



# UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

---

---

## INGENIERÍA AGRÍCOLA TROPICAL

DESARROLLO, RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE  
FRUTO DE LOS CULTIVOS DE CHILE HABANERO  
*Capsicum chinense* Jacq. Y CHILE SOLEDAD *Capsicum*  
*annuum* L. EN DOS SUSTRATOS BAJO INVERNADERO

### TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÍCOLA TROPICAL

PRESENTA:

**GABRIEL LOPEZ MARTINEZ**

DIRECTOR DE TESIS:

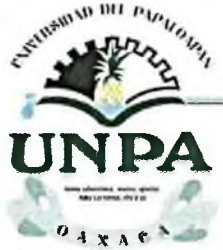
**DR. ROGELIO ENRIQUE PALACIOS TORRES**

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO.

2018

---

---



# UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

*Campus Loma Bonita*

La presente tesis titulada “DESARROLLO, RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE FRUTO DE LOS CULTIVOS DE CHILE HABANERO *Capsicum chinense* Jacq. Y CHILE SOLEDAD *Capsicum annum* L., EN DOS SUSTRATOS BAJO INVERNADERO”, presentada por el pasante GABRIEL LOPEZ MARTINEZ, bajo la dirección del Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres, ha sido aprobada por el jurado examinador y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA TROPICAL**

JURADO EXAMINADOR

DR. ROGELIO ENRIQUE PALACIOS TORRES  
DIRECTOR DE TESIS

DRA. ANA ROSA RAMÍREZ SEÑEZ  
REVISOR

DR. JOSÉ ANTONIO YAM TZEC  
REVISOR

DR. JOSE ANGEL RUEDA BARRIENTOS  
REVISOR

Loma Bonita, Oaxaca, México. 2018



# UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

## CAMPUS LOMA BONITA

Oficio No. JCIAT/98/18

Loma Bonita, Oaxaca a 05 de noviembre de 2018

**M.E. Yesenia Barrientos Arenal**  
**Jefa del Depto. de Servicios Escolares**  
**Presente**

Por este medio le comunico que la Jefatura de Carrera a mi cargo a designado como jurado del proyecto de tesis titulado "DESARROLLO, RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE FRUTO DE LOS CULTIVOS DE CHILE HABANERO *Capsicum chinense* JACQ. Y CHILE SOLEDAD *Capsicum annuum* L. EN DOS SUSTRATOS BAJO INVERNADERO", para examen de titulación del egresado C. Gabriel López Martínez, a los profesores:

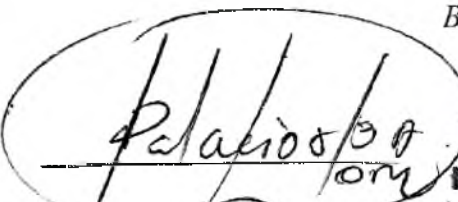
Presidente: Dra. Ana Rosa Ramírez Seañez  
Secretario.: Dr. José Antonio Yam Tzec  
Vocal: Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres

Como suplentes:  
Dr. Hipólito Hernández Hernández  
Dr. José Angel Rueda Barrientos

Sin más por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

**Atentamente**

*"Terra Uberrima, mens aperta"*  
*Bonum Est, Chi Ji Jú*

  
Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres  
Jefe de la Carrera de Ingeniería Agrícola Tropical



  
M.C. Héctor López Arjona  
Vice-Rector Académico

c.c.p. Archivo

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad del Papaloapan** por facilitarme la oportunidad de continuar con mi formación profesional, y sobre todo por ser mi segundo hogar durante 5 años de estudios, con todo el cariño y respeto.

Al **Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres** por su apoyo y conocimiento transmitido durante el desarrollo de esta investigación y en clases; por ser un ejemplo a seguir, sobre todo por enseñarme que no existen límites en la vida para cumplir los objetivos y metas propuestas; agradezco su infinita amistad y confianza.

A la **Dra. Ana Rosa Ramírez Seañez** por brindarme sus conocimientos en clases; por su punto de vista y colaboración en este trabajo, además por su amplio sentido de motivación, agradezco su confianza y amistad.

Al **Dr. José Antonio Yam Tzec** por sus observaciones y aportaciones en la redacción del presente documento.

Al **Dr. Jose Angel Rueda Barrientos** por su valiosa aportación y sugerencias en la redacción del presente documento.

Al **Profesor James Patrick Killough** por su apoyo en la revisión de mi abstract, además de la amistad que nos avala.

A los **Profesores Investigadores** de la Ingeniería Agrícola Tropical, al **M.C. José Mercedes Pablo Altunar** y **M.C. César Julio Martínez Castro**, y a los profesores que conforman el plan de estudios, por sus conocimientos y experiencias transmitidas y sobre todo por su amistad.

A **Mis compañeros y amigos**: Saúl, Cata, Aldo, Luis, Benja, Salo, Pita, Benito, y los que faltan por mencionar y sin importar el orden, gracias a todos por su amistad y por las experiencias vividas durante este periodo.

En especial agradezco infinitamente a **Diana López Coronel**, ya que sin su ayuda durante el desarrollo de esta investigación, esto no hubiera sido posible, por su cariño y apoyo incondicional, muchas gracias.

De igual manera a **Aldo, Saúl, Luis, Cata, Leo, Carmen, Eli, Pita, Alba**, y a los **estudiantes de servicio social de preparatoria** quienes contribuyeron en el desarrollo y en la toma de datos del experimento.

## DEDICATORIA

Al ser más grande, **a Dios** por darme la fortaleza de superar los obstáculos desde mi existencia hasta ésta etapa de mi vida; por cuidar de mí y darme fuerzas en los momentos más difíciles, sobre todo porque sé que nunca estoy solo.

A mis queridos y admirables padres:

**Sr. Amancio López Santiago** y **Sra. Aurea Martínez Ramírez**, con todo el cariño y respeto que se merecen, por los principios y valores que me han enseñado, por el empeño y sacrificio que han hecho para que haya podido estar donde estoy; a ustedes padres por ser mi guía, mi ilusión y sobre todo por darme la vida. Dios los bendiga, los proteja y me los conserve por muchos años más. “Los amo Papá y Mamá”.

