



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO
DE CHILE CHILHUACLE (*Capsicum annuum* sp.) EN EL
VALLE DE MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA AGRÍCOLA

P R E S E N T A:

ARELY CORONA BALDERAS

ASESOR

M.A. VICENTE SILVA CARRILLO

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.



Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

Evaluación del comportamiento fenológico del Chile Chilhuacle (*Capsicum annum sp.*) en el Valle de México.

Que presenta la pasante: **ARELY CORONA BALDERAS**
Con número de cuenta: **41007278-1** para obtener el Título de: Ingeniera Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 02 de mayo de 2016.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Eduardo García de la Rosa	
VOCAL	M.A. Vicente Silva Carrillo	
SECRETARIO	Dr. Gustavo Mercado Mancera	
1er SUPLENTE	Ing. Javier Carrillo Salazar	
2do SUPLENTE	Ing. Francisco Javier Vega Martínez	

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).
En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.
(Art 127 REP)

IHM/ntm*

DEDICATORIAS

El presente logro está dedicado especialmente a mi familia, que siempre han estado conmigo apoyándome en cada paso de mi vida; a quienes son el motor que me han impulsado a seguir mi camino, a proponerme metas y cumplirlas, a soñar teniendo siempre los pies en la tierra pero mostrándome que no hay imposibles, a quienes siempre me han apoyado, “gracias por estar siempre para mí”.

Especialmente a mis papás; las personas más importantes en mi vida, mi ejemplo a seguir. Este logro también es suyo.

A mis hermanas Nancy, Daisy, Norma y Gabi; porque a pesar de nuestras diferencias siempre hemos permanecido unidas y porque sin su apoyo incondicional este sueño difícilmente se habría hecho realidad.

A mis sobrinos Carlos, Erik, Jade y María Fernanda, por ser esa chispa de alegría y cariño que iluminan mis días.

A una persona especial que siempre recordaré con una grata sonrisa, cálida y agradable; tal como eras tú “Pepe” José Jesús Rodríguez Heredia, porque tu recuerdo siempre vivirá con nosotros.

AGRADECIMIENTOS

A la máxima casa de estudios UNAM por brindarme todas las herramientas y facilidades para cumplir uno de mis más grandes sueños y por darme el orgullo de decir que soy una de sus egresadas.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, especialmente a la Carrera de Ingeniería Agrícola por convertirse en mí segunda casa, por facilitar mi enseñanza y formación académica.

A mi asesor el M.A. Vicente Silva Carrillo por todo el apoyo recibido para la realización de este proyecto; gracias por su tiempo, sus concejos y sobre todo por compartir conmigo toda su experiencia y brindarme su apoyo incondicional.

A todos y cada uno de los miembros del jurado; al Ing. Eduardo García de la Rosa, al Ing. Javier Carrillo Salazar, al Ing., Francisco Javier Vega Martínez y especialmente al Dr. Gustavo Mercado Mancera, por su disposición y todo el apoyo recibido, por sus comentarios y observaciones que ayudaron a mejorar mi trabajo.

A todos mis profesores de la carrera por aportar su granito de arena y contribuir a mi formación como Ingeniera Agrícola y sobre todo por compartir toda su experiencia y pasión por la carrera.

A mis compañeros y amigos de la carrera de Ingeniería Agrícola que compartieron y recorrieron conmigo esta etapa tan importante de mi vida como estudiante; especialmente a Mayra, Mariana, Naidé y Joshua. Gracias por todos esos buenos momentos, aventuras y anécdotas inolvidables que compartimos.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS.....	<i>i</i>
ÍNDICE DE CUADROS.....	<i>ii</i>
RESUMEN.....	<i>iii</i>
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos particulares.....	2
1.2. HIPÓTESIS.....	2
II. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Generalidades del chile.....	3
2.1.1. Importancia histórica del chile en México.....	3
2.1.2. Descripción botánica del chile.....	5
2.2. Generalidades del chile Chilhuacle.....	7
2.2.1. Clasificación taxonómica.....	8
2.2.2. Descripción morfológica del Chilhuacle.....	8
2.2.3. Tipos y características del fruto del Chilhuacle.....	11
2.2.4. Requerimientos climáticos para la producción de Chilhuacle.....	12
2.3. Importancia cultural en la gastronomía Oaxaqueña.....	12
2.4. Importancia económica del Chilhuacle.....	13
2.4.1. Aspectos e indicadores agronómicos del chile Chilhuacle.....	14
2.4.1.1. Producción a cielo abierto.....	15
2.4.1.2. Producción bajo invernadero.....	16
2.4.2. Problemática y panorama actual en la producción y conservación de la especie en su zona de origen.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. Descripción de la región de estudio.....	19
3.1.1. Localización del área experimental.....	19
3.1.2. Coyotepec, Estado de México.....	21
3.1.3. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.....	21

3.2. Metodología.....	22
3.2.1. Diseño experimental.....	22
3.2.2. Variables a evaluar.....	23
3.2.3. Desarrollo del experimento.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. Fenología.....	26
4.1.1. Días a floración.	28
4.1.2 Días a fructificación y maduración al primer corte.....	29
4.2. Componentes de rendimiento.....	31
4.2.1. Altura de planta.....	31
4.2.2. Número de frutos por planta.....	34
4.2.3. Tamaño de fruto.....	35
4.2.4. Peso de fruto.....	36
4.2.5. Color de fruto.....	37
4.2.6. Forma de fruto.....	40
4.2.7. Rendimiento.....	42
V. CONCLUSIONES.....	44
VI. LITERATURA CITADA.....	45
ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Chile seco fechado entre 5,000 y 3,500 años a.C., del Valle de Tehuacán, Puebla (Long, 1998).....	4
Figura 2. Glifo de Monte Albán, Oaxaca, mostrando en la parte superior tres chiles brotando (Long, 1998).....	5
Figura 3. Características morfológicas del chile (Elaboración propia con imágenes de Google®, 2015).....	6
Figura 4. Planta de chile Chilhuacle (<i>Capsicum annuum</i> sp.) y tallo angular pigmentado por antocianinas (López, 2015).....	9
Figura 5. Hoja de forma ovalada de chile Chilhuacle (<i>Capsicum annuum</i> sp.) (López, 2015).....	9
Figura 6. Flor de Chilhuacle (<i>Capsicum annuum</i> sp.) (López, 2015).....	10
Figura 7. Fruto de Chilhuacle (<i>Capsicum annuum</i> sp.) en estado inmaduro (egofelix.com, 2012).....	10
Figura 8. Tipos de frutos del Chilhuacle (<i>Capsicum annuum</i> sp.).....	11
Figura 9. Localización del área experimental dentro del Valle de México (Rzedowski, 2010).....	20
Figura 10. Desarrollo en la etapa de almácigo.....	27
Figura 11. Desarrollo de la etapa vegetativa.....	28
Figura 12. Desarrollo de la etapa de floración.....	29
Figura 13. Desarrollo de la etapa de fructificación.....	30
Figura 14. Maduración alcanzada en los fruto de chile Chilhuacle, bajo sistema de producción en invernadero.....	31
Figura 15. Gráficas de comparación entre altura de planta y desarrollo fenológico para el cultivo de Chilhuacle	33
Figura 16. Número de frutos por planta obtenidos bajo dos sistemas de producción y fechas de siembra.....	34
Figura 17. Fruto de forma cónica alargada con ápices agudos.....	40

Figura 18. Fruto de forma acorazonada con ápice agudo.....	41
Figura 19. Fruto de forma ovoide alargado.....	41
Figura 20. Fruto de forma trapezoidal o cúbica con bordes redondeados.....	42

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Acciones implementadas para la conservación <i>in situ</i> del chile Chilhuacle..	17
Cuadro 2. Variables del diseño experimental tipo factorial 2x2.....	22
Cuadro 3. Duración de las etapas fenológicas, entre las fechas de siembra y sitio de observación.....	26
Cuadro 4. Comparación de Etapa fenológica en Almácigo.....	27
Cuadro 5. Etapa Vegetativa del cultivo de chile Chilhuacle, bajo dos sistemas de producción y dos fechas de siembra.....	28
Cuadro 6. Etapa reproductiva del cultivo de chile Chilhuacle, bajo dos sistemas de producción y dos fecha de siembra.....	29
Cuadro 7. Etapa de fructificación en el cultivo de chile Chilhuacle, bajo dos sistemas de producción y dos fechas de siembra.....	30
Cuadro 8. Comparación de altura de planta para el cultivo de chile Chilhuacle, bajo diversas condiciones de producción.....	32
Cuadro 9. Tamaño de frutos del chile Chilhuacle, bajo dos sistemas de producción y dos fechas de siembra	35
Cuadro 10. Peso de fruto, bajo dos sistemas de producción y dos fechas de siembra...	36
Cuadro 11. Cambio de coloración en frutos de chile Chilhuacle rojo.....	37
Cuadro 12. Cambio de coloración en frutos de chile Chilhuacle negro.	39
Cuadro 13. Rendimiento de fruto (kg/m ²).....	43

RESUMEN

El Chilhuacle (*Capsicum annuum* sp.), es considerado como una especie semi-domesticada de gran importancia económica, ya que es un ingrediente original y sobre todo tradicional dentro de la gastronomía Oaxaqueña, en donde es protagonista de uno de los platillos más emblemáticos y reconocidos de dicho estado, tal como lo es el mole negro. No obstante su importancia cultural, su relevancia como cultivo es mínima, debido a la escasa información con la que se cuenta. Razón por la cual se desconocen muchos aspectos básicos de éste, tal como su comportamiento y desarrollo fenológico, mismos que son relevantes para potencializar su producción y manejo como cultivo.

En el presente trabajo se buscó generar información que pueda ayudar a conocer mejor y comprender más el desarrollo, crecimiento y comportamiento del chile Chilhuacle a través de la evaluación del comportamiento fenológico de este cultivo bajo dos sistemas de producción y dos fechas de siembra, en dos localidades del Valle de México que presentan características similares entre sí, en cuanto a temperatura y precipitación así como entre la zona de origen de esta especie (anexo1). En donde se evaluaron no solamente variables fenológicas, sino también algunos componentes de rendimiento. Obteniendo como resultado una diferencia entre tratamientos en cuanto a la altura de planta, el número de frutos por planta, el tamaño y peso del fruto. Además de describir cuatro formas distintas del fruto, encontradas durante la evaluación de los mismos; lo cual se podría explicar debido a la alta variabilidad genética de la especie. Además de determinar que el comportamiento fenológico, así como la duración de las etapas fenológicas y el rendimiento, están influenciados directamente por el sistema de producción y no tanto por la fecha de siembra.

I. INTRODUCCIÓN

El chile es un alimento que ha estado presente desde hace más de 10,000 años en la dieta de las poblaciones de Mesoamérica (López, 2003); lugar donde se han encontrado la mayor diversidad de especies de chile. En México se han documentado la mayoría de géneros (García, 2004), con 64 variedades distribuidas a lo largo del territorio, además se estima que existen más de 200 variedades criollas que aún no han sido descritas (Animal Gourmet, 2015).

El Chilhuacle (*Capsicum annuum* sp.), también llamado Huacle o chile viejo en Náhuatl, es una especie de chile originario de la región de la Cañada (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2014); especie muy arraigada a su zona de origen por su importancia cultural, tradicional y gastronómica, lo que convierte al chile Chilhuacle, en un ingrediente representativo de la comida oaxaqueña (especialmente del mole negro, platillo típico del estado) que se distingue por ser escaso, raro y difícil de conseguir dentro y fuera del estado (CONAPE, 2013); ya que actualmente y desde hace algunos años, el cultivo de Chilhuacle ha tenido que enfrentar diversas problemáticas que han afectado directamente y de manera negativa a la producción de esta especie; entre las cuales destacan la drástica reducción de áreas de producción, cambios en los patrones climáticos e incidencias de plagas y enfermedades (Max, 2009; AMAAC, 2012; CONAPE, 2013); lo que ha ocasionado una producción con bajos rendimientos y en consecuencia, escasos ingresos para los productores, aun cuando el precio de venta es elevado (considerado por algunos el chile más caro de México) (elorienten.net, 2014^{a, b}; Villamil, 2016). Por lo antes mencionado se consideró pertinente actualizar y complementar las investigaciones existentes con información relevante sobre las etapas y fases fenológicas de este cultivo para su adecuado manejo agronómico y así mejorar la técnica de producción de esta especie, a través de los siguientes objetivos:

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar el comportamiento fenológico del chile Chilhuacle bajo dos sistemas de producción, en dos sitios del Valle de México.

