4. Prueba ANOVA y cálculo de F de Fisher para nivel de grosor cuticular.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Cielo Abierto	10	10.68	1.068	0.0620		
Invernadero	10	14.08	1.408	0.10284		
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Variables	0.578	1	0.578	7.0102	0.0163	4.4138
Error	1.4841	18	0.0824			
Total	2.0621	19				

**Descripción de cuadro**

En el análisis de varianza al ser mayor el valor obtenido de F con respecto al valor presente en tablas de F se puede decir que existe efecto estadístico entre los dos grupos.

Cuadro 5. Prueba Tukey de comparación de medias para nivel de grosor de la cutícula entre ambientes.

DIFERENCIA HONESTAMENTE SIGNIFICATIVA (HSD)	0.270		
multiplicador	2.97		
cuadrado del error medio MSe	0.082451111		
n	10		
	cielo abierto	invernadero	
cielo abierto		-0.34	
invernadero	0.34		
Tratamiento	medias	n	
cielo abierto	1.068	10	a
invernadero	1.408	10	b
<b>Descripción del cuadro</b>			
Por lo tanto, al encontrar que la diferencia entre grupos es mayor a la diferencia honestamente significativa calculada, podemos decir con 95% de confiabilidad que existe diferencia entre los grupos			

La cutícula del fruto, controla el cambio de temperatura y le provee de soporte mecánico, según Tafolla-Arellano *et al.* (2013), el grosor de la cutícula del fruto, depende de su genética, fisiología, el clima y su manejo, durante el desarrollo y postcosecha del fruto. La relación del grosor de la cutícula del fruto con la temperatura (Riederer y Schreiber, 2001), resulta importante de observarse como mecanismo de protección a la pérdida de humedad del fruto, dado que algunos autores señalan que la constitución cuticular del fruto depende de factores externos (Lee y Priestley, 1924). En otras investigaciones se afirma que el aumento del grosor de la cutícula depende de la putrescina ( $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$ ), 1.4-diaminobutano, la cual es producto del metabolismo del cultivo relacionado con la nutrición (Mena-Violante *et al.*, 2006). En investigaciones de evaluación de características agronómicas, se aborda el tema del cultivo de chile en invernadero como propuesta de futuras investigaciones sobre los efectos en los frutos del cultivo (Jensen, 2001).

## VI. CONCLUSIONES

El objetivo de la investigación se cumplió, al identificar el chile poblano que es sembrado en la región del Alto Atoyac, así como la problemática de su cultivo tradicional en suelo a cielo abierto y, al comparar el picor y el grosor cuticular del chile poblano criollo en invernadero y a cielo abierto.

La primera hipótesis de que el chile poblano cultivado en la región es criollo y es afectado principalmente por enfermedades, ante las que prevalece su cultivo, no se rechaza, al encontrar que el chile poblano en el Alto Atoyac es afectado por la enfermedad fungosa denominada “Secadera o Marchitez del chile”, ante lo cual y por la demanda de los consumidores locales en sus alimentos y la tradición que reviste su cultivo, continua siendo cultivado en pequeñas superficies con semillas criollas de la región.

La segunda hipótesis que señala: el picor del chile poblano criollo cultivado en invernadero presenta valores más altos, con respecto a los obtenidos a cielo abierto, se rechaza, al no encontrar diferencia estadísticamente significativa entre ambientes de cultivo.

La tercera hipótesis, de que la cutícula de los frutos de chile poblano criollo, cultivados en invernadero es más gruesa, con respecto a los obtenidos a cielo abierto, no se rechaza, al encontrar diferencia estadísticamente significativa de los chiles entre los ambientes de cultivo, observando valores más altos de grosor cuticular del pericarpio en frutos criollos de chile poblano cultivados en invernadero.

En la región de estudio, la producción de chile poblano criollo en invernadero, permite la obtención de frutos con un picor similar al obtenido de su cultivo a cielo abierto y de mayor tamaño, puede considerarse como una alternativa de conservación, ante la problemática del cultivo. Resulta importante continuar con la investigación de los factores que favorecen el incremento del grosor cuticular del fruto de chile poblano.

## VII. ESTRATEGIA PARA LA OBTENCIÓN DE CHILE POBLANO CRIOLLO DE CALIDAD EN AGRICULTURA PROTEGIDA.

Actualmente la calidad del chile poblano, es considerada como el principal factor que soporta y facilita la siembra y comercialización del producto dentro de la región, es por ello que la estrategia deberá de entenderse como el establecimiento de objetivos a mediano plazo, en el que una serie de acciones de investigación de carácter agronómico, permitan la obtención de frutos de chile poblano criollo de calidad, bajo condiciones protegidas, principalmente en dos componentes como son el picor o pungencia y el grosor cuticular. En el Cuadro 6 se presenta la finalidad de la investigación planteada como continuidad de los resultados obtenidos en el presente trabajo; así como los objetivos planteados y las principales acciones que se proponen realizar.

Cuadro 6. Estrategia para la obtención de chile poblano criollo de calidad en invernadero.