A mis hermanos:

**Eloísa López Martínez**

**Cristina López Martínez**

**Baldomero López Martínez**

**Jovita López Martínez**

**Ilsia López Martínez**

A ustedes hermanos, por el apoyo emocional y moral; con todo el cariño, Dios los bendiga y los proteja.

A mis sobrinos:

**Sinthia, Rhanfe, Yas, Saúl** con cariño, y gracias por los bellos momentos desde su presencia. Dios los bendiga.

A mi familia en general **abuelos, tías, tíos, primas y primos**, por ser parte de mi vida, gracias por su apoyo incondicional. Con orgullo por la enorme fortuna de tener a esta familia.

## CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	iii
DEDICATORIA .....	v
CONTENIDO .....	vi
ÍNDICE DE CUADROS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE APÉNDICE .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1. Objetivo general .....	3
2.2. Objetivos específicos .....	3
3. HIPÓTESIS .....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
4.1. La agricultura a cielo abierto .....	5
4.2. Agricultura protegida .....	6
4.3. Invernadero .....	7
4.3.1. La producción de hortalizas bajo invernadero en México .....	7
4.4. Importancia del chile en México .....	8
4.5. Clasificación taxonómica del chile habanero y chile soledad .....	10
4.6. Pungencia de los chiles .....	11
4.7. Importancia de los chiles en la salud .....	12
4.8. Chile Habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.) .....	13
4.8.1. Origen y distribución .....	13
4.8.2. Importancia del chile habanero .....	14
4.8.3. Producción del chile habanero en México .....	14
4.8.4. Producción del chile habanero en el estado de Oaxaca .....	16
4.8.5. Características botánicas de <i>Capsicum chinense</i> Jacq. ....	16
4.8.5.1. Planta .....	16
4.8.5.2. Semilla .....	17
4.8.5.3. Raíz .....	17
4.8.5.4. Tallo .....	17
4.8.5.5. Hojas .....	18
4.8.5.6. Flor .....	18
4.8.5.7. Fruto .....	18
4.8.6. Etapas fenológicas .....	19
4.8.6.1. Siembra de semilla .....	19

4.8.6.2.	Germinación .....	19
4.8.6.3.	Plántula.....	19
4.8.6.4.	Período de trasplante .....	20
4.8.6.5.	Crecimiento vegetativo .....	20
4.8.6.6.	Floración y fructificación .....	21
4.8.6.7.	Período de cosecha.....	21
4.8.7.	Requerimientos climáticos.....	21
4.8.7.1.	Temperatura .....	21
4.8.7.2.	Luminosidad .....	22
4.8.7.3.	Humedad relativa.....	22
4.9.	Chile Soledad ( <i>Capsicum annuum</i> var. <i>annuum</i> ).....	22
4.9.1.	Origen y distribución.....	22
4.9.2.	Importancia del chile soledad.....	23
4.9.3.	Producción de chile soledad en México .....	23
4.9.4.	Producción del chile soledad en el estado de Oaxaca.....	24
4.9.5.	Características botánicas de <i>C. annuum</i> .....	25
4.9.5.1.	Planta .....	25
4.9.5.2.	Semilla.....	25
4.9.5.3.	Raíz .....	26
4.9.5.4.	Tallo.....	26
4.9.5.5.	Hojas .....	26
4.9.5.6.	Flor .....	26
4.9.5.7.	Fruto .....	27
4.9.6.	Etapas fenológicas.....	27
4.9.6.1.	Germinación .....	27
4.9.6.2.	Plántula.....	28
4.9.6.3.	Crecimiento vegetativo .....	28
4.9.6.4.	Floración y fructificación .....	28
4.9.6.5.	Periodo de cosecha.....	29
4.9.7.	Requerimientos climáticos.....	29
4.9.7.1.	Temperatura .....	29
4.9.7.2.	Luminosidad .....	29
4.9.7.3.	Humedad relativa.....	30
4.10.	Definición de hidroponía.....	30

4.11.	Solución nutritiva (SN).....	31
4.11.1.	Disponibilidad del oxígeno en la SN.....	31
4.11.2.	Influencia del pH en la SN.....	32
4.11.3.	Conductividad eléctrica (CE) de la SN .....	32
4.12.	Definición de sustrato.....	32
4.13.	Descripción de sustratos .....	33
4.13.1.	Arena.....	33
4.13.2.	Tezontle .....	34
4.13.3.	Peat moss (turba).....	34
5.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	35
5.1.	Localización.....	35
5.2.	Descripción de la unidad productiva.....	35
5.3.	Material vegetal.....	36
5.4.	Diseño experimental.....	36
5.4.1.	Variables evaluadas.....	37
5.4.1.1.	Desarrollo de la planta.....	37
5.4.1.2.	Variables de rendimiento y características físicas del fruto de los cultivos de chile habanero y chile soledad .....	37
5.4.2.	Características del fruto chile habanero .....	38
5.4.3.	Características del fruto chile Soledad .....	39
5.5.	Manejo agronómico.....	39
5.5.1.	Siembra.....	39
5.5.2.	Sustratos y llenado de bolsas.....	40
5.5.3.	Trasplante .....	41
5.5.4.	Riego y fertilización .....	41
5.5.5.	Poda y tutoreo.....	42
5.5.6.	Monitoreo y control de plagas y enfermedades.....	42
5.5.7.	Registros de temperatura y humedad relativa.....	43
5.5.8.	Cosecha.....	43
5.6.	Análisis de datos. ....	43
6.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	45
6.1.	Desarrollo de la planta .....	45
6.1.1.	Desarrollo del cultivo de chile habanero.....	45
6.1.2.	Desarrollo del cultivo de chile soledad .....	51
6.2.	Rendimiento .....	57

6.2.1.	Rendimiento y características físicas del fruto del cultivo de chile habanero	
	57	
6.2.2.	Rendimiento y características físicas del fruto del cultivo de chile soledad	
	59	
6.3.	Datos de Temperatura y Humedad Relativa ambiente (H.R.) durante el desarrollo del experimento.....	61
7.	CONCLUSIONES.....	63
8.	RECOMENDACIONES .....	64
9.	LITERATURA CITADA.....	65
10.	APÉNDICE .....	82