1.1.2. Objetivos particulares

- a) Establecer el cultivo de chile Chilhuacle bajo dos sistemas de producción en el Valle de México, en el ciclo primavera-verano en el año 2015.
- b) Describir el comportamiento fenológico de este cultivo bajo condiciones de invernadero y a cielo abierto.
- c) Analizar la respuesta del cultivo bajo las condiciones agroclimáticas en el Valle de México, y comparar su desarrollo con lo reportado en la región de la Cañada, Oaxaca.

1.2. HIPÓTESIS

- El comportamiento fenológico del chile Chilhuacle está influenciado por el sistema de producción y por las condiciones ambientales presentes durante su cultivo.

II. ANTECEDENTES

2.1. Generalidades del chile

El chile es una especie que se ha encontrado presente en la cultura de los pueblos mesoamericanos a través de su historia, tal como lo sugieren algunos estudios agrológicos, los cuales sugieren que el chile pudo haber sido la primera especie domesticada en Mesoamérica, incluso antes que el maíz y el frijol (López, 2003). Razón por la cual ha estado presente en la dieta de estas poblaciones humanas desde hace más de 10,000 años y la forma de consumirlo no parece diferir con la actual; ya que los frutos se siguen consumiendo directamente como verdura, en forma de salsas, polvos, encurtidos o como condimento. Su consumo aporta vitaminas B, C, E y provitamina A (caroteno). Además de contener capsaicinoides y capsaicina que son responsables de su picor (Morán, 2008).

Actualmente esta especie se encuentra distribuida por todo el mundo a excepción de la Antártida. Aunque su mayor diversidad de especies se halla en América del Sur y América Central; en donde México es considerado como uno de los países con mayor presencia de género, en donde se estima se encuentran alrededor de 29 géneros y 386 especies; pudiendo ser estos números superiores, debido a que aún se pueden encontrar especies silvestres no descritas (García, 2004).

2.1.1. Importancia histórica del chile en México

México posee una amplia variedad de producción de chiles, principalmente de la especie *C. annuum*. De la cual se estima que existen aproximadamente cerca de 50 tipos diferentes; siendo 20 los más utilizados en la cocina mexicana (tales como jalapeño, serrano, guajillo, chipotle, chile de árbol, pasilla, habanero, entre otros).

La evidencia más antigua hasta ahora encontrada de semillas de chile en México se remite a la cueva de Coxcatlán, en la región de Tehuacán en el estado de Puebla, donde arqueólogos descubrieron restos de chile de entre 6,900 y 5,000 a.C. (Moreno, 2013). Otras excavaciones realizadas en el Valle de Tehuacán, arrojaron datos acerca de la domesticación y evolución de las plantas cultivadas en el área; entre ellas el chile, cuyas

semillas y tejido vegetal, fueron recuperados de coprolitos (heces humanas fosilizadas) en muchas fases de la excavación (Callen, 1967 citado por Long, 1998). Las semillas más antiguas encontradas en el sitio son muy pequeñas, con características más parecidas a las del grupo silvestre que a las del grupo cultivado, y es probable que representen chiles de recolección. Sin embargo, otros hallazgos recuperados en las cuevas de Coxcatlán fechados entre 5,000 y 3,500 años a.C., muestran un chile domesticado (Figura 1.) el cual difiere poco de los chiles secos que se venden hoy en día. Por lo que algunos investigadores como MacNeish (1967) citado por Long (1998), afirmaron que el chile ya se encontraba bajo cultivo en esa época.

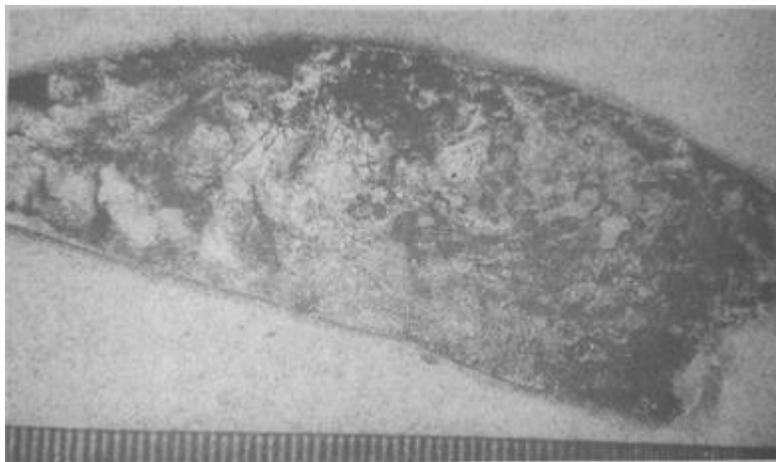


Figura 1. Chile seco fechado entre 5,000 y 3,500 años a.C., del Valle de Tehuacán, Puebla (Long, 1998).

En la época prehispánica el chile fue uno de los productos tributarios más comunes en algunas culturas, por ejemplo, en el imperio Mexica al igual que el Tolteca obligaban a los grupos conquistados a pagar tributo con los productos de la localidad, siendo el maíz, el frijol y el chile una de las formas de pago más frecuente. Aunque también era usado como símbolo de poderío en algunas culturas como en la Zapoteca, en la cual la figura del chile (Figura 2) era usada según algunos historiadores, como símbolo de señorío para denotar sitios conquistados en su época expansionista, o bien indicar los límites del territorio de Monte Albán en la época II.



Figura 2. Glifo de Monte Albán, Oaxaca, mostrando en la parte superior tres chiles brotando (Long, 1998).

Al igual que en la época prehispánica, durante la conquista, el chile se convirtió en un importante producto alimenticio y de tributo para la corona española. Razón que dio origen durante el siglo XVI al primer trabajo científico registrado sobre las plantas del nuevo mundo a cargo del doctor Francisco Hernández, en donde se hace una amplia descripción de las propiedades de diferentes grupos de chiles existentes en esa época. Hoy en día y durante los últimos 8,000 años este condimento ha contribuido con su variedad y sabor a la dieta del mexicano en todos los niveles sociales; siendo parte importante de la vida cultural y gastronómica de país (Long, 1998).

2.1.2. Descripción botánica del chile

La planta es un semiarbusto de forma variable que alcanza entre 0.60 m a 1.50 m de altura, dependiendo principalmente de la variedad, de las condiciones climáticas y del manejo. Es una planta monoica y autógama. La semilla es de color blanco crema o ámbar, de forma aplanada, lisa, reniforme, cuyo diámetro alcanza entre 2.5 y 3.5 mm y se encuentra adherida en el centro del fruto. Su porcentaje de germinación generalmente es alto y puede mantenerse por 4 o 5 años bajo buenas condiciones de conservación.

Su raíz es pivotante y desarrolla un sistema radicular lateral muy ramificado que puede llegar a cubrir un diámetro de 0.90 a 1.20 m, en los primeros 0.60 m de profundidad del suelo. El tallo puede tener forma cilíndrica o prismática angular, es glabro, erecto y con altura variable, según la variedad. Además de poseer ramas dicotómicas o pseudo dicotómicas, lo que da a la planta una forma umbelífera. Las flores son hermafroditas de color blanco o púrpura, constituidas por 5 sépalos, 5 pétalos y 5 estambres. Tienen ovario súpero. El fruto es una baya, que presenta de dos a cuatro lóbulos, con una cavidad entre la placenta y la pared del fruto y son generalmente de forma globosa, rectangular, cónica o redonda. Presentan una coloración verde al principio que posteriormente puede cambiar con la madurez adquiriendo distintas tonalidades de amarillo o rojo según la especie. La constitución anatómica del fruto está representada básicamente por el pericarpio y la semilla (Waizel, 2011) (Figura 3).



Figura 3. Características morfológicas del chile (Elaboración propia con imágenes de Google®, 2015).

El género *Capsicum* incluye más de 26 especies, de las cuales solo 12 son utilizadas por el hombre; y de éstas, solo cinco han sido domesticadas y cultivadas (López, 2003); mismas que fueron clasificadas de acuerdo al color de su corola en los siguientes grupos (Morán, 2008):

a) *Capsicum baccatum*: Flores blancas con manchas amarillo-verdosas (Ají escabeche, ají amarillo, ají cristal (Perú)).

b) *Capsicum pubescens*: Flores púrpuras (Manzano).

c) *Capsicum frutescens*: Flores blancas. (Tabasco).

d) *Capsicum chinense*: Flores blancas ((Habanero), ají panca y ají limón (Perú)).

e) *Capsicum annuum*: Flores blancas (Jalapeño, serrano, ancho, pasilla, mirasol o guajillo, de árbol, chilhuacle, chiltepín, piquín, entre otros).

C. annuum, es la especie de mayor presencia en el mundo y México es el país que cuenta con la mayor diversidad tanto en especies domesticadas, como silvestres (Moreno, 2013); además de tener un consumo *per cápita* en promedio de 15 kilogramos de chile al año (InfoSIAP, 2010).

El chile se desarrolla bien en condiciones de climas templados con temperaturas superiores a los 10 °C; por el contrario, a temperaturas arriba de 35 °C su desarrollo se ve afectado. Se adapta a diferentes tipos de suelo, pero se desarrolla mejor a profundidades de 30 a 60 centímetros y en suelos franco arenosos, franco limosos o franco arcillosos, con alto contenido de materia orgánica. Es moderadamente resistente a la acidez y a la salinidad del suelo, sin embargo, para favorecer su desarrollo es recomendable un pH superior a 5.5 grados de acidez (InfoSIAP, 2010).

2.2. Generalidades del chile Chilhuacle

El Chilhuacle, Huacle o chile viejo en Náhuatl, es un chile propio de la región de la Cañada, en el estado de Oaxaca; el cual es considerado endémico del municipio de San Juan Bautista Cuicatlán (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2014). Especie arraigada a su zona de origen, al considerar sus pobladores que únicamente puede ser cultivada en esta región debido a los factores agroclimáticos como el tipo de suelo y clima que son los ideales para poder dar y resaltar las características propias del chile en cuanto a sabor y

coloración (AMAAC, 2012). Además de ser considerado por los productores y demás población de la región de la cañada, como una especie que se encuentra en peligro de extinción, debido a que los últimos años el número de productores y superficie dedicada a la producción de este cultivo ha ido disminuyendo drásticamente en su zona de origen (elorienten.net, 2014a).

2.2.1. Clasificación taxonómica

La clasificación de las especies de Chile se basa principalmente en la forma de las flores, la genética, la bioquímica y la distribución geográfica (López, 2003), sin embargo hasta ahora no se tiene la clasificación taxonómica completa de la especie.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Género: *Capsicum*

Especie: *Capsicum annuum* sp.

2.2.2. Descripción Morfológica del Chilhuacle

La planta de Chilhuacle presenta un hábito de crecimiento erecto y alcanza una altura promedio de 145 cm, además de presentar una raíz típica con un gran número de raíces

secundarias. El tallo es de forma angular, de color verde violáceo, debido a la presencia de antocianinas en los entrenudos; y presenta escasa pubescencia (Figura 4).



Figura 4. Planta de chile Chilhuacle (*Capsicum annuum* sp.) y tallo angular pigmentado por antocianinas (López, 2015).

Las hojas son de color verde oscuro, de forma ovalada, con ápice acuminado, base atenuada y con margen laminar entero, además de presentar pubescencia escasa y un pedúnculo no erecto (Figura 5).



Figura 5. Hoja de forma ovalada del chile Chilhuacle (*Capsicum annuum* sp.) (López, 2015).

Las flores son de posición intermedia, con anteras de color morado y filamento blanco; el estigma es de tipo lobado. Los pétalos son de color blancos en número de seis y deciduos (Figura 6).



Figura 6. Flor de Chilhuacle (*Capsicum annuum* sp.) (López, 2015).