<b>Finalidad</b>	Contribuir a la conservación del chile poblano criollo del Alto Atoyac.
<b>Objetivo general</b>	Producir en invernadero chile poblano criollo de calidad, del “Alto Atoyac”.
<b>Objetivo específico</b>	Producir chile poblano criollo de buena calidad, con base a las características esperadas por el consumidor local.
<b>Actividades</b>	<p>1.-Identificación y evaluación de la calidad del chile poblano criollo del Alto Atoyac, mediante degustaciones con los consumidores locales.</p> <p>2.-Obtención de frutos de chile poblano criollo de calidad en invernadero, con base a los factores antes encontrados.</p> <p>2.- Talleres participativos, con la finalidad de observar la percepción de la calidad del chile poblano cultivado en invernadero en los consumidores.</p> <p>3.- Capacitación a productores para el cultivo protegido de chile poblano criollo.</p> <p>4.- Elaboración de material de apoyo, para difundir los beneficios de la agricultura protegida entre los productores de chile poblano.</p>
<b>Sitio</b>	Las acciones deberán de realizarse con la colaboración de los consumidores

	locales y los productores participantes de la zona de influencia Alto Atoyac, que vinculados con el sector empresarial, las instituciones de investigación y el apoyo gubernamental, contribuyan a la articulación de la estrategia como un plan de acción.
--	---

La propuesta de la estrategia está orientada a conservar el chile poblano criollo de la región. Para el establecimiento de la estrategia resulta medular, la participación de los productores que actualmente cultivan chile en la región, y que tienen el interés de continuar con el cultivo por razones socio culturales o independientes, que además pretendan generar un recurso que sustente y apoye su estilo de vida.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Altieri, M. (1991). "Agricultura moderna frente a agricultura tradicional". En: Agroecología y desarrollo, revista de CLEDES No. Especial 1. Recuperado de: [www.clades.org/r1-art2.htm](http://www.clades.org/r1-art2.htm).
- Alvarado, N., y Laurentin, H. E. (2013). Evaluación de la diversidad genética de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius, 1889) sobre pimentón (*Capsicum annuum* L.) En Moroturo, estado Lara, mediante RAPD. *Entomotropica*, 28(3), 219-226.
- Anderson, J. J., Bookhart III, S. W., Clark, J. M., Jernberg, K. M., Kingston, C. K., Snyder, N., y Watson, L. J. (2013). Uptake of *Cyantraniliprole* into Tomato Fruit and Foliage under Hydroponic Conditions: Application to Calibration of a Plant/Soil Uptake Model. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(38), 9027-9035.
- Apichartsrangkoon, A., Chaikham, P., Srisajjalertwaja, S., Chunthanom, P., y Dajanta, K. (2013). Aroma volatile profiles of Thai green chili paste (Nam Prig Noom) preserved by ultra-high pressure, pasteurization and sterilization. *International Food Research Journal*, 20(4), 1739-1746.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Atiyeh, R., y Metzger, J. D. (2004). Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, 93(2), 139-144.
- Ariza, M. (2014). Migración y familia en la investigación mexicana: Un balance reciente. *Migraciones Internacionales*, 7(4), 09-37.
- Arizpe, L. (1978). Migración, etnicismo y cambio económico (Un estudio sobre migrantes campesinos a la ciudad de México). Recuperado de: <http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmcdn604>
- Ashwini, D., Sree, M. G. U., Ajitha, M. A., y Rao, V. U. M. (2015). Extraction of capsaicin from *Capsicum frutescens* L., and its estimation by rp-hplc method. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(09), 839-848.
- Barbero, G. F., Liazid, A., Ferreiro-González, M., Palma, M., & Barroso, C. G. (2016). Fast Separation of Capsaicinoids from Peppers by Reversed Phase Ultra-Performance Liquid Chromatography: Comparison with Traditional High-Performance Liquid Chromatography Methods. *International Journal of Food Properties*, 19(5), 984-992.
- Bass, C., Puinean, A. M., Zimmer, C. T., Denholm, I., Field, L. M., Foster, S. P., y Williamson, M. S. (2014). The evolution of insecticide resistance in the peach

potato aphid, *Myzus persicae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 51, 41-51.

Benítez, J. A. C., Nikolskii, I. G., Navarro, L. A. A., Ramírez, R. A., Maurice, M. E., y Reynoso, D. S. F. (2002). Pronóstico del cambio en algunas propiedades de los suelos agrícolas al modificarse las condiciones micro-climáticas *Agrociencia*, 36 (3), 267-277.

Bernala, L. E. P., Rumayor-Rodriguezb, A., Perez-Veynac, O., y Reyes-Rivasd, E. (2010). Competitiveness of Zacatecas (Mexico) protected agriculture: The fresh tomato industry. *International Food and Agribusiness Management Review*, 13(1).

Bernstein, N., Guetsky, R., Friedman, H., Bar-Tal, A., y Rot, I. (2008). Monitoring bacterial populations in an agricultural greenhouse production system irrigated with reclaimed wastewater. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 83(6), 821-827.

Betts, T.A. (1999). Pungency Quantitation of Hot Pepper Sauces Using HPLC. *Journal of Chemical Education*, 76(2), 240-244.

Blasius, J., y Greenacre, M. (Eds.). (2014). *Visualization and verbalization of data*. New York: CRC Press.

Borra, V. L., y Pagura, J. A. (2013). Estimación del total de hogares con necesidades básicas insatisfechas en la ciudad de Rosario, utilizando modelos de semivariograma. Decimoctavas Jornadas "Investigaciones en la Facultad de Ciencias Económicas y Estadística, Universidad Nacional del Rosario. Recuperado de: [http://www.fcecon.unr.edu.ar/web-nueva/sites/default/files/u16/Decimocuertas/borra\\_pagura\\_estimacion\\_total\\_de\\_hogares.pdf](http://www.fcecon.unr.edu.ar/web-nueva/sites/default/files/u16/Decimocuertas/borra_pagura_estimacion_total_de_hogares.pdf)

Brossier, J. (1987). Système et système de production. *Cahiers des Sciences Humaines*, 23, 1-14.