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación de diferentes frutos del género <i>Capsicum</i> de acuerdo con su pungencia (López, 2003). .....	12
<b>Cuadro 2.</b> Valor nutritivo promedio de los chiles dulces y picantes, por 100 g de producto. ....	13
<b>Cuadro 3.</b> Producción de chile habanero en campo abierto, ciclo OI + PV 2015, modalidad de riego + temporal a nivel nacional. ....	15
<b>Cuadro 4.</b> Producción nacional de chile habanero bajo invernadero 2015. .	16
<b>Cuadro 5.</b> Producción de chile habanero bajo malla sombra a nivel nacional 2015. ....	16
<b>Cuadro 6.</b> Producción orgánica de chile habanero a nivel nacional 2015. ...	16
<b>Cuadro 7.</b> Producción de chile soledad a nivel nacional, ciclo PV + OI, en la modalidad de riego + temporal. ....	24
<b>Cuadro 8.</b> Producción de chile soledad por municipio en el estado de Oaxaca, ciclo PV + OI, en la modalidad de riego + temporal. ....	25
<b>Cuadro 9.</b> Descripción del diseño experimental para los cultivos de chile habanero y chile soledad. ....	36
<b>Cuadro 11.</b> Clasificación del fruto del chile habanero para la comercialización (Laborde y Pozo, 1982). ....	38
<b>Cuadro 12.</b> Clasificación del chile soledad, de acuerdo a sus características físicas. ....	39
<b>Cuadro 10.</b> Cantidad de fertilizante para preparar 1,000 L de solución nutritiva de las diferentes concentraciones utilizadas en el experimento. ....	41
<b>Cuadro 13.</b> Desarrollo del cultivo de chile habanero ( <i>C. chinense</i> Jacq.) en dos sustratos bajo condiciones de invernadero, a intervalos de 15 días. ....	47
<b>Cuadro 14.</b> Desarrollo del cultivo de chile soledad criollo ( <i>Capsicum annuum</i> L.) en dos sustratos bajo condiciones de invernadero, a intervalos de 15 días. ....	53
<b>Cuadro 15.</b> Rendimiento y características físicas del fruto del cultivo de chile habanero en dos sustratos bajo condiciones de invernadero. ....	58
<b>Cuadro 16.</b> Rendimiento y características físicas del fruto del cultivo de chile soledad en dos sustratos bajo condiciones de invernadero. ....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Dinámica del número de botones, flores y frutos de chile habanero en sustrato arena de río, en respuesta a la temperatura bajo condiciones de invernadero. ....	49
<b>Figura 2.</b> Dinámica del número de botones, de flores y de frutos del chile habanero en sustrato arena de río, en respuesta a la humedad relativa bajo condiciones de invernadero.....	49
<b>Figura 3.</b> Dinámica del número de botones, flores y frutos del chile habanero en sustrato tezontle, en respuesta a la temperatura bajo condiciones de invernadero. ....	50
<b>Figura 4.</b> Dinámica del número de botones, de flores y de frutos del chile habanero en sustrato tezontle, en respuesta a la humedad relativa bajo condiciones de invernadero.....	50
<b>Figura 5.</b> Dinámica del número de botones, de flores y de frutos del chile soledad en sustrato arena, en respuesta a la temperatura bajo condiciones de invernadero. ....	55
<b>Figura 6.</b> Dinámica del número de botones, de flores y de frutos del chile soledad en sustrato arena, en respuesta a la humedad relativa bajo condiciones de invernadero.....	55
<b>Figura 7.</b> Dinámica de botones, de flores y de frutos del chile soledad en sustrato tezontle, en respuesta a la temperatura bajo condiciones de invernadero. ....	56
<b>Figura 8.</b> Dinámica de botones, de flores y de frutos del chile soledad en sustrato tezontle, en respuesta a la humedad relativa bajo condiciones de invernadero. ....	56
<b>Figura 9.</b> Registros de la temperatura promedio y la humedad relativa dentro del invernadero, durante el periodo de estudio. ....	62

## ÍNDICE DE APÉNDICE

**Apéndice 1.** Evidencia fotográfica del trabajo realizado durante el desarrollo de la investigación. .... 82

**Apéndice 2.** Participación a eventos de divulgación científica con trabajos derivados de ésta investigación y relacionados a estos cultivos, de interés para el lector..... 87

**DESARROLLO, RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE FRUTO DE LOS  
CULTIVOS DE CHILE HABANERO *Capsicum chinense* Jacq. Y CHILE  
SOLEDAD *Capsicum annuum* L. EN DOS SUSTRATOS BAJO  
INVERNADERO**

Gabriel López Martínez  
**Grado:** Ingeniero Agrícola Tropical  
Universidad del Papaloapan, 2018

**RESUMEN**

El cultivo de chile es una de las hortalizas con mayor importancia en México, principalmente en el ámbito económico y por la generación de empleo, ya que México ocupa el segundo lugar en producción mundial de chile verde. El rendimiento es bajo principalmente a la mediana o baja tecnología de producción que tienen varias regiones del país. En la región del Papaloapan la producción de chile está expuesta a factores bióticos y abióticos, así como a la carencia de conocimientos en el manejo agronómico y de nuevas alternativas de producción. El objetivo de este trabajo fue evaluar el desarrollo, rendimiento y características físicas de fruto de los cultivos de chile habanero y chile soledad en sustratos arena y tezontle bajo condiciones de invernadero en el trópico de Oaxaca y con ello establecer posibles alternativas de producción para estos cultivos. El diseño experimental fue de bloques al azar con dos tratamientos (arena y tezontle) con un tamaño de muestra de 15 plantas para chile habanero y 24 plantas para chile soledad. El sustrato arena resaltó positivamente en todas las variables morfológicas y de rendimiento en la producción de chile habanero y chile soledad bajo condiciones de invernadero en Loma Bonita, Oaxaca.