El fruto es una baya de forma trapezoidal de posición pendiente con ápice agudo y textura lisa en la superficie de coloración verde en su estado inmaduro (Figura 7). Al madurar el fruto, éste puede adquirir una coloración café oscuro casi negro, rojo o amarilla (Figura 8). En cualquiera de los tres casos, los frutos presentan una forma angular predominante en la sección transversal, con tres o cuatro lóculos (López, 2015).



Figura 7. Fruto de Chilhuacle (*Capsicum annuum* sp.) en estado inmaduro (egofelix.com, 2012).



Figura 8. Tipos de frutos del Chilhuacle (*Capsicum annuum* sp.):

a) Chilhuacle rojo, b) Chilhuacle amarillo, c) Chilhuacle negro (Elaboración propia con imágenes de Google®, 2015).

2.2.3. Tipos y características de los frutos de Chilhuacle

Existen tres tipos de Chilhuacle (Figura 8), todos de gran importancia cultural y gastronómica:

1) El Chilhuacle negro: es de cáscara negra, mate, su forma voluminosa se asemeja a un chile pimiento morrón en miniatura, por lo general mide unos 7 cm de diámetro y unos 8 cm de largo, es moderadamente picante. Sus aromas y sabores afrutados recuerdan como al tabaco, ciruela pasa y chocolate amargo. Por su color es un Chile muy importante para la preparación del mole negro de Oaxaca.

2) El Chilhuacle amarillo: presenta una coloración entre amarillo y naranja, y mide alrededor de unos 6 cm de diámetro en su parte más ancha y unos 9 cm de largo. Este tipo de Chilhuacle es el más escaso de los tres, por su color es indispensable en el mole amarillo de Oaxaca.

3) El Chile Chilhuacle rojo: es de un tono rojo oscuro negruzco, de forma muy similar al Chilhuacle amarillo, es moderadamente picoso y se emplea en varios tipos de moles Oaxaqueños (CONAPE, 2013).

A pesar de su riqueza cultural, culinaria y de ser considerado como un chile domesticado y con gran potencial comercial (Fundación Produce Oaxaca, 2007), el Chilhuacle es un especie de la cual no cuenta con información suficiente sobre su cultivo, requerimientos agronómicos específicos, así como de su clasificación taxonómica precisa. Sin embargo, en los últimos años se han desarrollado distintas investigaciones y acciones que generen información acerca de este importante cultivo.

2.2.4. Requerimientos climáticos para la producción de chile Chilhuacle

Esta especie se desarrolla bien bajo condiciones de clima cálido semiseco, con presencia de lluvias en verano, extendidas principalmente en los meses de junio a septiembre; con una precipitación anual de entre 500 y 600 mm anuales. Resiste temperaturas de 38°C y mínimas de 10 °C. Es capaz de soportar los efectos de la canícula que se presenta regularmente en los meses de agosto, con temperaturas promedio de 28 °C y 43 °C; aunque no por mucho tiempo. Se desarrolla bien en suelos de tipo Luvisol, Litosol y Cambisol, con pendientes de hasta 3 % (López, 2015).

2.3. Importancia cultural en la gastronomía Oaxaqueña

Por sus características especiales, sus olores, sabores e ingredientes únicos, la comida mexicana es considerada por la UNESCO como Patrimonio Intangible de la Humanidad (CONAPE, 2013); esto al ser considerada como el reflejo de toda una cultura basada en rituales religiosos, en la magia y el arte. Mismos que se transforman en sabores, olores y texturas únicas en el mundo. Y en este contexto, la comida oaxaqueña ocupa un lugar de gran importancia por lo variado de su cocina, los ingredientes que utiliza, pero sobre todo por los elementos rituales que se usan para su elaborada preparación (CONACULTA, 2014).

Oaxaca es también conocida como el lugar de los siete moles, reconocidos no solamente a nivel nacional, sino también internacional, por la exquisitez y la peculiaridad de sus

ingredientes, sabores, olores y demás elementos que los acompañan; los siete moles son el mancha manteles, el coloradito, el amarillo, el verde, el chichilo, el almendrado y el mole negro. Este último elaborado con una fórmula centenaria a base de Chilhuacle negro, muy característico de la comida oaxaqueña; ya que este chile, da vida a una gran variedad de platillos autóctonos del estado (CONACULTA, 2014), y constituye parte importante de las fiestas de la región, principalmente en día de fieles difuntos, fiestas decembrinas, bodas, fiestas religiosas, entre otras; razón por la cual alcanza un precio excepcional (Fundación Produce Oaxaca, 2007); lo que convierte al Chilhuacle, en un ingrediente sin igual, que al secarse mantienen su forma original y no se deforman como otros, su cáscara es tersa y cada uno de sus tipos por su tonalidad es protagonista en diferentes platillos (CONAPE, 2013). Sin embargo, debido a su escasez muchas de las veces es sustituido por otros ingredientes que son más comunes como los chile secos tostados hasta casi quemarse, tortilla quemada o semillas tostadas que proporcionan el color negro característico del mole pero no su sabor (Villamil, 2016). Razón por la cual la fuerza gastronómica de este chile reside en ser una especie única, descrita por primera vez en 1818 como una especia que se usaba para aderezar guisos servidos en eventos fúnebres y como colorante para teñir salsas. Para 1829 el Chilhuacle era utilizado como ingrediente en más de 25 recetas, entre las que figuraban la sopa de chile-ago (chileajo), mancha manteles, mal asado, chanfaina, estofado, clemole y el moleprietto, mismo que años después derivaría en el mole negro oaxaqueño. Actualmente el Chilhuacle solo se utiliza en la preparación del mole negro, rojo y amarillo en el estado de Oaxaca, así como en los chiles rellenos y el chile caldo, preparaciones típicas de San Juan Bautista Cuicatlán (López, 2015).

2.4. Importancia económica del chile Chilhuacle

Desde hace algunos años, los productores del chile Chilhuacle están sumidos en una crisis económica debido a diversos factores. El primero de ellos, es la llegada al mercado oaxaqueño de una variedad de chile similar procedente del estado de Zacatecas y Puebla, que sustituye al Chilhuacle, pero que no tiene las características del chile original. Este producto, está influyendo directamente en el precio, al venderse más económico (\$50 a \$80

por kilogramo) que el sembrado en la región de Cuicatlán. Otro factor es la productividad y la superficie de producción, ya que en Oaxaca, se produce en promedio 600 kg por hectárea (Villamil, 2016), mientras que en Zacatecas, la cifra es cuatro veces mayor, según declaraciones del Presidente de los Productores Agroalimentarios de Cuicatlán. Además de que la zona de producción en el municipio se limita a menos de cinco hectáreas en manos de cinco agricultores, misma que se ha visto afectada por las condiciones climáticas adversas presentadas en el estado en los últimos años. Y por último el precio de producción y de venta del Chilhuacle en la región, ya que el precio de producción por hectárea va de los 120 a los 150 mil pesos (elorienten.net, 2014)^a; lo que ha originado que el precio de venta se incremente considerablemente, alcanzando hasta los \$800 pesos por kilo (esto únicamente para chiles de buena calidad y tamaño); y al ser tan elevado su precio los consumidores está sustituyendo su uso por otros chiles que resultan ser mucho más económicos (AMAAC, 2012).

A pesar de estas situaciones adversas, la producción de chile Chilhuacle es una actividad de alto potencial que puede ser rescatada a partir de las probadas expectativas encontradas en los mercados nacionales e internacionales donde existe un consumo demandante de Chilhuacle de calidad; especialmente para el sector gastronómico como ingrediente principal de diversos platillos elaborados con esta especie y sus tres tipos, entre ellos el reconocido mole negro (elorienten.net, 2014)^b.

El cultivo en sí, es importante por el valor que podría aportar a la producción agrícola de la región involucrada, al generar ingresos competitivos para los productores, además de crear un impacto social positivo al favorecer la creación de empleos y por ende mejorar el desarrollo económico y social de la región (CIEDD, 2013).

2.4.1. Aspectos e indicadores agronómicos del chile Chilhuacle.

Actualmente, ha disminuido la superficie sembrada reduciéndola drásticamente, hasta casi desaparecer por completo; debido entre otros factores a los altos costos de producción, la falta de capital para invertir, alteraciones en el factor climático y abiótico (CONAPE,

2013), como es la escasez de lluvias y las altas temperaturas, además de la presencia arraigada de plagas y enfermedades que no permiten obtener buenas cosechas (Max, 2009; Villamil, 2016). Esta situación representa un reto costoso para los productores primarios que paulatinamente han ido abandonando el cultivo para cambiar de giro o sembrar otro tipo de producto el cual les sea más rentable (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2014); debido a ello, existe un incremento considerable en el precio comercial del Chilhuacle, por lo que la mayoría de los consumidores sustituyen su uso por el de otros chiles; aun en recetas tan tradicionales y repetitivas como la del mole negro, de lo cual deriva su nombre del Chilhuacle negro, ingrediente principal para su preparación (AMAAC, 2012).

2.4.1.1 Producción a cielo abierto

La producción del Chilhuacle en la región de Cuicatlán se realiza a cielo abierto, en un área que en el año de 2009 no sobrepasaba las 50 hectáreas (ha) en total, donde los productores podían obtener un rendimiento aproximado de una tonelada por hectárea de fruto seco con calidad comercial (Max, 2009). Para el 2014 los productores de chile de la región de la Cañada en Oaxaca, se estimaban entre 10 y 15 personas, de las cuales únicamente 5 producían activamente este alimento (Oxfam México, 2014), lo que ha ocasionado que la superficie de producción se reduzca drásticamente a menos de 5 hectáreas generando una cosecha poco rentable de apenas 600 kilogramos por hectárea (Villamil, 2016).

La producción de este sistema se basa en el uso moderado de riegos rodados o por gravedad. Además del uso de agroquímicos, entre ellos, fertilizantes inorgánicos, fungicidas e insecticidas (sin especificar dosis, fuentes o fechas de aplicación), a fin de disminuir las constantes deficiencias nutrimentales del cultivo y los problemas fitosanitarios (Max, 2009), entre los cuales destacan la presencia de plagas arraigadas al cultivo, como lo son los Trips o Piojillos (*Thrips* spp) y la mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*) (AMAAC, 2012).

En general este cultivo se caracteriza por presentar distintas dificultades en su proceso productivo; dentro de las que sobresalen la incidencia de plagas y enfermedades que atacan

directamente al fruto, prácticas de manejo y poscosecha inadecuadas, así como, la carencia de genotipos mejorados y escasez de agua de riego (Max, 2009).

2.4.1.2. Producción bajo invernadero

Actualmente de manera comercial se cuenta con dos hectáreas experimentales de producción bajo invernadero, en las cuales se alcanzo un rendimiento promedio de dos toneladas por hectárea (Villamil, 2016). Otros datos reportan producciones de entre 1,222.99 g m⁻² y 765.24 g m⁻² de fruto en fresco en plantaciones de alta densidad de entre 4 y 5.3 plantas por m², sin ningún tipo de poda, ya que la intensidad de poda para este cultivo afecta directamente el rendimiento de forma negativa, así como la calidad y el tamaño del fruto (Langlé, 2011).

Bajo estas condiciones el cultivo involucra actividades generales de producción de plántula en almácigos, trasplante, fertilización y control de plagas; entre las cuales el principal problema son las enfermedades de naturaleza viral (López, 2015).

2.4.2. Problemática y panorama actual en la producción y conservación de la especie en su zona de origen.

A pesar de que México es el país con mayor diversidad genética del género *Capsicum* y de que el chile es el producto culturalmente más importante, casi un sinónimo de nacionalismo mexicano, no es el productor más importante a nivel mundial y no figura dentro de los primeros cinco países productores de chile a nivel mundial; además de ser el país que menos invierte en el mejoramiento genético de este género. Por otro lado en el estado de Oaxaca se ubican 12 de las 155 regiones identificadas y documentadas a nivel nacional por parte de la Comisión Nacional de la Biodiversidad (CONABIO) y otras instituciones, como regiones prioritarias para la conservación *in situ* de recursos genéticos (López, 2003). Motivo por el cual en los últimos años han tomado e implementado algunas acciones encaminadas al resguardo y conservación de la diversidad genética del genero

Capsicum, entre ellos el Chilhuacle. En el Cuadro 1 se describen dichas acciones, así como los alcances que éstas han tenido a favor de su conservación.