Buenrostro, M., y Barros, C. (2001). *La cocina prehispánica y colonial*. Dirección General De Publicaciones. México, D.F. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

Cadahia, C. (Ed.). (2005). *Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. Mundi-Prensa Libros. Madrid, Barcelona, México: Ediciones Mundi-prensa.

Campbell, D. T., y Stanley, J. C. (2015). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Ravenio Books. Northwestern University.

Canavos, G. C., y Medal, E. G. U. (1987). *Probabilidad y estadística*. Madrid España: Mcgraw Hill.

- Carrillo R, J. C., y Chávez S, J. L. (2010). Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(SPE4), 1-6.
- Carton G. H. (2009). La nueva estructura ocupacional en los hogares rurales mexicanos: En la pluriactividad en el campo latinoamericano. Compiladores: Hubert C. De Grammont y Luciano Marínez Valle. Flacso, Quito-Ecuador. 1ª Edición.
- Castellanos, G. D. (2015). Agricultura y desarrollo local en Guatemala. *Revista Rupturas*, 5(1), 49-69.
- Castellón-Martínez, É., Chávez-Servia, J. L., Carrillo-Rodríguez, J. C., y Vera-Guzman, A. M. (2012). Preferencias de consumo de chiles (*Capsicum annuum* L.) Nativos en los valles centrales de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(SPE. 5), 27-35.
- Cázares-Sánchez, E., Rodríguez-González, M. T., Hernández, R. M. S., Chávez-Servia, J. L., Castillo-González, F., y Ramírez-Vallejo, P. (2005). Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfo tipos de chile (*Capsicum annuum* L.) Del centro-oriente de Yucatán. *Agrociencia*, 39(6), 627-638.
- Ceballos, R. I. y Cruz, B. J. (2014). Importancia del cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.) en México. (Monografía de pregrado).UAAAN, Saltillo, Coah. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/1194>
- Cerón-Carrillo, T., Munguía-Pérez, R., García, S., y Santiesteban-López, N. A. (2014). Actividad antimicrobiana de extractos de diferentes especies de chile (*Capsicum*). *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1, 213-221.
- Chávez, E. S., González, A. T., Córdova, M. A. F., Rangel, P. P., y Quiroz, C. M. (2015). Uso de porta injerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a *Phytophthora capsici* Leonian en pimiento morrón. *Nova Scientia*, 7(15), 227-244.
- Chen, C. J. (1993). Introduction to scanning tunneling microscopy (Vol. 2). New York: Oxford University Press.
- Chiapetto, C. R. (2014). Población y migraciones rurales en México: Hipótesis para otro siglo. *Revista Economía, Sociedad y Territorio*, 2(6), 240-249.
- Cisneros P., O., Torres-Tapia, L. W., Gutiérrez-Pacheco, L. C., Contreras-Martín, F., González-Estrada, T., y Peraza-Sánchez, S. R. (2007). Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the State of Yucatan, México. *Food Chemistry*, 104(4), 1755-1760.

- Collins, M. D., Wasmund, L. M., y Bosland, P. W. (1995). Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using high-performance liquid chromatography. *Hortscience*, 30(1), 137-139.
- COLPOS (2014). Foro de Microrregiones de Atención Prioritaria. Colegio de Postgraduados. Texcoco Estado de México.
- CONAPROCH, Comité Nacional Sistema Producto Chile. (2014). Plan Rector Nacional Órgano desconcentrado (SAGARPA). Recuperado de [http://www.conaproch.com/descargas/PLAN\\_RECTOR\\_2014.pdf](http://www.conaproch.com/descargas/PLAN_RECTOR_2014.pdf)
- Cruz V. A. (2013). Calidad del chile poblano, oportunidad de comercio para productores de San Matías Tlalancaleca y San Rafael Tlanalapa, Puebla (Tesis de maestría).COLPOS, Puebla. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10521/1981>
- Daniel, H. C. F., Wilfredo, F. F., Francisco, C. R., Gabriel, G. M. y Epifanio, C. D. Á. (2014). Antibiosis In vitro of *Trichoderma* Strains Metabolic Extract on Mycelial Growth and Reproductive Capacity of *Fusarium oxysporum* Isolated from Pepper Plants (*Capsicum annum* L.). *British Biotechnology Journal*, 4(4), 387-399.
- Derbyshire, G., Hoffman, E. W. y Kempen, E. (2015). The role of nutrient solution composition on the uptake of nutrients, growth and vase life of tulips grown hydroponically under South African conditions. *South African Journal of Plant and Soil*, 32(3), 129-137.
- Domínguez-Cañedo, I. L., Beristain-Guevara, C. I., Díaz-Sobac, R. y Vázquez-Luna, A. (2015). Degradación de carotenoides y capsaicina en el complejo de inclusión molecular de oleoresina de chile habanero (*Capsicum chinense*) con  $\beta$ -ciclodextrina. *Cyta-Journal of Food*, 13(1), 151-158.
- Duarte, C. M., Crew, M., Casimiro, T., Aguilar-Ricardo, A. y da Ponte, M. N. (2002). Phase equilibrium for capsaicin+ water+ ethanol+ supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*, 22(2), 87-92.
- Dunn, O. J. y Clark, V. A. (1986). Applied statistics: analysis of variance and regression. *Journal of Educational Statistics*, 15 (2), 175-178.
- Eggenhuisen, T. M., Munnik, P., Talsma, H., De Jongh, P. E. y De Jong, K. P. (2013). Freeze-drying for controlled nanoparticle distribution in Co/sio 2 Fischer–Tropsch catalysts. *Journal of Catalysis*, 297, 306-313.
- Eliosa-Martínez, J. A. (2012). Migración internacional: Estrategias de sobrevivencia e identidad campesina en San Felipe Teotlalcingo, Puebla, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 9(1), 71-84.