**Palabras clave:** Producción de chile, Loma Bonita, hidroponía, sustratos.

**GROWTH, YIELD AND CHARACTERISTICS OF FRUIT OF CULTIVATIONS  
OF HABANERO CHILI PEPPER *Capsicum chinense* Jacq. AND SOLEDAD  
CHILI PEPPER *Capsicum annuum* L. IN TWO SUBSTRATES UNDER  
GREENHOUSE CONDITIONS**

Gabriel López Martínez  
**Degree:** B.S. in Agricultural Engineering  
Papaloapan University, 2018

**ABSTRACT**

Chili pepper cultivation is of great importance in Mexico mainly in the economic field and the creation of employment with the country ranking second in world production of green chili pepper. Yield is low due mainly to the medium or low production technology in several regions of the country. In the lower Papaloapan River Basin region, the production of chili peppers is prone to biotic and abiotic factors as well as the lack of knowledge in agronomic management and new production alternatives. The objective of this study was to evaluate the growth, yield and physical characteristics of the fruit of habanero and soledad chili peppers in river sand and volcanic rock substrates under greenhouse conditions in the tropical region of the state of Oaxaca and thereby define possible alternatives of production for these cultivations. A randomized block design was used with two treatments (sand and volcanic rock) with fifteen habanero chili pepper and twenty four soledad chili pepper research plants. River sand was the best substrate in all morphological and yield variables in the production of habanero and soledad chili peppers under greenhouse conditions in Loma Bonita, Oaxaca.

**Keywords:** Chili pepper production, Loma Bonita, hydroponics, substrates.

## 1. INTRODUCCIÓN

México ocupa el segundo lugar en producción mundial de chile verde, con 2, 700,000 toneladas el cual corresponde aproximadamente al 8% de la producción mundial, y el tercero en superficie cosechada, con 144,000 hectáreas (SAGARPA, 2015; FAO, 2014). El rendimiento promedio es de 13.71 ton ha<sup>-1</sup> principalmente al uso de la mediana o baja tecnología de producción que tienen varias regiones del país (Rincón *et al.*, 2004). Los principales estados productores son Sinaloa con el 85.6%, Sonora 7%, Tamaulipas 3.4%, Nayarit 2.1% y el resto corresponde a Jalisco (0.6%), Veracruz (0.5%), Baja California (0.4%) y Guanajuato (0.4%) (Santoyo *et al.*, 2007). Las exportaciones de chile verde representaron una aportación de 424, 030,000 dólares en 2003 (Santoyo *et al.*, 2007).

Por otra parte Arcos *et al.*, (1998), reportaron que el cultivo del chile constituye una gran fuente de empleo para miles de personas, ya que se utiliza un promedio de 200 jornales por hectárea cosechada en campo, además de la mano de obra requerida durante su comercialización e industrialización.

En cuanto a la producción de chile habanero *Capsicum chinense* Jacq. las cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), indicó que en el 2015 sumaron un total de 795 hectáreas de superficie sembrada, de las cuales fueron cosechadas 779 hectáreas con una producción de 8,300 toneladas, que corresponden al ciclo otoño-invierno y primavera-verano, en la modalidad de riego más temporal a nivel nacional; destacando en superficie sembrada, cosechada y producción, los estados de Tabasco, Yucatán y Quintana Roo.

En los Municipios de la región del Papaloapan, la producción de chile (*Capsicum* spp.) está sometida a temperaturas máximas entre 30° C y hasta 47° C durante los meses de primavera y verano, lluvias intensas mayores a los 1500 mm acumuladas anuales (SMN, 2018) y eventos de “Nortes” durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero.

Aunado a esto existe la falta de conocimientos en el manejo agronómico y de nuevas alternativas de producción (Reyes, 2007). Propiciando que la siembra a campo abierto sea cada vez más difícil. Aunado a esto, el cultivo del chile habanero es una de las pocas hortalizas que por lo regular mantiene un alto precio en el mercado, logrando ser una alternativa de ingresos para los productores, en cambio el cultivo de chile soledad representa una parte de la fuente de ingresos para los pequeños productores y de algunas personas que dependen de la generación de empleo. En el Papaloapan se establecen por ciclo alrededor de 1,100 hectáreas de chile soledad, representando un gran número de productores en la región; el número generado de empleos va desde los 200 a 220 por hectárea establecida, abarcando desde la producción de plántulas hasta antes de ser cosechado, el rendimiento promedio es entre 5 a 7 toneladas por hectárea (Reyes, 2007). Los municipios que destacan por superficie y producción son: San Juan Bautista Tuxtepec, Loma Bonita y Valle Nacional, entre otros (Reyes, 2007). En este trabajo se pretende evaluar la morfología y rendimiento de los cultivos de chile habanero *Capsicum chinense* y chile soledad *Capsicum annuum* en dos sustratos bajo condiciones de invernadero y con ello establecer posibles alternativas de producción para estos cultivos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar el desarrollo, rendimiento y características físicas de fruto de los cultivos de chile habanero y chile soledad en dos sustratos bajo condiciones de invernadero, en Loma Bonita, Oaxaca.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el desarrollo de las plantas de chile habanero y chile soledad en los sustratos arena de río y tezontle bajo condiciones de invernadero.
- Evaluar el rendimiento de los cultivos de chile habanero y chile soledad, utilizando los sustratos arena de río y tezontle bajo condiciones de invernadero.
- Evaluar las características físicas del fruto de los cultivos de chile habanero y chile soledad, producidos en los sustratos arena de río y tezontle bajo condiciones de invernadero

### **3. HIPÓTESIS**

- Existe diferencias en la altura de planta, diámetro de tallo, número de botones florales, flores y frutos en las plantas de chile habanero y soledad en los sustratos arena de río y tezontle, bajo condiciones de invernadero.
- Existe diferencias en el número de frutos cosechados por planta, peso total cosechado y peso individual del fruto de los cultivos de chile habanero y soledad en los sustratos arena de río y tezontle, bajo condiciones de invernadero.
- Existe diferencias en largo, diámetro ecuatorial, espesor del pericarpio y número de lóculos en los frutos de los cultivos de chile habanero y soledad producidos en los sustratos arena de río y tezontle, bajo condiciones de invernadero

## **4. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1. La agricultura a cielo abierto**

La agricultura convencional o agricultura a cielo abierto ha sido la modalidad de cultivo utilizada mayormente a través de los tiempos. Este tipo de producción está propensa a efectos negativos de los factores abióticos tales como viento, radiación, precipitación, temperatura, suelo y factores bióticos como plagas y enfermedades. Ambos factores limitan el potencial genético y el desarrollo de los cultivos (FAO, 2002).