Cuadro 1. Acciones implementadas para la conservación *in situ* del chile Chilhuacle.

Año	Acción implementada	Resultados
2004 – 2005	Se realizaron colectas en todo el estado, a través del proyecto “Al rescate de la diversidad genética del chile (<i>Capsicum</i> spp)”, financiado por SAGARPA-SNICS-SINAREFI. Con el fin de dar a conocer la gran diversidad y variabilidad genética del germoplasma local existente en los chiles domesticados o comerciales de los pueblos indígenas de Oaxaca; considerando la diversidad y gran interrelación con la riqueza culinaria, inmensa en el complejo étnico-cultura que caracteriza al estado. ⁽¹⁾	Se consideró que la agricultura indígena y de traspatio constituía una fuente importante de diversidad genética para la conservación <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> ; así como para futuros programas de mejoramiento que permitan fortalecer el potencial regional de este cultivo. ⁽¹⁾
2012	La Asociación Mexicana de Artistas y Asesores Culinarios (AMAAC) promovió una campaña en la cual se dio a conocer el Chilhuacle como ingrediente principal de diversos platillos tradicionales del estado de Oaxaca y con ello, su importancia gastronómica y cultural; para así ayudar a la conservación de esta especie. ⁽²⁾	La campaña se basó en la recuperación de fondos usados para promover la difusión, implementar control biológico (Koppert) en parcelas de los últimos dos productores del lugar e instalación de casa sombra para favorecer la producción y reducir las pérdidas. ⁽²⁾

Continuación cuadro 1.

2012	En noviembre del año 2012, la Sociedad de Productores Agroalimentarios de Cuicatlán fue beneficiada con 35 mil pesos por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) con el programa “Fortalecimiento al Emprendimiento Social para el Combate a la Pobreza en México” a través de la Red de Incubadoras del Subsistema de Universidades Tecnológicas (RISUT) 2012-2014. ⁽³⁾	Los fondos recibidos se usaron para la adquisición e implementación de maquinaria para la industrialización del chicle Chilhuacle mediante la producción de pasta de mole negro. ⁽³⁾
2014	El Municipio de San Juan Bautista Cuicatlán y la Universidad Tecnológica de los Valles Centrales de Oaxaca (UTVCO), con el respaldo de la SAGARPA, promovieron la revaloración y rescate del chile Chilhuacle ⁽³⁾	Se promovieron apoyos y se impartió asesoría a la Sociedad de Productores Agroalimentarios de Cuicatlán S.P.R. ⁽³⁾
25 de octubre de 2014	1ª Feria del Chile Huacle en San Juan Bautista Cuicatlán, donde se llevó a cabo conferencias, muestras gastronómicas, visitas a campo, actividades culturales y un panel interinstitucional con la participación de la SAGARPA, SEDESOL, SEDAFPA, Financiera Nacional, Secretaría de Economía, Congreso del Estado, entre otras. ⁽⁴⁾	Se promovió el desarrollo económico de la región a través de reconocer y ponderar el origen, la tendencia y las perspectivas del cultivo; además de promocionar la producción, transformación y comercialización del mismo. Se planteó a mediano plazo lograr la denominación de origen. ⁽⁴⁾

Elaboración propia con datos de: Fundación Produce Oaxaca A.C., 2007⁽¹⁾, AMAAC, 2012⁽²⁾, Gobierno del Estado de Oaxaca, 2014⁽³⁾ y elorienten.net, 2014^{b (4)}.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la región de estudio

A continuación se describen las características generales de la región de estudio, que incluyó dos predios: uno a cielo abierto en el municipio de Coyotepec y otro bajo condiciones de invernadero en Cuautitlán Izcalli; ambos en el Estado de México.

3.1.1. Localización del área experimental

Con el nombre de Valle de México se conoce a la Cuenca hidrográfica endorreica, en cuya parte baja se encuentra la capital de la República Mexicana. La Cuenca está situada en la porción central del país y en el extremo meridional de la provincia fisiográfica llamada Altiplanicie Mexicana, cuyos bordes laterales son las Sierras Madres Occidental y Oriental. Por consiguiente, forma parte del Eje Volcánico Transversal, aun cuando su extensa porción plana señala una discontinuidad de este cuerpo montañoso (Rzedowski, 2010).

El Valle tiene una superficie aproximada de 7,500 km² y su forma es ligeramente alargada en el sentido NNE-SSW; con coordenadas 19° 02' y 20° 12' de latitud N, 98° 28' y 99° 32' de longitud W. Su eje mayor es de 130 km, mientras que la anchura máxima alcanza cerca de 90 km. De tal manera que el Valle de México incluye prácticamente toda la superficie del Distrito Federal, cerca de la cuarta parte de la del Estado de México y más o menos 7 % de la del estado de Hidalgo, además de muy pequeñas extensiones de los estados de Tlaxcala, Puebla y de Morelos (Figura 9) (Rzedowski, 2010).

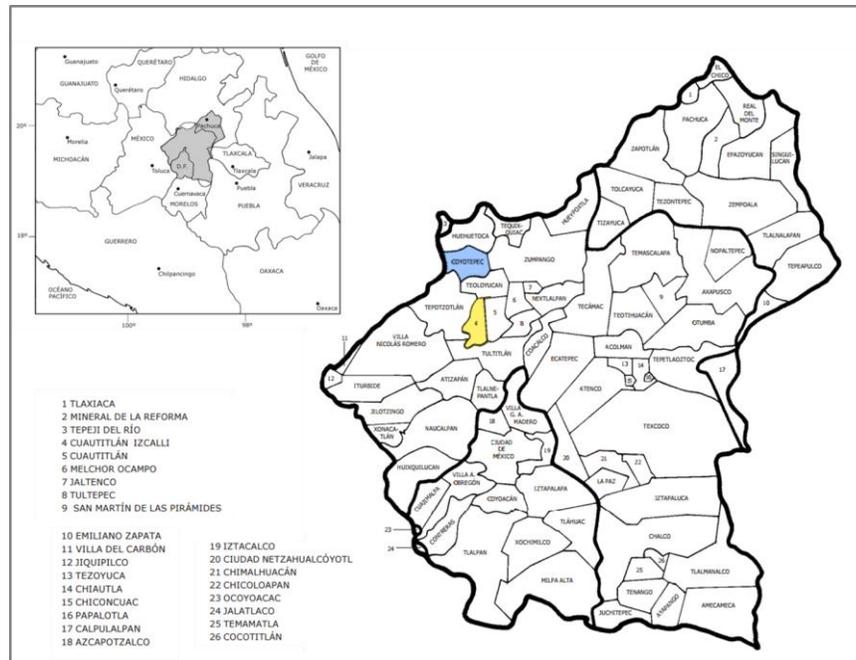


Figura 9. Localización del área experimental dentro del Valle de México (Rzedowski, 2010).

Presenta un clima variado pasando por lo tropical de altura, los templados y los fríos en las montañas altas. Además posee algunos rasgos propios, entre los que destacan las notables diferencias de temperatura que ocurren a menudo durante el día, la presencia de vientos alisios y la orografía accidentada, que se traduce en una diversidad climática muy grande, y a menudo las condiciones varían significativamente de un lugar a otro a pesar de la corta distancia que los separa. De acuerdo con la clasificación de Köppen (1948), modificado por García (1964), el Valle de México se ubican dentro de tres categorías principales: BS k w g (semiárido frío, con lluvias en verano) abarca en el Valle de México casi toda la zona con precipitación media anual inferior a 600 mm anuales; Cw b g (templado con invierno seco) abarcando casi toda la zona con precipitación media anual superior a 600 mm anuales y el ET (clima de tundra) que abarca las partes más altas de las Sierras Nevada, del Ajusco y de las Cruces. Sin embargo estas tres categorías dan sólo una caracterización muy superficial de la diversidad de los climas en el área (Rzedowski, 2010).

3.1.2. Coyotepec, Estado de México

Se localiza en la parte noroeste del Estado de México, en el kilómetro 50 de la autopista México-Querétaro entre las coordenadas 99° 10' 16" longitud oeste y 19° 45' 00" latitud norte, a una altura de 2,320 msnm y cuenta con una superficie de 49.32 km² (Figura 9). Presenta un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano, vientos de febrero a marzo e intenso frío en invierno. La temperatura media anual es de 16 °C, con una máxima de 29 °C y una mínima de hasta 3.5 °C. La precipitación anual varía de 400 a 700 mm.

El sistema orográfico es variable y en las partes altas predomina la vegetación boscosa (pinos, encinos, eucalipto y pirul), mientras que en las partes bajas predominan las especies anuales, arbustos y cactáceas, entre otros; además de contar con un vasto valle en la parte norte y oriente, dedicado a la agricultura (principalmente de temporal); el principal tipo de suelo presente es el arcilloso y en menor grado se pueden encontrar arenas, limo, tepetate y roca (INAFED, 2012).

3.1.3. Cuautitlán Izcalli, Estado de México

Se localiza en la parte noroeste de la cuenca de México, en las coordenadas 19° 40' 50" de latitud norte y a los 99° 12' 25" de longitud oeste (Figura 9); a una altura promedio de 2,252 msnm y una extensión territorial de 109.54 Km². Cuenta con clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media $C(w_1)$, que se presenta en un 30.6 % de la superficie territorial y templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad $C(w_0)$ en un 69.4 % de la superficie. La temperatura media anual es de 16 °C, cuya variación máxima alcanza los 27.8 °C y como mínima de 5 °C.

El uso de suelo en el municipio está dedicado principalmente a la urbanización y al desarrollo industrial, solo una pequeña parte, menor al 40 % del territorio se encuentra destinada al uso agrícola, pecuario y forestal; en donde predominan los suelos tipo vertisol, litosol y feozem (INAFED, 2012).

3.2. Metodología

Se llevó a cabo una investigación de tipo “exploratoria-descriptiva y cuantitativa”. Exploratoria debido a que el tema en sí, es poco conocido y por lo tanto poco estudiado de manera sistemática. Y descriptiva porque se buscó detallar los componentes que engloba la fenología de dicho cultivo en regiones con distintas características climáticas. Además de observar, medir y evaluar los diversos aspectos que derivaron de la interacción sistema de producción-fecha de siembra y cómo éstas modifican el comportamiento de la planta en comparación con los datos reportados en su zona de origen.

3.2.1. Diseño experimental

Para la evaluación de datos se utilizó un diseño experimental de tipo factorial 2 x 2; es decir se evaluaron dos sistemas de producción (variables) con dos fechas de siembra (niveles) cada una, tal como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Variables del diseño experimental tipo factorial 2x2.

Fecha de siembra	Sistema de producción	
	Invernadero	Cielo abierto
Fecha 1. (28- Abril)	Invernadero Fecha 1 (Inv F1)	Cielo abierto fecha 1 (CA F1)
Fecha 2. (24-Junio)	Invernadero Fecha 2 (Inv F2)	Cielo abierto fecha 2 (CA F2)

Se consideró como unidad experimental al 75 % de las plantas establecidas para cada caso, las cuales fueron escogidas y etiquetadas al azar, con el fin de que estas fueran una muestra representativa, de las cuales se tomaron los datos periódicamente.

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el programa estadístico SAS 9.1.3[®] con un nivel de confianza del 0.05.

3.2.2. Variables a evaluar

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

a) Fenología: Se determinaron las etapas y fases fenológicas del cultivo, en los dos ambientes experimentales.

b) Componentes del rendimiento:

- Altura de planta: se registró cada siete días a partir del trasplante.

- Número de frutos por planta: obtenidos durante el ciclo del cultivo.

- Tamaño de fruto: se determinó con base al largo, ancho y peso; tal y como lo marca la Norma Nacional Mexicana: NMX-FF-025-SCFI-2007 para productos alimenticios no industrializados para consumo humano, específicamente para chile fresco. El largo del fruto fue tomado de la base al ápice del fruto sin considerar el pedúnculo. El ancho fue medido en la parte de mayor amplitud del fruto.