- Engindeniz, S. (2006). Economic analysis of pesticide use on processing tomato growing: a case study for Turkey. *Crop Protection*, 25(6), 534-541.
- Espinoza, L., Ramírez, O., y Figueroa, E. (2013). Mercados, canales y márgenes de comercialización de chile manzano en el Estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 37, 70-88.
- Fried, M. (2012). *The soil-plant system: in relation to inorganic nutrition*. Elsevier.
- García B. J. (1974). Análisis de factores múltiples como método de zonificación agroecológica de cultivos y marco de referencia biofísico en la regionalización. *Agronomía Tropical (Venezuela)*, 24(5), 399-419.
- García-Guerrero, D. A., García-Martínez, O., y Carapia-Ruiz, V. E. (2015). Especies de moscas blancas (*Hemiptera: Aleyrodidae*), asociadas a cultivos y arvenses en el norte de Veracruz, México. *Entomología Mexicana*, 2, 552-557.
- García-Nieto, E., Carrizales-Yañez, L., Juárez-Santacruz, L., García-Gallegos, E., Hernández-Acosta, E., Briones-Corona, E., y Vázquez-Cuecuecha, O. G. (2011). Plomo y arsénico en la sub-cuenca del Alto Atoyac en Tlaxcala, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(1), 7-17.
- Garduño, A. (2014). El sistema agroforestal Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF): productividad y optimización económica del maíz y frijol (Tesis doctoral). COLPOS, Texcoco, Edo de México. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10521/2416>
- Georgé, S., Tourniaire, F., Gautier, H., Goupy, P., Rock, E. y Caris-Veyrat, C. (2011). Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. *Food Chemistry*, 124(4), 1603-1611.
- Germain, J. F., Chatot, C., Meusnier, I., Artige, E., Rasplus, J. Y. y Cruaud, A. (2013). Molecular identification of Epitrix potato flea beetles (*Coleoptera: Chrysomelidae*) in Europe and North America. *Bulletin of Entomological Research*, 103(03), 354-362.
- González E., Yañez J. M., Santiago V., Montero 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-Zamora, A., Sierra-Campos, E., Luna-Ortega, J. G., Pérez-Morales, R., Ortiz, J. C. R. y García-Hernández, J. L. (2013). Characterization of different *Capsicum* varieties by evaluation of their capsaicinoids content by high performance liquid chromatography, determination of pungency and effect of high temperature. *Molecules*, 18(11), 13471-13486.

- Gruda, N. y Schnitzler, W. H. (2004). Suitability of wood fiber substrate for production of vegetable transplants: I. Physical properties of wood fiber substrates. *Scientia Horticulturae*, 100(1), 309-322.
- Guo, C. L., Chen, H. Y., Cui, B. L., Chen, Y. H., Zhou, Y. F., Peng, X. S., y Wang, Q. (2015). Development of a HPLC method for the quantitative determination of capsaicin in collagen sponge. *International Journal of Analytical Chemistry*, 1, 1-6.
- Guzmán, P., Fernández, V., Khayet, M., García, M. L., Fernández, A., y Gil, L. (2014). Ultrastructure of plant leaf cuticles in relation to sample preparation as observed by transmission electron microscopy. *The Scientific World Journal*, 1, 1-10.
- Hartley, T., Stevens, B., Ahuja, K. D. y Ball, M. J. (2013). Development and experimental application of an HPLC procedure for the determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in serum samples from human subjects. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 28(4), 329-335.
- Hernández X. E. (1988). La agricultura tradicional en México. *Comercio Exterior*, 38(8), 1-6.
- Hernández, R. A. y Frausto, G. E. (2010). Situación y perspectivas de la producción de chile seco en Zacatecas. *Revista de Geografía Agrícola*, (45), 19-38.
- Hernández-Verdugo, S., Aranda-Dávila, P. y Oyama, K. (1999). Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (64), 65-84.
- Huh, S. U., Choi, L. M., Lee, G. J., Kim, Y. J. y Paek, K. H. (2012). *Capsicum annuum* WRKY transcription factor d (cawrkyd) regulates hypersensitive response and defense response upon Tobacco mosaic virus infection. *Plant Science*, 197, 50-58.
- INEGI (2011) Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Diseño de la muestra en proyectos de encuesta 22,19. Recuperado de [http://www.snieg.mx/contenidos/espanol/normatividad/doctos\\_genbasica/muestra\\_encuesta.pdf](http://www.snieg.mx/contenidos/espanol/normatividad/doctos_genbasica/muestra_encuesta.pdf)
- Íñiguez-Covarrubias, M., Ojeda-Bustamante, W., Díaz-Delgado, C., y Sifuentes-Ibarra, E. (2014). Análisis de cuatro variables del período de lluvias asociadas al cultivo maíz de temporal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(1), 101-114.
- Iwai, K., Suzuki, T., y Fujiwake, H. (1979). Formation and Accumulation of Pungent Principle of Hot Pepper Fruits, Capsaicin and Its Analogues, in *Capsicum annuum* var. *annuum* cv. Karayatsubusa at Different Growth Stages after Flowering. *Agricultural and Biological Chemistry*, 43(12), 2493-2498.