Las enfermedades virales en los cultivos hortícolas, constituyen uno de los factores de mayor riesgo en la producción. En los últimos años, las enfermedades causadas por virus han ocasionado grandes pérdidas económicas en la producción de chile en México. Estas enfermedades se han incrementado en casi todas las zonas productoras del país (Pérez y Rico, 2004; Rico, 2002). Los insectos plagas presentan consecuencias negativas y limitan la producción de este cultivo, en las diferentes etapas de su vida provocan infestaciones en los tallos, hojas, frutos y además se observan lesiones en el sistema radicular de las plantas, que muchas veces llegan a producir la muerte de la planta (Méndez, 2007; Pacheco, 1985).

Otros factores que afectan este tipo de producción son las prácticas agrícolas de riego y nutrición, las cuales son en muchos casos ineficientes (Peña *et al.*, 2001).

Las técnicas de cultivo han cambiado sustancialmente a lo largo de los años, con la incorporación de tecnologías y el desarrollo de la industria de fertilizantes y plaguicidas, que han llevado a un aumento importante en la

producción agrícola, pero también este aumento conlleva a una nueva problemática ambiental y de consumo energético muy alto (Garrido *et al.*, 2009).

La utilización excesiva e inadecuada de fertilizantes y plaguicidas, ha dado lugar a la contaminación de suelo y agua (Ersin *et al.*, 2010); por su parte Carvalho *et al.*, (1998) indican que del total de los plaguicidas utilizados, sólo el 0.1% llega a los organismos nocivos, mientras que el resto queda en los ecosistemas. Otros efectos de los plaguicidas son los daños que causan a la fauna no objetivo, al medio ambiente y los residuos que quedan en los alimentos que son consumidos directamente por humanos y animales (Del Puerto *et al.*, 2014).

#### **4.2. Agricultura protegida**

Se define como un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, permitiendo modificar las formas de producir alimentos y generar múltiples ventajas para los productores, de igual manera la agricultura protegida se encuentra asociada a diferentes tipos de riesgos que pueden ser de tipo climatológico, económico (rentabilidad, mercado) o de limitación de recursos productivos (agua o de superficie) (Moreno *et al.*, 2011a).

Las ventajas de utilizar la agricultura protegida son las siguientes (FAO-SAGARPA, 2007):

- Permite el desarrollo de cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural.
- Obtención de productos en regiones con condiciones restrictivas.
- Se enfrenta con éxito a plagas y enfermedades.
- Menor riesgo de pérdida de cosechas.

- Mejores rendimientos en menor espacio.
- Obtención de productos sanos y con mejor precio en el mercado.
- Mayores ingresos para los productores.
- Uso más eficiente del agua e insumos.

La agricultura protegida en México no es una panacea, sin embargo potencialmente representa una alternativa para superar la baja escala de producción de los minifundios (Moreno *et al.*, 2011a).

### **4.3. Invernadero**

Se define como un sistema clave de la agricultura protegida el cual se enfoca a dos aspectos importantes, el primero es la eficiencia para condicionar algunos factores necesarios del clima de acuerdo con las exigencias fisiológicas del cultivo; y la segunda es la funcionalidad, definida como el conjunto de requisitos que permiten la mejor utilización del invernadero, tanto desde el punto técnico como económico (Ortega, 2010).

#### **4.3.1. La producción de hortalizas bajo invernadero en México**

Los primeros invernaderos operados con fines de producción comercial aparecieron en la década de los 70's. Tenían como objeto la producción de plántulas para los productores de hortalizas de campo abierto en la región norte y centro del país. Inicialmente se instalaron cerca de la costa y poco a poco fueron desplazándose hacia zonas más elevadas, estos invernaderos fueron importados, principalmente de Holanda, Israel, España, Canadá y Francia. A partir de 1980 los productores de flores adoptaron la tecnología de invernadero

principalmente con diseños provenientes de Israel y Colombia. Sin embargo, en el periodo 1985-1990, la tecnología de agricultura protegida se adoptó para la producción de hortalizas y flores (AMCI, 2008). En México, el interés en los proyectos en invernaderos comenzó alrededor de los años noventa y de ahí a la fecha se ha dado un crecimiento considerable. En 1990 había aproximadamente 50 hectáreas con algún tipo de producción de vegetales bajo invernadero, para 1999 la cifra era de 600, en 2001 se elevó a 950 y en 2004 suman alrededor de 2,700 hectáreas con una diversificación de cultivos (Steta, 2004).

En un estudio de la agricultura protegida y su entorno en México, Moreno *et al.* (2011a) mencionan que el crecimiento en superficie de la AP (Agricultura Protegida) desde 1998 a 2008 creció a una TMCA<sup>1</sup> de 34.5%, la cual corresponde en 70% del crecimiento de los invernaderos de mediana y baja tecnología, por lo tanto sugieren que en México se deberá promover el establecimiento de invernaderos de mediana y baja tecnología, por lo que un invernadero de mediana tecnología debe tener rendimientos de 35 kg m<sup>-2</sup>, y al menos el 60% deberá ser exportable; los invernaderos de baja tecnología deben tener rendimientos de 15 kg m<sup>-2</sup> para satisfacer el mercado nacional y sean rentables.

#### **4.4. Importancia del chile en México**

México es el país con la mayor variedad genética para el género *Capsicum* L.; su riqueza genética radica en la diversidad de sus climas y suelos, pero también a las prácticas tradicionales de los pequeños productores, al utilizar las

---

<sup>1</sup> TMCA: Tasa Media de Crecimiento Anual.

semillas de los frutos seleccionados de plantas nativas (Latournerie *et al.*, 2002). El género incluye a 27 especies, de las cuales cinco han sido domesticadas (*C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens*) y usadas ampliamente como especias, condimentos y vegetales en el país. (Laborde y Pozo, 1982; Pickersgill, 1997; López, 2003).