- Peso de fruto: se promedió una muestra de 20 frutos por planta, para cada ambiente.

- Color del fruto: Se clasificaron los frutos de acuerdo a la coloración, que estos presentaron una vez alcanzada la madurez fisiológica, así mismo, se hizo un seguimiento del fruto, en cuanto a su cambio de coloración desde el momento del corte hasta el secado del mismo.

- Forma de fruto: Una vez realizado el primer corte se identificaron las distintas formas de frutos presentes, para posteriormente describirlas de acuerdo a sus principales características.

- Rendimiento: Se consideró el volumen de frutos por unidad de área al primer corte. Se obtuvo multiplicando el rendimiento por planta al primer corte por la densidad de plantación, expresado en kg/m^2 .

3.2.3. Desarrollo del experimento

Se utilizaron semillas de Chilhuacle del tipo negro y rojo, provenientes de la región de la Cañada, en el estado de Oaxaca. Las semillas fueron desinfectadas y sembradas en charolas germinadoras de poliestireno utilizando una mezcla de sustrato 2:1 de tierra para maceta y perlita. El experimento fue montado en dos localidades del Estado de México pertenecientes al Valle de México, bajo dos sistemas de producción: el primero en condiciones de invernadero en Cuautitlán Izcalli, y el segundo a cielo abierto en Coyotepec; durante el ciclo primavera-verano 2015. Para cada caso se evaluaron dos fechas de siembra (28 abril y 24 junio), con las mismas condiciones de manejo agronómico; en cuanto a la preparación del suelo, densidad de plantación, fechas de aplicación y dosis utilizadas de fertilizantes, fungicida e insecticidas, así como el tiempo transcurrido entre una aplicación y otra.

El trasplante para ambos sistemas de producción fue realizado a los 71 días después de la siembra, para la primera fecha y a los 47 días para la segunda. Las plántulas con cepellón fueron depositadas a 10 cm de profundidad, empleando un marco de plantación de tres bolillo o zig-zag a doble hilera, con una separación entre plantas de 60 cm; para el caso del cultivo bajo invernadero se utilizó un sistema de riego por goteo, mientras que el cultivo a cielo abierto fue de temporal con un riego de auxilio.

La formulación de fertilización fue de 210-90-255-80 Mg, dividida en tres aplicaciones; la primera a los 15 días después del trasplante, administrando el 64 % de N, el 100 % de P, el 70 % de K y el 42 % de Mg; la segunda fue realizada a los 40 días, aplicando el 19 % de N y el 30% de K; en la última dosis se administró el 17 % de N y el 58 % de Mg, subdividiendo dicha dosis en tres aplicaciones, cada una 15 días después de la anterior. Se hicieron aplicaciones periódicas de insecticidas como Ridozzon® y Folidol® en una dosis de 1 ml L⁻¹ para controlar a pulgones. Además de Ridomil gold® en dosis de 1 ml L⁻¹ para prevenir enfermedades fúngicas en la planta.

La medición y toma de datos se llevó a cabo una vez por semana. Se utilizó un flexómetro para registrar la altura de planta; además, se observó y registró el estado fenológico de las plantas. Al momento de la cosecha en verde se cuantificó el número de frutos por planta y

con la ayuda de una balanza digital se pesaron los frutos obtenidos por planta y se determinó el peso por fruto para cada caso.

Después de haber cosechado y evaluado los frutos, se almacenaron en cajas por separado, de acuerdo a cada tratamiento (sistema de producción-fecha de siembra), para su seguimiento y observación en relación a los cambios de coloración, apariencia y forma de fruto, durante el proceso de secado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados y observaciones de ésta investigación.

4.1. Fenología

Se obtuvieron diferencias en el desarrollo y tiempo transcurrido en las distintas etapas fenológicas (almácigo vegetativa, floración y fructificación), del testigo con respecto a la F1 y F2 (Cuadro 3), así como entre ellas; en donde claramente se puede apreciar la influencia que ejercen las diferentes condiciones ambientales (fotoperiodo y temperatura principalmente) entre las zonas y los sistema de producción; así como la influencia directa de la fecha de siembra sobre el desarrollo y crecimiento del cultivo; ya que cuando la siembra es tardía, la planta tiende a acelera su desarrollo fenológico, acortando el tiempo entre la duración de una etapa y otra;

Cuadro 3. Duración de las etapas fenológicas, entre las fechas de siembra y sitio de observación.

Tratamiento	Almácigo	Vegetativa	Floración	Fructificación
Testigo Cañada, Oax. (Inv - CA)	35–45 días		90 días*	
Invernadero F1 (C. Izcalli, Méx.)	71 días	45 días	24 días	49 días
Cielo abierto F1 (Coyotepec, Méx)	71 días	48 días	38 días	42 días
Invernadero F2 (C. Izcalli, Méx)	47 días	41 días	23 días	31 días
Cielo abierto F2 (Coyotepec, Méx.)	47 días	43 días	31 días	21 días

*90 días que incluyen la etapa vegetativa, floración y fructificación.

En el almácigo (Figura 10), las plántulas emergieron (50 %), a los 20 días en la F1 y tuvieron un periodo de 51 días para el desarrollarlo de hojas verdaderas; para la F2 transcurrieron 16 días a la emergencia de las plántulas y el periodo de desarrollo de hojas verdaderas tuvo una duración de 31 días; Lo que originó una diferencia altamente

significativa (anexo 2) entre fechas de siembra; en cuanto a los días transcurridos al trasplante como se puede observar en el cuadro 4.

Cuadro 4. Comparación de la etapa fenológica en almácigo.

Etapa en almácigo				
Zona	Emisión de radícula	Emergencia	Hojas verdaderas	Días a trasplante
Cañada, Oax.	3 dds	12 dds	-	35-45 días
F1 (28-Abril)	15 dds	20 dds	51 días	71 días
F2 (24-Junio)	12 dds	16 dds	31 días	47 días

*90 días de crecimiento y desarrollo que incluyen inicio de floración y fructificación.
dds: días después de la siembra.

Dicha diferencia se hizo notoria, en cuanto al desarrollo y crecimiento de las plántulas, principalmente en cuanto a altura de la misma; ya que para la F1 el trasplante se realizó a los 71 días después de la siembra con una altura promedio de plántula de 9 cm con 6 hojas verdaderas, mientras que para la F2 el trasplante se realizó a los 47 días, con una altura promedio de 12 cm y 6 hojas verdaderas; por lo que dichos resultados se consideran dentro del rango óptimo de indicadores para el trasplante de plántulas de chile; el cual según Reveles-Hernández (2010), es de 10 a 12 cm de altura, con 6 a 8 hojas verdaderas, lo cual se debería de haber logrado entre los 40 y 50 días después de la siembra.



Figura 10. Desarrollo en la etapa de almácigo.

Una de las razones que podría explicar la diferencia entre altura y desarrollo de la plántula, así como el tiempo transcurrido entre almácigos de la F1 y la F2; es el clima, ya que la

temperatura recomendada para el desarrollo de plántulas de chile es de 18 a 24 °C (Reveles-Hernández, 2010) y durante esta etapa la temperatura máxima registrada durante los meses de mayo y junio fueron de 27.2 y 25.2 °C, mientras que para julio y agosto fueron de 23.6 y 23.8 °C (CONAGUA, 2015), por lo que se puede concluir que las plántulas de la segunda fecha de siembra no sufrieron ningún tipo de estrés lo que facilitó su desarrollo.

La etapa vegetativa (Cuadro 5) entre tratamientos no mostro diferencia significativa (anexo 3), en cuanto a días transcurridos. Lo que indica que esta etapa no es afectada por la fecha de siembra o el tipo de sistema de producción; sin embargo, sí fue afectada en el desarrollo de estructuras como ramas secundarias y hojas, así como en la altura de planta (Figura 11).



Figura 11. Desarrollo de la etapa vegetativa.

Cuadro 5. Etapa vegetativa del cultivo de chile Chilhuacle, bajo dos sistemas de producción y dos fechas de siembra.

Cielo abierto (Fecha 1)	Invernadero (Fecha 1)	Cielo abierto (Fecha 2)	Invernadero (Fecha 2)
48 días	45 días	43 días	41 días

4.1.1 Días a floración.

La etapa reproductiva (Figura 12) y la fructificación son una de las más críticas dentro del ciclo productivo; por lo que al comparar los distintos tratamientos (Cuadro 6), estos no muestran diferencia significativa entre fecha de siembra, pero sí entre sistema de

producción, siendo más corta la etapa reproductiva (floración) para aquellas plantas manejadas bajo invernadero. Sin embargo, estas también obtuvieron una mayor emisión de botones florales, así como apertura y polinización de flores.



Figura 12. Desarrollo de la etapa de floración.

Cuadro 6. Etapa reproductiva del cultivo de chile Chilhuacle, bajo dos sistemas de producción y dos fechas de siembra.

Localidad		Formación de botón	Floración	Total
Cañada, Oax.		-	-	90 días*
Coyotepec	F1	12 días	26 días	38 días
Cielo abierto	F2	9 días	22 días	31 días
C. Izcalli	F1	9 días	15 días	24 días
invernadero	F2	9 días	14 días	23 días

*90 días de crecimiento y desarrollo que incluyen inicio de floración y fructificación.

4.1.2 Días a fructificación y maduración al primer corte.

Los resultados demuestran (Cuadro 7) que no hay deferencia significativa entre sistema de producción, pero si entre fechas de siembra (ya que la diferencia entre ambas es de un poco menos de la mitad de los días transcurridos de fructificación para la F1.); esto debido

principalmente a los días de duración de esta etapa, la cual se vio afectada por la duración atribuida al ciclo de producción del cultivo para cada fecha, principalmente para la segunda; la cual se vio interrumpida justo en el desarrollo del fruto (Figura13), lo cual fue crucial para la maduración y comportamiento poscosecha, así como para la calidad del mismo.



Figura 13. Desarrollo de la etapa de fructificación.

Cuadro 7. Etapa de fructificación en el cultivo de chile Chilhuacle, bajo dos sistemas de producción y dos fechas de siembra.

Localidad		Cuajado de fruto	Desarrollo de fruto	Total
Cañada, Oax.		-	-	90 días*
Coyotepec Cielo abierto	F1	42 días	-	42 días
	F2	9 días	12 días**	21 días**
C. Izcalli Invernadero	F1	8 días	41 días	49 días
	F2	8 días	23 días**	31 días*

*90 días de crecimiento y desarrollo que incluyen inicio de floración y fructificación.

** No se completó la etapa de fructificación ni el desarrollo del fruto; ya que el ciclo de cultivo se detuvo a los 199 días para la F1 y a los 142 para la F2.

En cuanto a la maduración del fruto, únicamente aquellos procedentes de la primera fecha de siembra bajo sistema de producción en invernadero, pudieron contar con un tiempo de

maduración en planta de 10 días; en los cuales se pudo observar un ligero cambio de coloración del fruto (Figura 14). Cabe mencionar que en especies de chiles no verdes, destinados principalmente para la producción de chile seco, el índice de cosecha óptimo es cuando el fruto presenta un cambio evidente de coloración, lo cual asegurara en buena parte la calidad del producto (INIFAP, 2006).



Figura 14. Maduración alcanzada en los fruto de chile Chilhuacle, bajo sistema de producción en invernadero.