- Jarret R. L. y P. Dang. (2004). Revisiting the waxy locus and the *Capsicum annuum* L. Complex. Georgia Journal of Science, 62, 117-133.
- Jensen, M. (2001). Producción Hidropónica en Invernaderos, Universidad de Arizona, Estados Unidos. Red Hidroponía, Boletín Informativo, (12) In International Symposium on Design and Environmental Control of Tropical and Subtropical Greenhouses, 578, 19-25
- Jensen, M. H. y Malter, A. J. (1995). Protected agriculture: a global review (Vol. 253). Washington, D.C. World Bank Publications.
- Katz, E. (2009). Chili pepper, from México to Europe. Food, imaginary and cultural identity. Universidad de Guadalajara, Colección Estudios del Hombre, Serie Antropología de la Alimentación, 213-232.
- Kim, H. K. y Verpoorte, R. (2010). Sample preparation for plant metabolomics. Phytochemical Analysis, 21(1), 4-13.
- Lallana, M. D. C., Billard, C. E., Elizalde, J. H. y Lallana, V. H. (2006). Breve revisión sobre características de la cutícula vegetal y penetración de herbicidas. Ciencia, Docencia y Tecnología, (33), 229-241.
- Lauffer, P., Emtsev, K. V., Graupner, R., Seyller, T., Ley, L., Reshanov, S. A., y Weber, H. B. (2008). Atomic and electronic structure of few-layer graphene on sic (0001) studied with scanning tunneling microscopy and spectroscopy. Physical Review B, 77(15), 50-100.
- Lee, B., y Priestley, J. H. (1924). The Plant Cuticle I Its Structure, Distribution, and Function. Annals of Botany, 38(151), 525-545.
- Lemoine, N. P. y Shantz, A. A. (2016). Increased temperature causes protein limitation by reducing the efficiency of nitrogen digestion in the ectothermic herbivore *Spodoptera exigua*. Physiological Entomology, 41(2), 143-151.
- León, J. J., Elías, J. L., López, M. A. H., López, A. M. G., Ortiz, R. S. y García, L. F. E. (2014). Respuesta de híbridos de chile anaheim (*Capsicum annuum* L.) Cardon y 118, cultivados bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero. European Scientific Journal, 10(6), 150-185.
- Levy, P. S. y Lemeshow, S. (2013). Sampling of populations: methods and applications. Iowa, Wiley.
- Lince, S. T., y Torres-Valenzuela, L. S. (2014). Evaluación de la deshidratación osmótica como pre-tratamiento al proceso de secado convectivo y molienda de ají (*Capsicum annuum*). Revista UGciencia-Universidad La Gran Colombia, 20(1), 79-86.

- López L., P. y F. H. Castro G. 2006. La diversidad de los chiles (*Capsicum* spp., Solanaceae) de Oaxaca. In: López L. P y S. Montes H. (eds.). 2006. Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto. México. 466 p. (Libro Científico Núm. 1). Pp. 135-178.
- López-López, P., y Pérez-Bennetts, D. (2015). El Chile huacle (*Capsicum annuum* sp.) En el estado de Oaxaca, México. *Agroproductividad*, 8(1), 37-39.
- Loss, C. R. y Bouzari, A. (2016). On food and chemesthesis–food science and culinary perspectives. *Chemesthesis*. Pennsylvania State University, U.S.A.;Wiley.
- Luna-Méndez, N., Jaramillo-Villanueva, J. L., Ramírez-Juárez, J., Escobedo-Garrido, S., Bustamante-González, Á., y Campos-Ríos, G. (2013). Tipología de unidades de producción de nuez de castilla en sistema de producción tradicional. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 10(3), 283-303.
- Ma, Y., Gentry, T., Hu, P., Pierson, E., Gu, M., y Yin, S. (2015). Impact of brassicaceous seed meals on the composition of the soil fungal community and the incidence of *Fusarium* wilt on chili pepper. *Applied Soil Ecology*, 90, 41-48.
- Macassi, A. S., y de Ugaz, O. L. (2013). Liofilización. *Revista de Química*, 9(2), 173-183.
- Madejón, P., Barba-Brioso, C., Lepp, N. W., y Fernández-Caliani, J. C. (2011). Traditional agricultural practices enable sustainable remediation of highly polluted soils in Southern Spain for cultivation of food crops. *Journal of Environmental Management*, 92(7), 1828-1836.
- Malassis, L. (1985). Politiques et stratégies alimentaires in *Politiques et stratégies alimentaires*. *Economies et Sociétés*, 19(7), 3-22.
- Manjunath, M., Prasanna, R., Nain, L., Dureja, P., Singh, R., Kumar, A., y Kaushik, B. D. (2010). Biocontrol potential of cyanobacterial metabolites against damping-off disease caused by *Pythium aphanidermatum* in solanaceous vegetables. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(7), 666-677.
- Marín, J. L., Castillo, I. P., Ibáñez, C. R., y Martínez, J. B. (2016). Estudio de la rentabilidad del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) en invernadero con el uso de sombreo. ITEA, información técnica económica agraria. *Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA)*, (1), 57-71.
- Marradi, A., Archenti, N., y Piovani, J. I. (2010). *Metodología de las ciencias sociales*. Buenos Aires: Cengage Learning.