El interés culinario por el chile en México se basa principalmente en su picor, ya que se prefieren los chiles picantes a los llamados dulces. Su picor depende del genotipo, la madurez del fruto y las condiciones del cultivo (Zewdie y Bosland, 2000). Su consumo es mayor al de otros alimentos básicos (Ruiz, 2009). El chile verde se ha mantenido junto con el maíz y el frijol como la fuente más importante de alimentación para la población ya que en el 2001 se registró un consumo de 8.7 kilogramos *per cápita*, el cual representa un incremento significativo hasta la fecha (Ruiz, 2009).

El chile se siembra en la mayoría de los estados de la República, de acuerdo al análisis de Caro *et al.* (2014) se encuentran agrupados en tres grandes áreas por sus variaciones climáticas y tecnológicas que presentan:

- Región norte y noreste. Alta tecnología de producción. Por lo general tienen altos rendimientos, las condiciones ambientales son más o menos estables y cuentan con adecuados canales de comercialización. En esta región sobresalen los estados de Chihuahua, Sinaloa, Sonora, Nayarit, Durango, Baja California Norte, Baja California Sur y El Sur de Tamaulipas quienes producen chiles jalapeños, bell, serranos, cayenne, anaheim, güeros y anchos. Esta región está especializada en la producción de chiles frescos para el consumo directo o la industria de proceso.

- Región centro o bajío. Mediana tecnología. Comprende zonas tradicionales de producción de chiles principalmente para deshidratar (anchos, mulatos, pasilla, puya, guajillo). Tienen tecnología de producción pero los métodos de secado son tradicionales, lo que ocasiona que tengan bajos rendimientos y productos de mala calidad. Los estados comprendidos en esta región son Aguascalientes, Guanajuato, Puebla, San Luis Potosí, Zacatecas y Querétaro.

- Región sur y sureste. Baja tecnología. Se siembra en otoño, o cuando las lluvias no inundan las parcelas, lo que origina altos riesgos e inestabilidad de la producción, los estados que se encuentran en estas condiciones son Veracruz, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo y Yucatán, los cuales han disminuido su área sembrada o bien han permanecido estables; sin embargo, los rendimientos aún continúan siendo bajos y no compiten en mercados exigentes de productos de calidad.

#### **4.5. Clasificación taxonómica del chile habanero y chile soledad**

Ambas especies de chile pertenece al género *Capsicum* cuyo significado se deriva del griego: *Kapso* (Picar) y *Kapsakes* (Cápsula) (Nuez *et al.*, 2003). Según Izco (2004) y Tun (2001) se clasifican de la siguiente manera:

Reino	Vegetal
Subreino	Embriophyta
División	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Ranunculidae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Capsicum</i>
Especies	<i>C. chinense</i> J. y <i>C. annuum</i> L.
Nombre común	Chile habanero y chile soledad

#### 4.6. Pungencia de los chiles

Las sustancias que dan el sabor picante a los frutos de chile se les conoce como capsaicinoides, del grupo de los alcaloides (López, 2003). De los capsaicinoides, la capsaicina es la más abundante en el chile y el principal responsable de la pungencia (Salazar y Silva, 2004).

La capsaicina es una sustancia muy irritante en estado puro y cuya mayor concentración se encuentra en la placenta de las semillas (Tun, 2001). La determinación de la pungencia es por el método de los grados Scoville, el cual fue ideado por Wilbur Scoville en 1912, lo que consistía en someter una solución con el extracto del fruto y diluirlo en agua con azúcar, el número de veces que la muestra debe diluirse para dejar de percibir la sensación picante es lo que se conoce como grados Scoville (Restrepo, 2007). Actualmente la capsaicina se determina mediante el método analítico por cromatografía, de la cual se obtiene la concentración de capsaicina y la convierte en unidades Scoville estableciendo

un factor de conversión de 1 ppm de capsaicina que equivalen a 15 grados de unidad Scoville (Batchelor y Jones, 2000).

En el cuadro 1 se destacan algunas variedades de *Capsicum* con su respectivo valor de pungencia en la escala Scoville.

**Cuadro 1.** Clasificación de diferentes frutos del género *Capsicum* de acuerdo con su pungencia (López, 2003).

<b>Clase</b>	<b>Unidades Scoville</b>
Capsaicina pura	16,000,000
<i>Capsicum chinense</i> (Chile habanero)	150,000 – 325,000
<i>Capsicum annuum</i> (Chile piquín)	50,000 – 100,000
<i>Capsicum frutescens</i> (Chile tabasco)	30,000 – 60,000
<i>Capsicum pubescens</i> (Chile manzano)	30,000 – 60,000
<i>Capsicum baccatum</i> (Chile escabeche)	30,000 – 50,000
<i>Capsicum annuum</i> (Chile de árbol)	15,000 – 30,000
<i>Capsicum annuum</i> (Chile serrano)	10,000 – 20,000
<i>Capsicum annuum</i> (Chile jalapeño)	2,500 – 10,000
<i>Capsicum annuum</i> (Chile guajillo)	2,500 – 5,000
<i>Capsicum annuum</i> (Chile poblano)	1,000 – 2,000
<i>Capsicum annuum</i> (Chile pasilla)	1,000 – 2,000
Pimientos	0 – 100

#### **4.7. Importancia de los chiles en la salud**

Los chiles son una fuente importante de vitaminas A y C, de potasio y de calcio, cuando se consumen en fresco aportan una gran cantidad de ácido ascórbico; una ración de 100 gramos de chile verde proporciona en promedio 200 mg de éste ácido (López *et al.*, 1995). En el cuadro 2 se muestra el valor nutritivo de chile dulce y picante para tener una referencia de su contenido.