En cuanto a la duración del ciclo, según lo reportado por López (2015), el ciclo de cultivo del Chilhuacle en la zona de la Cañada es de 185 a 195 días. Durante este trabajo, en el Valle de México, el ciclo de cultivo tuvo una duración de 199 y 142 días al primer corte; para la primera y segunda fecha de siembra respectivamente, bajo condiciones de invernadero y a cielo abierto, respectivamente

4.2. Componentes de rendimiento

4.2.1 Altura de planta

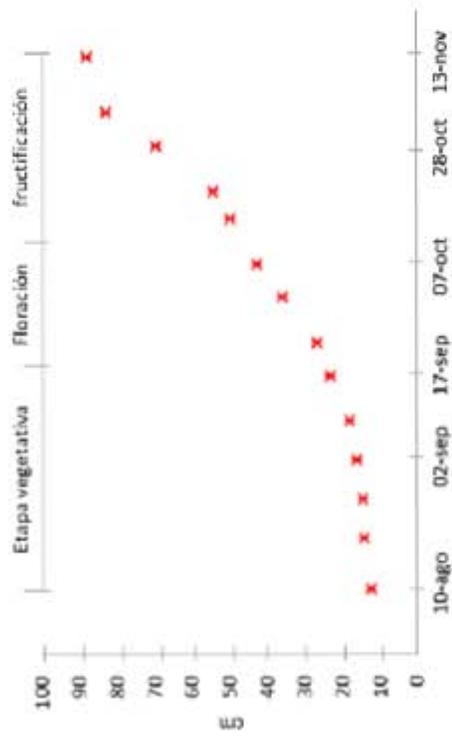
En cuanto a la altura de planta existe una diferencia evidente y altamente significativa entre un caso y otro tal como se demuestra en el Cuadro 8. Es decir que ésta varía, de acuerdo a la zona y al sistema de producción empleado (Figura 15).

Cuadro 8. Comparación de altura de planta para el cultivo de chile Chilhuacle, bajo diversas condiciones de producción.

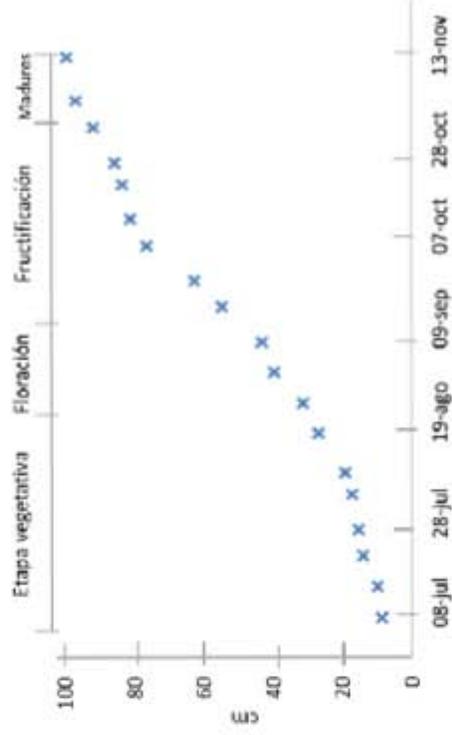
Localidad			Altura de planta (cm)
Valle de México	Cuautitlán Izcalli.	Invernadero F1	99.7
	Méx.	invernadero F2	87.9
	Coyotepec, Méx	Cielo abierto F 1	64.7
		Cielo abierto F2	57.8
Oaxaca	Cañada	Invernadero	178
		Cielo abierto	145
	Valles Centrales	Invernadero	75

Langlé (2011) reportó diferencia significativa en cuanto a la altura de planta en un sistema de producción bajo invernadero, la cual está relacionada directamente al manejo del cultivo en cuanto a la intensidad de poda, las cuales fueron: a 2 tallos alcanzado una altura de 75 a 85 cm, a 4 tallos con un altura de 80 a 90 cm y plantas sin podar las cuales alcanzaron una altura promedio de 75 cm; sin en cambio, aun cuando fueron más pequeñas que el resto produjeron mayor cantidad de frutos por planta. Por otra parte, López (2015) reportó que bajo sistema de producción a cielo abierto las planta alcanzan un altura de 1.45 m; mientras que las establecidas bajo invernadero alcanzaron una altura promedio de 1.78 m. Por lo que se puede deducir que este parámetro ésta ligado a la interacción de las variables: sistema de producción empleado y región de producción; así como de las condiciones climáticas a las que es sometido el cultivo durante el ciclo de producción. Dicha interacción parece determina en conjunto la expresión fenotípicas de la especie, lo cual compromete directamente la calidad del fruto, además de influir sobre la obtención de rendimientos.

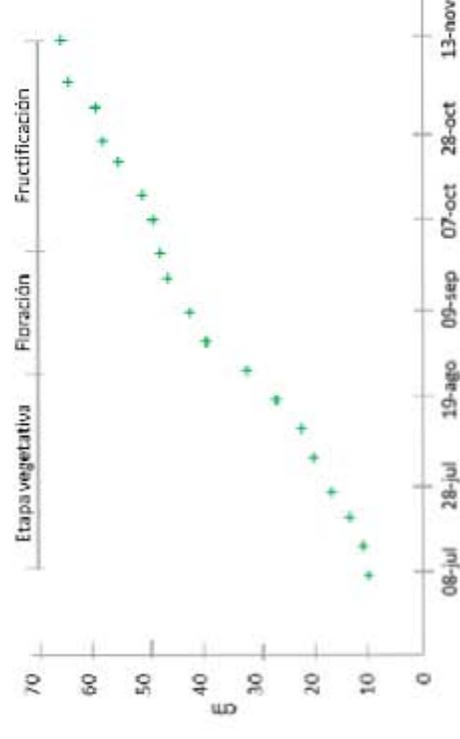
Altura de planta bajo sistema de producción en invernadero, en el municipio de C. Izcalli, Méx. Fecha 1 (28 de abril)



Altura de planta bajo sistema de producción en invernadero, en el municipio de C. Izcalli, Méx. Fecha 2 (24 de junio)



Altura de planta bajo sistema de producción a cielo abierto, en el municipio de Coyotepec, Méx. Fecha 1 (28 de abril)



Altura de planta bajo sistema de producción a cielo abierto, en el municipio de Coyotepec, Méx. Fecha 2 (24 de junio)

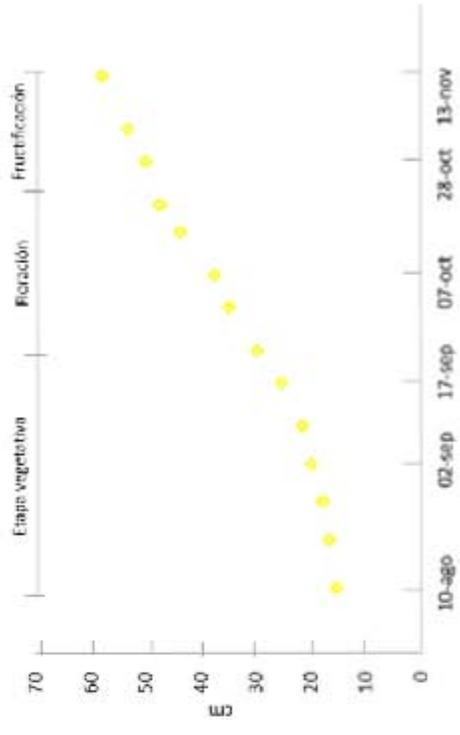


Figura 15. Gráficas de comparación entre altura de planta y desarrollo fenológico para el cultivo de Chilhuacle.

4.2.2 Número de frutos por planta

El número promedio de frutos por planta varía esencialmente de acuerdo al sistema de producción, tal como se puede observar en la Figura 16. En donde la mayor cantidad de frutos obtenidos corresponde a aquellas plantas bajo sistema de producción en invernadero; en donde se logró duplicar el número de frutos emitidos por planta en comparación con los conseguidos bajo el sistema de producción a cielo abierto.

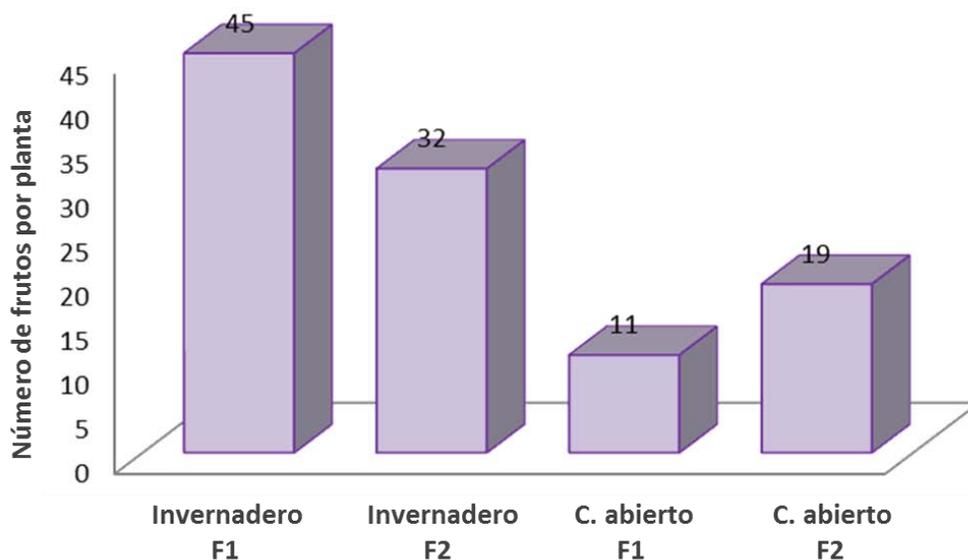


Figura 16. Número de frutos por planta obtenidos bajo los dos sistemas de producción y dos fechas de siembra.

Cabe señalar que para el caso de la producción a cielo abierto, principalmente para la primera fecha de siembra, los frutos presentaron un menor desarrollo aun cuando el tiempo estimado para la etapa de fructificación fue más largo en comparación con la segunda fecha de siembra. Lo cual podría deberse a las fluctuaciones y descensos drásticos de temperaturas durante esta etapa, lo que ocasionó la caída de frutos recién formados, afectando directamente al rendimiento del cultivo.

4.2.3 Tamaño de fruto

Entre el tamaño de fruto obtenido para los distintos tratamientos se puede observar un ligero contraste entre lo obtenido para cada uno de los sistemas de producción utilizado (Cuadro 9). Aunque también hay que mencionar que dicho contraste en parte está influenciado por la intervención de dos factores; el primero de ellos corresponde a las fluctuantes condiciones climáticas presentes durante el desarrollo de esta etapa, en la cual se vio afectado de manera directa el desarrollo del fruto, principalmente de aquellos derivados del sistema de producción a cielo abierto, lo que afectó especialmente a las plantas establecidas en la F1, en donde el desarrollo del fruto fue mínimo a pesar del tiempo de duración del ciclo de producción. El segundo factor corresponde precisamente al tiempo de duración del ciclo de producción impuesto para la segunda fecha de siembra, ya que dicho periodo de tiempo fue limitado, lo que no permitió que el fruto pudiera terminar de desarrollarse completamente; por lo que se desconoce si dichos frutos, de haber continuado su desarrollo, pudiesen haber alcanzado mayores dimensiones que las obtenidas.

Cuadro 9. Tamaño de frutos del chile Chilhuacle, bajo los dos sistemas de producción y dos fechas de siembra.

Tamaño de fruto	Invernadero F1	Invernadero F2	Cielo abierto F1	Cielo abierto F2
Largo (cm)	9.3	8.7	4.7*	6.2*
Ancho (cm)	6.3	5.9	3.9*	5.4*

*Los frutos para estos casos, se encontraban en estado inmaduros (es decir, en proceso de crecimiento).

Por otra parte al compara el tamaño de los frutos obtenidos entre los distintos tratamientos con lo reportado por otras fuentes de información; se observó que el tamaño obtenido bajo el sistema de producción bajo invernadero, sin importar la fecha de siembra o la duración del ciclo productivo, es similar a lo reportado por CONAPE (2013), el cual mencionó un parámetro que va de los 8 a 9 cm de largo y 6 a 7 cm de ancho. Mientras que Langlé (2011) reportó que el tamaño de fruto obtenido bajo sistema de producción en invernadero es de

5.6 a 6.4 cm de largo por 5.1 a 4.8 cm de ancho; lo cual también nos indica que el tamaño de fruto obtenido por la segunda fecha de siembra bajo sistema de producción a cielo abierto, se encuentra dentro del rango aceptable para dicho parámetro.

También es importante mencionar que el tipo de sistema de producción juega un papel importante en cuanto al desarrollo y tamaño del fruto, ya que es evidente que hay un efecto positivo en cuanto a las dimensiones (largo y ancho) del fruto, para aquellos obtenidos bajo condiciones de invernadero; ya que para ambas fechas de siembra se observan resultados superiores a los obtenidos bajo sistema de producción a cielo abierto. Además, la fecha de siembra también tiene efecto directo sobre dicho componente, pues se observa claramente que los valores difieren entre la F1 y la F2, debido a que las condiciones ambientales (temperatura y luminosidad) varían de una fecha a otra y esto repercute en el comportamiento y expresión de los genotipos.