- Martínez B. E., (2015). Estructuras agrarias y movimientos campesinos en América Latina (1950-1990). Recuperado de: <http://ru.iis.sociales.unam.mx/jspui/handle/IIS/4676>
- Martínez C, J. L., y Brown, J. K. (2007). Note: First report of the Q biotype of *Bemisia tabaci* in Southern Sonora, México. *Phytoparasitica*, 35(3), 282-284.
- Martínez, E., Altisent, J. M. D., y Gracia, L. M. N. (2000). Los cultivos sin suelo: de la hidroponía a la aeroponía (I). *Vida Rural*, (101), 40-43.
- Martínez, J. Z. (2015). Sistema tradicional utilizado en la producción de maíz en La Sierra Nevada de Puebla, México. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, (215), 1-10.
- Matuszewski, B. K., Constanzer, M. L. y Chavez-Eng, C. M. (2003). Strategies for the assessment of matrix effect in quantitative bioanalytical methods based on HPLC-MS/MS. *Analytical chemistry*, 75(13), 3019-3030.
- Mena-Violante, H. G., Ocampo-Jiménez, O., Dendooven, L., Martínez-Soto, G., González-Castañeda, J., Davies Jr, F. T. y Olalde-Portugal, V. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance fruit growth and quality of chile ancho (*Capsicum annuum* L. Cv San Luis) plants exposed to drought. *Mycorrhiza*, 16(4), 261-267.
- Min, W. K., Ryu, J. H., y Ahn, S. H. (2014). Developmental Changes of Recessive Genes-mediated Cucumber mosaic virus (CMV) Resistance in Peppers (*Capsicum annuum* L.). *원예과학기술지*, 32(2), 235-240.
- Morales, A. P. J. (2015). La Hidroponía como una estrategia de Acción Social en la Escuela de Estudios Generales de la Universidad de Costa Rica. *Estudios*, (30).
- Morán-Bañuelos, S. Hirán, Aguilar-Rincón, V. Heber, Corona-Torres, Tarsicio, Castillo-González, Fernando, Soto-Hernández, R. Marcos, & San Miguel-Chávez, Rubén. (2008). Capsaicinoides en chiles nativos de Puebla, México. *Agrociencia*, 42(7), 807-816.
- Moreno, I. P. (2006). Manejo integrado de plagas. *Horticultura Internacional*, (51), 66-67.
- Moreno-Pérez, E. D. C., Sánchez-Del Castillo, F., Gutiérrez-Tlaque, J., González-Molina, L., y Pineda-Pineda, J. (2015). Greenhouse lettuce production with and without nutrient solution recycling. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 21(1), 43-55.
- Mueller-Seitz, E., Hiepler, C., y Petz, M. (2008). Chili pepper fruits: content and pattern of capsaicinoids in single fruits of different ages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(24), 12114-12121.

- Murmis, M. (1986). Tipología de pequeños productores campesinos en América Latina. Documento PROTAAL, (55).
- Navarro, G.H., Colin, Jean-Philippe y Milleville P. (ORSTOM). (1993). Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola. Montecillo, Texcoco, Edo. México: Colegio de Postgraduados. (306), 84.
- Nazari, F., Ebrahimi, S. N., Talebi, M., Rassouli, A., y Bijanzadeh, H. R. (2007). Multivariate optimization of microwave-assisted extraction of capsaicin from *Capsicum frutescens* L. And quantitative analysis by <sup>1</sup>H-NMR. *Phytochemical Analysis*, 18(4), 333-340.
- Noh-Medina, J., Borges-Gómez, L., y Soria-Fregoso, M. (2010). Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(2), 219-228.
- Nuez, F., R. Ortega Gil y Costa J. (2003). El cultivo de Pimientos Chiles y Ajies Ediciones Mundi-Prensa Madrid-España. P. 586
- Núñez, Ó. (2008). Columnas monolíticas de base sílice: propiedades, preparación, modificaciones químicas y aplicaciones en cromatografía de líquidos. *Cromatografía y Técnicas Afines*, 29(2), 59-77.
- Ocampo, I., y Manzo, L. A. V. (2014). Recursos hídricos, movilidad social territorial para su aprovechamiento y derecho humano al agua en comunidades de la mixteca baja de Puebla, México. *Ambiente y Desarrollo*, 18(35), 55-69.
- Palti, J. (1981). Major Cultural Practices and Their Effect on Crop Disease. En J Palti (Ed), *Cultural Practices and Infectious Crop Diseases* (pp. 73-189). Springer Berlin Heidelberg.
- Parrish, M. (1996). Liquid chromatographic method for determining capsaicinoids in capsicums and their extractives: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 79(3), 738-745.
- Pathan, A. K., Bond, J., y Gaskin, R. E. (2008). Sample preparation for scanning electron microscopy of plant surfaces—horses for courses. *Micron*, 39(8), 1049-1061.
- Peña-Álvarez A., Ramírez-Maya E., Alvarado-Suárez L.A. (2009). Analysis of capsaicin and dihydrocapsaicin in peppers and pepper sauces by solid phase microextraction–gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A.*, 1216:2843-2847.
- Pérez, F. C. (2006). *Colapsos ambientales, transiciones culturales*. México: UNAM (Vol. 33), 13-95.