**Cuadro 2.** Valor nutritivo promedio de los chiles dulces y picantes, por 100 g de producto.

<b>Características</b>	<b>Chile dulce</b>	<b>Chile picante</b>
Desecho (%)	13.00	13.00
Materia seca (g)	8.00	34.60
Energía (kcal)	26.00	116.00
Proteínas (g)	1.30	6.30
Fibra (g)	1.40	15.00
Calcio (mg)	12.00	86.00
Fierro (mg)	0.90	3.60
Caroteno (mg)	1.80	6.60
Tiamina (mg)	0.07	0.37
Riboflavina (mg)	0.08	0.51
Niacina (mg)	0.80	2.50
Vitamina C (mg)	103.00	96.00
Valor nutritivo promedio (VNP)	6.61	27.92
VNP por 100 g de materia seca	82.60	80.70

Fuente: Grubben (1977), citado por Tun (2001).

#### **4.8. Chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.)**

##### **4.8.1. Origen y distribución**

González *et al.*, (2006) indican que el chile habanero proviene de las tierras bajas de la cuenca Amazónica y de ahí se dispersó al Perú antes de la llegada de los españoles. A su vez, la distribución también se dirigió a la cuenca del Orinoco (territorios actuales de Colombia y Venezuela), la Guyana, Surinam, La Guyana Francesa y las Antillas del Caribe.

Se cree que probablemente el *C. chinense* fue introducido a la península de Yucatán desde Cuba, ya que tenía mayor comercio con la isla, lo que podría explicar su nombre popular de Habanero (Uribe, 2008; López *et al.*, 2009). Se conocen cientos de variedades de esta especie, aunque el nombre de habanero, hace referencia específica a la península de Yucatán en México y Belice. Esta

especie fue denominada como *Capsicum chinense* en 1776 por Nikolaus von Jaquin (Trujillo, 2001).

#### **4.8.2. Importancia del chile habanero**

En los últimos años, se ha incrementado la demanda del chile habanero, tradicionalmente se consume en estado fresco y de otras maneras como parte de los platillos de la cocina regional (González *et al.*, 2006; Canto, 2007), sin embargo también se comercializa a nivel nacional como materia prima para diferentes industrias, especialmente la alimenticia, farmacéutica, militar, entre otras, debido a su alto contenido de capsaicinoides, (López *et al.*, 2006; Canto, 2007). Esta propiedad del fruto ha sido clave para que más superficie éste destinada para su producción y además se estén buscando formas más eficientes para su producción (Prado, 2006).

#### **4.8.3. Producción del chile habanero en México**

En el sureste de México, el estado de Yucatán es el principal productor con 708 hectáreas cultivadas, le siguen los estados de Tabasco, Campeche y Quintana Roo (Aceves *et al.*, 2008). A pesar de la superficie cultivada, en la actualidad no se logra abastecer el consumo del mercado local, cada vez hay más demanda y menos producto para procesar (Rincones, 2009), todo esto debido a los bajos rendimientos obtenidos por la carencia de tecnología en el manejo del cultivo, principalmente en la incidencia de plagas, enfermedades y fertilización (Rincones, 2009). La producción de chile habanero es considerada una fuente de trabajo permanente durante el año para los productores dedicados

a este cultivo, existe una demanda permanente de fruto fresco todo el año para satisfacer la demanda del mercado regional de la Península de Yucatán ya que su consumo es de diversas y muy variadas formas, en fresco, en salsa, curtido, seco-molido en pasta (Trujillo y Pérez, 2004).

En el 2015 el SIAP registró cifras inferiores respecto con lo reportado por Aceves y colaboradores en 2008; los datos se muestran en los cuadros 3, 4, 5 y 6, según en las condiciones que fueron producidos.

**Cuadro 3.** Producción de chile habanero en campo abierto, ciclo OI<sup>2</sup> + PV<sup>3</sup> 2015, modalidad de riego + temporal a nivel nacional.

Estado	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Superficie Siniestrada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton ha <sup>-1</sup> )
Baja California	6.5	6.5	0	122.98	18.92
Baja California Sur	7	7	0	200	28.57
Campeche	40	40	0	734.15	18.35
Chiapas	22.5	22.5	0	283.05	12.58
Chihuahua	10	10	0	80	8
Coahuila	10	10	0	210.15	21.02
Colima	19	8	11	140	17.5
Michoacán	19	19	0	87.5	4.6
Nayarit	28	27	1	341.1	12.63
Oaxaca	4	4	0	15.2	3.8
Quintana Roo	51.65	51.65	0	619.54	12
San Luis Potosí	2	2	0	12	6
Sinaloa	1	1	0	12	12
Sonora	8	8	0	64	8
Tabasco	317.5	317.5	0	3,055.46	9.62
Veracruz	26	26	0	180	6.92
Yucatán	222.89	218.89	4	2,166.37	9.9
Total	795.04	779.04	16	8,323.50	10.68

<sup>2</sup> OI: Otoño-Invierno

<sup>3</sup> PV: Primavera-Verano

**Cuadro 4.** Producción nacional de chile habanero bajo invernadero 2015.

Estado	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Superficie Siniestrada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton ha <sup>-1</sup> )
Nuevo León	0.25	0.25	0	7	28
Quintana Roo	14.68	14.68	0	384.44	26.19
Tamaulipas	1	1	0	30.5	30.5
Yucatán	20.95	19.82	1.13	385.96	19.47
Total	36.88	35.75	1.13	807.9	22.6

**Cuadro 5.** Producción de chile habanero bajo malla sombra a nivel nacional 2015.

Estado	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Superficie Siniestrada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton ha <sup>-1</sup> )
Chiapas	2.25	2.25	0	99.16	44.07
Yucatán	6.96	6.96	0	117.71	16.91
Total	9.21	9.21	0	216.87	23.55

**Cuadro 6.** Producción orgánica de chile habanero a nivel nacional 2015.

Estado	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Superficie Siniestrada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton ha <sup>-1</sup> )
Nayarit	1	1	0	3	3
Total	1	1	0	3	3

#### 4.8.4. Producción del chile habanero en el estado de Oaxaca

La producción de chile habanero en el estado de Oaxaca se realiza en el municipio de Asunción Ixtaltepec y de acuerdo al SIAP en el 2015 se registró una producción de 15.2 toneladas, con una superficie sembrada y cosechada de 4 has, cuyos rendimientos fueron bajos de 3.8 ton ha<sup>-1</sup>.