4.2.4 Peso de fruto

En cuanto al peso de fruto (Cuadro 10), está directamente relacionado con las dimensiones del mismo; ya que como se puede observar a simple vista, los pesos obtenidos en aquellos frutos originados bajo sistema de producción en invernadero, son superiores a los alcanzados bajo el sistema de producción a cielo abierto.

Cuadro 10. Peso de fruto, bajo dos sistemas de producción y dos fechas de siembra.

	Invernadero fecha 1	Invernadero fecha 2	Cielo abierto fecha 1	Cielo abierto fecha 2
Peso (g)	31.32	28.37	18.32	21.55

Comparando los pesos obtenidos por fruto con el de algunas otras especies de chiles similares en cuanto a su forma, se pudo determinar que el peso obtenido en general del chile Chilhuacle es apenas comparable con el del chile manzano de tamaño mediano (35 a 56 g) y se encuentra muy por debajo del peso de especies como el chile poblano o mulato el

cual va de los 80 a los 150 g (NMX-FF-025-SCFI-2007); este último frecuentemente es confundido con el Chilhuacle por su semejanza en cuanto a coloración del fruto.

4.2.5 Color de fruto

El fruto del chile Chilhuacle presenta carotenoides y antocianinas; pigmentos que son los responsables de la coloración característica que presentan los frutos en estado maduro principalmente en aquellos provenientes de materiales criollos y variedades mejoradas, los cuales se tornan de color rojo a rojo oscuro, y de acuerdo al INIFAP, 2006 solo algunos como el chile mulato, el pasilla y el Chilhuacle se tornan de color café o café oscuro (negro). El contenido total de estos pigmentos de acuerdo a Almeda (1991), citado por Moreno *et al.* (2010), puede variar de acuerdo al tipo de cultivar, estado de madurez y condiciones de crecimiento. Además la temperatura, iluminación y tiempo de secado pueden modificar la concentración de los mismos.

Para el caso del chile Chilhuacle rojo y negro, a continuación en los Cuadros 11 y 12, se describe el cambio de coloración del fruto, así como el tiempo transcurrido entre el cambio de una tonalidad y otra, hasta alcanzar la coloración característica de este fruto. Cabe señalar que durante esta observación no se tomó en cuenta ni la fecha de siembra ni el sistema de producción, puesto que se consideró una muestra al azar de cada condición y se reportan los datos promedio de todas las muestras.

Cuadro 11. Cambio de coloración en frutos de chile Chilhuacle rojo.

Color	Descripción
	<p data-bbox="857 1556 1073 1587">Verde esmeralda</p> <p data-bbox="602 1625 987 1656">Días 0 (al momento del corte)</p> <p data-bbox="602 1694 1333 1766">Toda la superficie del fruto es verde, no hay cambio de coloración visible.</p>

Continuación Cuadro 11.

Color	Descripción
	<p>Rojo brillante</p> <p>De 8 a 10 días.</p> <p>El fruto adquiere por completo una tonalidad uniforme de color rojo brillante.</p>
	<p>Rojo quemado</p> <p>Después de 7 a 10 días.</p> <p>El fruto cambia de rojo brillante a rojo quemado al irse oscureciendo gradualmente la tonalidad, comenzando por la parte media y extendiéndose al resto del fruto.</p>
	<p>Café rojizo</p> <p>14 a 18 días después.</p> <p>Después de este tiempo el fruto se ha oscurecido casi en su totalidad, por lo que el fruto ha adquirido una coloración café con matices rojos muy notorios en todo el fruto.</p>
	<p>Chocolate oscuro</p> <p>De 16 a 20 días después</p> <p>El fruto alcanza en su totalidad una tonalidad color chocolate con espectro oscuro.</p>

Fuente: Elaboración propia con imágenes de la investigación, 2015.

Cuadro 12. Cambio de coloración en frutos de chile Chilhuacle negro.

Color	Descripción
	<p>Verde esmeralda oscuro.</p> <p>Día 0 (al momento del corte).</p> <p>El fruto presenta una coloración verde esmeralda intensa y más oscura, que los frutos del Chilhuacle de tipo rojo.</p>
	<p>Verde oscuro con matices marrón</p> <p>De 14 a 16 días</p> <p>Más del 45% del fruto presenta un cambio de coloración de verde esmeralda oscuro a marrón, esto principalmente en la zona media del fruto, extendiéndose hacia los extremos superior e inferior el mismo.</p>
	<p>Marrón rojizo (caoba)</p> <p>De 12 a 15 días.</p> <p>El fruto presenta en su totalidad una coloración marrón con reflejos rojizos</p>
	<p>Café muy oscuro (negro)</p> <p>De 10 a 14 después.</p> <p>El fruto alcanza una coloración café con tonalidades muy oscuras, que a simple vista pareciera que el fruto fuera de color negro; de ahí el nombre popular que se le da a esta especie de Chilhuacle.</p>

Fuente: elaboración propia con imágenes de la investigación, 2015.

En el caso del Chilhuacle negro el cambio de coloración en el fruto no es muy perceptible a simple vista, ya que predomina en él el espectro o tonalidad oscura en cada fase del cambio

de coloración. Mientras que en el Chilhuacle rojo el cambio de coloración es mucho más notorio y fácil de identificar.

4.2.6 Forma de fruto

El material nativo de Chilhuacle presenta variación morfológica en cuanto al fruto, por lo que en el presente trabajo de investigación se han podido identificar cuatro formas principales (las cuales se describen más adelante); y no solo una como lo reportado por Langlé (2011), quien lo describió como una forma acampanulada, o López (2015) quien lo reportó como una baya de forma trapezoidal,

Las cuatro formas de fruto encontradas durante la presente investigación son:

A) Cónica alargada con ápices agudos:

Este tipo de fruto se distingue por ser más largo que ancho, sus dimensiones van de los 6 a 11.5 cm y 5 a 6 cm correspondientemente (Figura 17). La parte más ancha del fruto se encuentra ubicado en el segmento superior, justo debajo del pedúnculo, además de Presentar un ápice agudo en forma de cono.



Figura 17. Fruto de forma cónica alargada con ápices agudos (Elaboración propia con imágenes de la investigación, 2015).

B) Acorazonada con ápice agudo: Presentan una forma redondeada de entre 5 a 8 cm de largo y 6 a 8 cm de ancho. En la parte superior muestran una ligera hendidura justo debajo del pedúnculo, lo que le proporciona la forma de corazón; además de exhibir un ápice ligeramente alargado y agudo (Figura 18).



Figura 18. Fruto de forma acorazonada con ápice agudo (Elaboración propia con imágenes de la investigación, 2015).

C) Ovoide alargado: Presenta forma ovalada, con el ápice ligeramente más angosto que la base del fruto (Figura 19.), además de tener el pedúnculo levemente hundido. Este tipo de fruto mide alrededor de 6 a 10 cm de largo y 5 a 6 cm de ancho.



Figura 19. Fruto de forma ovoide alargado (Elaboración propia con imágenes de la investigación, 2015).

D) Trapezoidal o cubica con bordes redondeados: Fruto de aproximadamente 6 a 9 cm de largo y 5 a 7 cm de ancho, con forma de cubo o trapecio invertido con bordes redondeados; pedúnculo y ápice ligeramente hundido en el pericarpio del fruto (Figura 20).



Figura 20. Fruto de forma trapezoidal o cubica con bordes redondeados (Elaboración propia con imágenes de la investigación, 2015).

Como se ha podido demostrado el fruto del Chilhuacle presenta formas variables la cual son perceptible a simple vista; ya que difiere una de otra, en cuando a las proporciones de largo y ancho del fruto. El tipo A (cónico alargada con ápices agudos) es más largo que ancho y delgado en comparación el resto. El tipo B (acorazonado) básicamente ostenta las misas dimensiones de largo y ancho, sumado a esto tenemos la presencia de una hendidura muy marcada en la parte superior del fruto acompañado de un ápice prominentemente agudo. El tipo C (Ovoide alargado) es ligeramente más largo que ancho y redondeado en sus bordes. Por último el tipo D (Trapezoidal o cubica con bordes redondeados) al igual que el anterior presenta dimensiones similares de largo y ancho, con la diferencia de que los ángulos de los bordes se encuentran mucho más definidos y rectos.

4.2.7 Rendimiento

En cuanto al rendimiento de fruto por metro cuadrado, para el caso de los cultivos en invernadero es de más del doble del rendimiento obtenido en los cultivos a cielo abierto, independientemente de la fecha de siembra (Cuadro 13). Ya que bajo este sistema se logró obtener rendimientos de 3.774 kg m^{-2} para la primera fecha de siembra y 3.111 kg m^{-2} para

la segunda fecha; mismos que son superiores a los obtenidos en su zona de origen de la cañada, bajo sistema de producción en invernadero; los cuales oscilan entre los 1,222.99 g m⁻² y 765.24 g m⁻² (Langlé, 2011), llegando a alcanzar hasta las 2 toneladas por hectárea (Villamil, 2016).

Cuadro 13. Rendimiento de fruto (kg/m²).

Invernadero F1	Cielo abierto F1	Invernadero F2	Cielo abierto F2
3.774	0.744	3.111	1.044

En el caso de la producción a cielo abierto en el valle de México, los resultados obtenidos son similares a los reportados en la zona de origen bajo este sistema de producción tradicional; en donde se estima que el rendimiento no sobrepasa de una tonelada de producción por hectárea obteniendo en promedio 600 kg por hectárea (Villamil, 2016). Sin embargo, los rendimientos obtenidos de 0.744 kg m⁻² y 1.044 kg m⁻² se encuentran dentro del rango de producción aceptable, e incluso son ligeramente superiores a los obtenidos en la zona de la cañada, bajo este sistema de producción.

V. CONCLUSIONES

Se determinó que la respuesta del comportamiento fenológico del chile Chilhuacle está influenciado directamente por el sistema de producción al cual es sometido el cultivo; esto en cuanto al desarrollo de estructuras y las características de las mismas, así como el tiempo transcurrido entre la aparición de una y otra.

La duración de las etapas fenológicas no presentaron una diferencia significativa entre fechas de siembra, pero sí entre sistemas de producción.

El ciclo de producción y la duración del mismo cambió de acuerdo a la interacción del genotipo con los factores climáticos a los cuales fueron sometidos es decir, que las plantas del mismo genotipo sembradas bajo diferentes condiciones climáticas presentaron diferentes estados de desarrollo después de transcurrido el mismo tiempo, lo cual coincide con la hipótesis planteada en la investigación.

El cultivo tiene aptitud y gran potencial para su producción en el valle de México bajo el sistema de producción en invernadero en donde se obtuvo mayor rendimiento (25%) en comparación con lo obtenido en la región de la Cañada, Oaxaca.

RECOMENDACIONES

Debido a la alta variabilidad genética observada principalmente en las características del fruto en cuanto a color, tamaño (largo y ancho del fruto) y forma del mismo; se recomienda seguir o retomar dicha investigación a fin de generar información que permita contribuir al mejoramiento genético de esta especie a fin de fijar aquellas características deseables en el fruto.