- Pérez-Castañeda, L. M., Castañón-Nájera, G., Ramírez-Meraz, M., y Mayek-Pérez, N. (2015). Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética de *Capsicum* spp. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(4), 117-128.
- Perry L. y Flannery K.V. (2007). Precolumbian use of chilli peppers in the valley of Oaxaca, México. *PNAS*, 104(29), 11905-11909
- Pickersgill, B. (1989). Cytological and genetical evidence on the domestication and diffusion of crops within the Americas. In: Harris, D.R.; Hillman, G.C. (Eds.) *Foraging and farming the evolution of plant exploitation*. Unwin Hyman, (pp. 426-439). London.
- Pinchi, R. G., y Linares, J. A. S. (2015). Liofilización de *Myrciaria dubia* HBK mcvaugh (camu camu). *Conocimiento Amazónico*, 1(1), 85-94.
- Pinedo, R., Collado, L., Arias, L., y Shagarodsky, T. (2009). Importancia del maíz, frijol, pallar y chile en agroecosistemas tradicionales del trópico húmedo de Cuba, México y Perú. ¿Cómo conservan los agricultores sus semillas en el trópico húmedo de Cuba, México y Perú? Roma: Bioersivity International.
- Plaza, J.E. (2000). Metodología participativa para la innovación tecnológica en la ganadería bovina colombiana. En *Innovación y Cambio Tecnológico Vol. 1 No.2*. Bogotá. Corporación Colombiana de Investigación., 65 – 72.
- Prado Saldaña, P., López Arenas, L., y Cervantes Corona, C. (2013). Hidroponía: una alternativa amable con el medio ambiente y el desarrollo sustentable. Recuperado de:  
<http://campus.ajusco.upn.mx:8080/upn/bitstream/handle/11195/447/Hidropon%C3%ADa%2c%20una%20alternativa%20amable%20con%20el%20medio%20ambiente%20y%20el%20desarrollo%20sustentable.pdf?sequence=1>
- Racoviceanu, A. I., Karney, B. W., Kennedy, C. A., y Colombo, A. F. (2007). Life-cycle energy use and greenhouse gas emissions inventory for water treatment systems. *Journal of Infrastructure Systems*, 13(4), 261-270.
- Ramdial, H., y Rampersad, S. N. (2015). Characterization of *Colletotrichum* spp. Causing anthracnose of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) In Trinidad. *Phytoparasitica*, 43(1), 37-49.
- Ramírez, J. F., Porcayo-Camargo, E., y Sánchez, J. R. (2013). Modeling of the spatial distribution of *Bactericera cockerelli* Sulc.(*Hemiptera: Triozidae*), in *Solanum tuberosum* L.(*Solanales: Solanaceae*). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 45, 11-20.

- Ramos G., F., y De Luna J., 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 pag 7.
- Rath, J. R., y Ghosal, M. K. (2015). Comparative study on yield and cost of cultivation of *Capsicum* in a greenhouse and open field condition in warm and humid climate of India. *International Journal of Tropical Agriculture*, 33(1), 81-85.
- Ravishankar, G. A., B. Suresh, P. Giridhar, S. Ramachandra, and J. T. Sudhakar. (2003). Biotechnological studies on *Capsicum* for metabolite production and plant improvement. In: De, A. K. (ed). *Capsicum*. The Genus *Capsicum*. (Pp: 96-128). London: Taylor and Francis Ltd.
- Riederer, M., y Schreiber, L. (2001). Protecting against water loss: analysis of the barrier properties of plant cuticles. *Journal of Experimental Botany*, 52(363), 2023-2032.
- Rodríguez Llanes, Y., Depestre Manso, T. L., y Palloix, A. (2014). Behavior of new pepper (*Capsicum annuum* L.) F1 hybrid and varieties with multiresistance to virus in open field conditions. *Cultivos Tropicales*, 35(2), 51-59.
- Rodríguez, J., Olvera, B. P., Muñoz, A. G., Corona, B. M., Manzo, F., y Liendo, L. S. (2007). Rescate in situ del chile poblano en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30, 25-32.
- Rojas L., M. (2012). Biochemical and Molecular Analysis of Some Commercial Samples of Chilli Peppers from México. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2012, 1-11.
- Roldán, G. Q. (2015). Producción de *Capsicum annuum* L. Dulce en invernadero bajo diferentes niveles de agotamiento en la humedad del sustrato. *Agronomía Costarricense*, 39(1), 25-36.
- Román, G. M. (2008). Algunos significados de la cocina mexicana en los estados de Guerrero, Morelos y México. *Pasos: Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 6(2), 335-346.
- Ruttan, V. W. (2013). Sustainable growth in agricultural production. The Impact of Population Growth on Well-being in Developing Countries. New York. Springer.
- Sampson, L., Rimm, E., Hollman, P. C., de VRIES, J. H. y Katan, M. B. (2002). Flavonol and flavone intakes in US health professionals. *Journal of the American Dietetic Association*, 102(10), 1414-1420.
- Santos J. P. (2010). Estrategias para el control de *Phytophthora capsici* Leo. Y *Fusarium solani* Mart. En el cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.)(Tesis de

maestría). COLPOS, Montecillos, Edo de México. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10521/159>

- Savvas, D. (2003). Hydroponics: A modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 1, 80-86.
- Scheaffer, R. L., Mendenhall, W. y Ott, L. (2006). *Elementos de muestreo*. Editorial Paraninfo. Madrid, España: Thomson.
- Schössler, K., Jäger, H. y Knorr, D. (2012). Novel contact ultrasound system for the accelerated freeze-drying of vegetables. *Innovative Food Science y Emerging Technologies*, 16, 113-120.
- Scoville, W. L. (1912). Note on Capsicums. *Journal of the American Pharmaceutical Association*, 1(5), 453-454.
- Sebillotte, M. (1989). *Fertilité et systèmes de production*. Paris: INRA.
- Sempé, M. C., Salceda, S. A., y Martínez, S. (2015). Desarrollo de un modelo productivo para la recuperación sociocultural de poblaciones marginales de la Provincia de Catamarca: Azampay una experiencia piloto. *Revista Arqueología Pública*, 2(1,2), 73-88.
- Singh, P., Cheema, D. S., Dhaliwal, M. S., Garg, N., Jindal, S. K. y Chawla, N. (2015). Combining Ability and Heterosis for Quality and Processing Traits in Chili Pepper (*Capsicum annuum* L.) Involving Male Sterile Lines. *Journal of Crop Improvement*, 29(4), 379-404.
- Soleimani, P., Hosseini, S., y Hosseini, A. (2014). Distribution of some viral disease on pepper (*Capsicum annuum*) plants in Dezful fields from Iran. *Bull. Env. Pharmacol. Life Science*, 3(4), 111-114.
- Steinbrecht, R. A. y Zierold, K. (2012). *Cryotechniques in biological electron microscopy*. Berlín: Springer Science y Business Media.
- Sung, Y., Chang, Y. Y. y Ni-Lun, T. I. N. G. (2005). Capsaicin biosynthesis in water-stressed hot pepper fruits. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 46, 35-42.
- Tafolla-Arellano, J. C., González-León, A., Tiznado-Hernández, M. E., Zacarías García, L., y Báez-Sañudo, R. (2013). Composición, fisiología y biosíntesis de la cutícula en plantas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(1), 3-12.
- Toledo, V. M. (2002). Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. *Agroecología e Desarrollo Rural Sustentable*, 3(2), 1-10.

- Torres G. A. (2009). Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(4), 289-294.
- Trujillo, M. H. R., y Zamora, M. C. (2015). La agricultura protegida una alternativa de desarrollo económico a las empresas familiares en el estado de Michoacán, México. In *Global Conference on Business y Finance Proceedings*. Institute for Business y Finance Research, 10(1), 1259.
- Valentín-Miguel, M. C., Castro-Brindis, R., Rodríguez-Pérez, J. E. y Pérez-Grajales, M. (2013). Extracción de macro nutrientes en chile de agua (*Capsicum annuum* L.). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 19(4), 71-78.
- Vargas, L. A. (2005). *Food Culture in Mexico*. Westport, Connecticut. London Greenwood press.
- Vázquez G., E., Ramírez M., M., Mata V., H., Ariza F., R. y Alia T., I. (2010). Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos de cultivares de chile serrano en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, (33) 79-82.
- Vázquez-Flota, F., Miranda-Ham, M. L., Monforte-González, M., Gutiérrez-Carbajal, G., Velázquez-García, C. y Nieto-Pelayo, Y. (2007). La biosíntesis de capsaicinoides, el principio picante del chile. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(4), 353-360.
- Velásquez-Valle, R., Medina-Aguilar, M. y Luna-Ruiz, 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(2), 175-181.
- Von Elsner, B., Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Mistriotis, A., Von Zabeltitz, C., Graud, J. y Suay-Cortes, R. (2000). Review of structural and functional characteristics of greenhouses in European Union Countries, Part II: typical designs. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 75(2), 111-126.
- Walters, B., y Mc Donald, J. (2013). Effect of temperature on development of the western flower thrips, (*Frankliniella occidentalis*) (*Thysanoptera: Thripidae*). *European Journal of Entomology*, 95(2), 301-306.
- Wang, S., Lei, Z., Wen, J., Wang, H., Li, X., Dong, B., y Ren, B. (2014). The complete mitochondrial genome of *Liriomyza huidobrensis* and comparison with *L. trifolii* and *L. sativae* (*Diptera: Agromyzidae*). *Mitochondrial DNA*, 25(2), 104-105.
- Weerapan Khovidhunkit, M. D. (2009). Pharmacokinetic and the effect of capsaicin in *Capsicum frutescens* on decreasing plasma glucose level. *J Med Assoc Thai*, 92(1), 108-113.

- Wright, R. D., y Browder, J. F. (2005). Chipped pine logs: A potential substrate for greenhouse and nursery crops. *Hortscience*, 40(5), 1513-1515.
- Yan, D., Wang, D., y Yang, L. (2007). Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on labile organic matter fractions in a paddy soil. *Biology and Fertility of Soils*, 44(1), 93-101.
- Yang, L., Donahoe, R. J. y Redwine, J. C. (2007). In situ chemical fixation of arsenic-contaminated soils: An experimental study. *Science of the Total Environment*, 387(1), 28-41.
- Zeng, C. Z., Bie, Z. L. y Yuan, B. Z. (2009). Determination of optimum irrigation water amount for drip-irrigated muskmelon (*Cucumis melo* L.) In plastic greenhouse. *Agricultural Water Management*, 96(4), 595-602.
- Zhang, J. L., Cui, M., He, Y., Yu, H. L., y Guo, D. A. (2005). Chemical fingerprint and metabolic fingerprint analysis of Danshen injection by HPLC–UV and HPLC–MS methods. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 36(5), 1029-1035.
- Zúñiga-Estrada, L., Martínez-Hernández, J. D. J., Martínez-Garza, A., y Baca-Castillo, G. A. (2004). Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. *Agrociencia*, 38(2), 207-218.