VI. LITERATURA CITADA

1. AMAAC. 2012. Asociación Mexicana de Artistas y Asesores Culinarios. Salvemos al Chile Chilhuacle. En: <http://amaacmexico.com/index.php/secciones/articulos/articulos-antteriores/72-salvemos-al-chile-chilhuacle.html>. Fecha de consulta el 2 de Septiembre de 2014.
2. Animal Gourmet. 2015. México, el país de los 64 chiles. En; <http://www.animalgourmet.com/2015/11/27/los-chiles-la-marvilla-picante-de-mexico/>. fecha de consulta 02 de Diciembre de 2015.
3. Barrera, J., Suárez, D., Melgarejo, L. M. 2004. II. Analisis de crecimiento en plantas. En: http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/5/04_Cap02.pdf. Fecha de consulta el 11 de Noviembre de 2015.
4. CIEDD. 2013. Chilhuacle riqueza ancestral, cultural y biológica del estado de Oaxaca. Sensor anual 2013 Información para el desarrollo. En http://www.ciedd.oaxaca.gob.mx/info/pdf/sensoranual_2013br.pdf. pp 54-57. Fecha de consulta el 26 de mayo de 2014.
5. CONACULTA. 2014. Iconos de gastronomía mexicana. El mole. En : http://www.sic.gob.mx/ficha.php?table=gastronomia&table_id=178. Fecha de consulta el 05 de Octubre de 2014.
6. CONAGUA. 2015. Nacional:Comición Nacional del Agua Estado de México. en : http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=189:estado-de-mexico&catid=14. Fecha de cosulta 23 de Enero de 2015.
7. CONAPE. 2013. Al rescate del chile chilhuacle, el rey del mole negro: canirac oaxaca y utvco. Compañeros Nacionales de Periodistas y Editores A. C.. En: <http://conape.org/2013/01/al-rescate-del-chile-chilhuacle-el-rey-del-mole-negro-canirac-oaxaca-y-utvco/>. Fecha de consulta el 05 de Octubre de 2014.

8. EgoFelix.com. 2012. Planta chilhuacle Negro. En: http://www.egofelix.com/?attachment_id=6777. Fecha de consulta el 15 de Agosto de 2015.
9. Eloriente.net. 2014^a. De Cuicatlán para el mundo. el chile huacle. En <http://www.eloriente.net/home/2014/10/22/de-cuicatlan-para-el-mundo-el-chile-huacle/>. Fecha de consulta el 03 de Noviembre de 2014.
10. Eloriente.net. 2014^b. La reactivación del chilhuacle. En: <http://www.eloriente.net/home/2014/10/22/la-reactivacion-del-chilhuacle/>. Fecha de consulta el 02 de Noviembre del 2014.
11. Fundación Produce Oaxaca A.C. 2007. La diversidad genética del Chile (*Capsicum* spp) en Oaxaca, México. En: <http://www.oedrus-oaxaca.gob.mx/produce/abril07/contenido.pdf>. Fecha de consulta el 18 de Septiembre de 2014.
12. García, M.A.O.S. 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Integración del conocimiento florístico del estado. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México. pp 305-325.
13. Gobierno del Estado de Oaxaca. 2014. Continúa UTVCO con rescate y valoración del chile chilhuacle. Comunicado Social del Gobierno del Estado de Oaxaca. En: <http://www.oaxaca.gob.mx/continua-utvco-con-rescate-valoracion-del-chile-chilhuacle/>. Fecha de consulta el 02 de Septiembre de 2014.
14. INAFED. 2010. Estado de México. En: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/index.html>. Fecha de consulta 04 de diciembre de 2015.
15. INEGI, 2010. Compendio de Información Geográfica Municipal. En: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx>. Fecha de consulta: 03 de marzo de 2016.

16. INEGI, 2015. México en cifras. En <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx>. Fecha de consulta: 03 de marzo de 2016
17. InfoSIAP. 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Un panorama del cultivo del chile. En: <http://infosiap.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100705-monografia-chile.pdf>. Fecha de consulta el 27 de Julio de 2015.
18. INIFAP. 2006. Instituto Nacioal de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Tecnologia de produccion de chile seco. En http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/Tecnologia_de_produccion_de_chile_seco.pdf. Fcha de consulta 02 de Enero de 2016.
19. Langlé, A.L. 2011. Respuesta del chile huacle (*Capsicum* ssp.) a diferentes densidades de plantación y poda baja manejo intensivo en invernadero. Sta. Cruz Xoxotlán, Oaxaca Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, México.
20. Long,-S.J. 1998. Capsicum y cultura. la historia del chilli. Editorial Fondo de Cultura Económica. México.
21. López, L.P., Pérez, B.D. 2015. El chile huacle (*Capsicum annuum* sp.) en el estado de Oaxaca, México. Revista AgroProduce, 8(1): 35-39. En: http://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2015/AGROPRODUCTIVIDAD_I_2015.pdf. Fecha de cosulta el 10 de Junio de 2015.
22. López, R.G.O. 2003. Chili. La especia del nuevo mundo. En: <http://www.ejournal.unam.mx/cns/no69/CNS06908.pdf>. Fecha de cosulta el 09 de Septiembre de 2014.
23. Max, A. 2009. Requieren apoyo productores de chile huacle en Cuicatlán. En: <http://www.imparcialenlinea.com>. Fecha de consulta 26 de julio de 2015.
24. Morán, B.S. 2008. Caracterización biológica de chiles criollos (*Capsicum anuum* L.) del sur del estado de Puebla. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

25. Moreno, L.S., Guerra, C. J. A, Cárdenas, A. M. L., Núñez, González, M. A., Gámez, G. H., Villareal, G. J. A. 2010. Determinación de carotenoides y clorofila en frutos de cuatro variedades de chile (*Capsicum* sp). En www.respyn.uanl.mx/especiales/2010/ee-09-2010/.../frutas.../FH23.pdf. Fecha de consulta 14 de Diciembre de 2015
26. Moreno, R.K. 2013. Chiles y salsas en México. Un sabor a identidad. En: <http://www.inah.gov.mx/reportajes/6627-chiles-y-salsas-en-mexico-un-sabor-a-identidad>. Fecha de consulta el 10 de Septiembre de 2014.
27. NMX-FF-025-SCFI-2007. Norma Nacional Mexicana para productos alimenticios no industrializados para consumo humano-chile fresco. En: <http://cide.uach.mx/pdf/NORMAS%20MEXICANAS%20NMX/PRODUCTOS%20ALIMENTICIOS%20NO%20INDUSTRIALIZADOS%20PARA%20USO%20HUMANO/PRODUCTOS%20ALIMENTICIOS%20NO%20INDUSTRIALIZADOS%20PARA%20CONSUMO%20HUMANO.%20CHILE%20FRESCO.pdf>. Fecha de consulta 13 de septiembre 2015.
28. Ochoa, A. N. s/f. Aspectos bioquímicos y moleculares de compuestos que se acumulan en los frutos de chile (*Capsicum* spp.). trabajo presentado en el XXVI Congreso de la Sociedad Mexicana de Bioquímica. En <http://www.smb.org.mx/smb-anterior/XXVICONGRESO/text/Resumen-Invitados/NeftaliOchoa.pdf>. Fecha de consulta 14 Diciembre de 2015.
29. OXFAM México. 2014. Chilhuacle, más que un chile mexicano. En: <http://oxfammexico.org/crece/chilhuacle-mas-que-un-chile-mexicano/>. Fecha de consulta el 10 de Noviembre de 2014.
30. Reveles, H.M., Huchín, A.S., Velásquez, V.R., Trejo, C.R., Ruiz, T.J. 2010. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Producción de plántula de chile en invernadero. En: <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/prcChileInv.pdf>. Fecha de consulta el 28 de Diciembre de 2015.

31. Rzedowski, G.C., *et al.* 2010. Flora fanerogámica del Valle de México. Edición digital. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán). En: http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/Flora_del_Valle_de_Mx1.pdf. Fecha de consulta el 08 de Septiembre de 2015.
32. Villalpando, I.F.J., Ruiz, C.A. 1993. Observaciones Agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Limusa, México. p. 133.
33. Villamil, V. 2016. Mole negro 'pirata' por "extinción" del chilhuacle. Noticiasnet.com. En: <http://www.noticiasnet.mx/portal/oaxaca/desifras/328668-mole-negro-pirata-extincion-del-chilhuacle>. Fecha de consulta 18 de febrero de 2016.
34. Waizel, B.J.C.M. 2011. El Género *Capsicum* Spp. ("Chile"). En: <http://www.comprendamos.org/alephzero/60/capsicum.html>. Fecha de consulta el 29 de Julio de 2015.

ANEXOS

Anexo 1. Comparación de las características climáticas de las zonas de interés.

		Oaxaca, Méx.		Valle de México	
Característica	Región de la cañada	San Juan Bautista Cuicatlan	Coyotepec, Edo. De México	Cuautitlan Izcalli, Edo de México	
	Se localiza al noroeste del estado, colindado con el estado de Puebla. abarca los distritos de Cuicatlan y Teotitlan, con municipios. El punto más alto se encuentra a 2700 msnm	Se localiza en la parte del noroeste del estado a 17°30' y 17°57' de latitud norte y 96°51' y 97°09' de longitud oeste Altitud entre 400 y 2 600 msnm	Se encuentra en la ribera poniente, del valle de México. Al noroeste del estado a 99°10'16" longitud oeste y 19° 45' 00" latitud norte. Altitud entre 2 200 y 2 800 msnm	Se localiza en la parte noroeste del estado y al poniente del valle de México. Al noroeste del estado a 19°40'50" de longitud norte y 99°12'25" de longitud oeste. Altitud entre 2 200 y 2 500 msnm	
Localización					
	Secos muy cálidos y semicalidos, semiseco con lluvias en verano y templados	Seco muy cálido y cálido (58.54%), semiseco (30.06%), semiseco muy cálido y cálido (4.88%), semiseco templado (2.27%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano (1.83%), templado subhúmedo con lluvias en verano (1.48%), cálido subhúmedo con lluvias en verano (0.51%)	Templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (85.06%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (14.94%)	Templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (72.3%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (27.7%)	
Clima					

Continuación anexo 1.

	Media anual: 22°C Máx. de 38 °C Mín. de 10 °C	Media anual: 14 – 26°C	Media anual: 12 – 16°C Máx. de 29 °C Mín. de hasta 3.5 °C.	Media anual 14° - 16°C Máx. de 27.8 °C Mín. de 5 °C.
pp	372.8 – 643.7 mm	400 – 1 000 mm	600 – 800 mm.	600 – 800 mm
Suelo	Suelos dominantes: Leptosol, Phaeozem, Luvisol, Cambisol. Regosol (17.31%), Fluvisol (11.64%), Cambisol (10.88%).	Suelos dominantes: Leptosol (31.71%), Phaeozem (24.88%), Regosol (17.31%), Fluvisol (11.64%), Cambisol (10.88%).	Suelos dominantes: Phaeozem (48.76%) y Vertisol (26.09%)	Suelos dominantes: Vertisol (14.47%), Leptosol (0.3%) y Phaeozem (0.19%)
	Uso de suelo: Agricultura 16.60% y zona urbana 0.49%, vegetación	Uso de suelo: Agricultura (38.34%), zona urbana (25.3%), vegetación	Uso de suelo: Zona urbana 81.2%, agricultura 7.81%, vegetación 7.15%	

Fuente: INEGI, 2010; INEGI, 2015; LOPEZ, 2015

Anexo 2. Cuadro ANOVA de la etapa de semillero.

Días al trasplante
The ANOVA procedure

Variable dependiente: días

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr > F
Model	2	732.800000	366.400000	Infty	< .0001
Error	2	0.000000	0.000 000		
corrected total	4	732.000000			

R- Square	Coeff var	Root MSE	dias Mean
1.000000	0	0	56.200000

Source	DF	Anova SS	Maen Square	F Value	Pr > F
Tratamiento	2	732.800000	366.400000	Infty	< .0001

Anexo 3. Cuadro ANOVA de la Etapa vegetativa.

Etapa vegetativa
The ANOVA procedure

Variable dependiente: días

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F value	Pr > F
Model	2	26.500000	13.250000	53.00	0.0967
Error	1	0.250000	0.250000		
corrected total	3	26.750000			

R- Square	Coeff var	Root MSE	dias Mean
0.990654	1.129944	0.500000	44.25000

Source	DF	Anova SS	Maen Square	F Value	Pr > F
Tratamiento	1	20.250000	20.250000	81.00	0.0704
Bloque	1	6.250000	6.250000	25.00	0.1257

Anexo 4. Muestras de Chilhuacle para la obtención de semillas.



Anexo 5. Almacigo y desarrollo de plántulas.



Anexo 6. Establecimiento del cultivo.



Anexo 7. Crecimiento y desarrollo vegetativo.



Anexo 8. Desarrollo floral.



Anexo 9. Desarrollo de fruto.