#### 4.8.5. Características botánicas de *Capsicum chinense* Jacq.

##### 4.8.5.1. Planta

Es un cultivo con hábito de crecimiento determinado, se comporta como una planta semiperenne o de ciclo anual, que puede alcanzar hasta 12 meses de

vida, dependiendo del manejo agronómico, con tres a cinco ramas primarias y de nueve a trece secundarias; su altura es variable, puede oscilar entre los 0.75 m mínimo alcanzando más de 1.30 m de altura en cultivares comerciales (Ruiz *et al.*, 2011; Soria *et al.*, 2002; Tun, 2001).

#### **4.8.5.2. Semilla**

Las semillas son lisas, ovaladas y pequeñas de 3.5 a 4 mm, son de color amarillo paja, con superficie áspera; están alojadas en las placentas blancuzcas y secas, que es la parte del fruto con mayor contenido de capsaicina. Por fruto se puede encontrar entre 20 a 50 semillas, factor relacionado directamente con las condiciones ambientales en que se desarrolla el cultivo. El peso de 1000 semillas varía de 6 a 8 g aproximadamente (Trujillo, 2001; Tun, 2001).

#### **4.8.5.3. Raíz**

La raíz principal es de tipo pivotante, cuyo tamaño depende de la edad de la planta, las características del suelo y las prácticas de manejo que se le proporcionen; pueden alcanzar profundidades que van de los 0.40 m hasta más de 2.0 m, con un sistema radicular bien desarrollado (Tun, 2001; Ruiz *et al.*, 2011).

#### **4.8.5.4. Tallo**

Su tallo es grueso, erecto, glabro y robusto; con crecimiento semideterminado. Generalmente tiene tendencia a formar tres tallos en la primera ramificación, la

que ocurre entre la décima y duodécima hoja, para después continuar bifurcándose, con un crecimiento semi-indeterminado; después de la primera trifurcación muy raramente las tres ramas alcanzan el mismo desarrollo (Tun, 2001; Ruiz *et al.*, 2011).

#### **4.8.5.5. Hojas**

Las hojas son simples, lisas, alternas, y de forma lanceolada, de tamaño variable lo mismo que su color, el cual puede presentar diferentes tonos de verdes dependiendo de la variedad. Pueden ser glabras o pubescentes, el grado de pubescencia también depende de la variedad (Tun, 2001). Su longitud es de 11.5 cm y el ancho es de 4.8 cm (Trujillo, 2001); con una nutrición adecuada se pueden alcanzar hojas con longitud y anchura superior a los 15 cm (Tun, 2001).

#### **4.8.5.6. Flor**

Las flores son solitarias o en grupos de dos o más en cada una de las axilas y son de color blanco; Su tamaño varía entre 1.5 y 2.5 cm de diámetro de la corola, estos órganos se emiten en cada ramificación y se pueden presentar racimos de hasta seis flores, dando lugar a un promedio de tres frutos. El número de sépalos y pétalos también es variable, de cinco a siete, aun dentro de la misma especie (Tun, 2001; Ruiz *et al.*, 2011).

#### **4.8.5.7. Fruto**

Se clasifican como una baya poco carnosa y hueca; tienen entre tres y cuatro lóculos. Suelen ser de tamaño y forma variable. El color a la maduración

pueden ser amarillo, rojo, naranja o café y su sabor siempre es picante, aunque el grado de pungencia depende de la variedad (Tun, 2001). El tamaño varía de 2 a 6 cm de largo por 2 a 4 cm de ancho, con una constricción en la base (Trujillo, 2001; Soria *et al.*, 2002), mientras que el peso de fruto individual fluctúa entre 8.5 a 10 g (Villa *et al.*, 2014).

#### **4.8.6. Etapas fenológicas**

##### **4.8.6.1. Siembra de semilla**

La siembra se lleva a cabo en charolas poliestireno o plásticas de 200 cavidades, dentro de un área protegida para evitar cualquier posible daño a las plántulas. De igual manera se puede sembrar en camas sobre la superficie del suelo, formando almácigos (Olivera, 2007).

Una vez que se ha sembrado en las charolas es necesario tener los cuidados necesarios de humedad y temperatura, ya que esta es la etapa más crítica para la producción de plántulas (Olivera, 2007).

##### **4.8.6.2. Germinación**

Es el periodo de transición entre el descanso y los estados de crecimiento de la planta y se considera completa desde que es visible la emergencia de la radícula (Castellanos y Muñoz, 2003). El periodo de germinación es de 7 a 15 días, a partir de la siembra (Trujillo, 2001).

##### **4.8.6.3. Plántula**

Esta etapa comienza a partir de la emergencia de las semillas, es decir corresponde al periodo posterior a los 7 a 15 días después de la siembra hasta el momento previo al trasplante (Villa *et al.*, 2014; Olivera, 2007).

#### **4.8.6.4. Período de trasplante**

El trasplante se desarrolla cuando las plántulas hayan alcanzado una altura de 15 cm y tengan cuatro hojas verdaderas, el cual corresponde a un período de 45 a 60 días a partir de la siembra (Villa *et al.*, 2014; Olivera, 2007).

Durante este período se debe hacer monitoreo en el cultivo para evitar cualquier daño de plaga o alguna enfermedad que pudiera atacar a las plántulas, de igual manera llevar a cabo correctamente la fertilización para tener una planta sana, sin deficiencias y toxicidades por algún mineral.

Se recomienda regar en horarios frescos (por la mañana o en la tarde), principalmente cuando la planta lo requiera (Olivera, 2007).

#### **4.8.6.5. Crecimiento vegetativo**

Corresponde la etapa posterior al trasplante, es decir, a partir de los 45 a 60 días de edad, de la misma manera se debe tener especial cuidado en el monitoreo de plagas y enfermedades con el propósito de mantener libre de patógenos a las plantas hasta la etapa de producción, y así tener frutos de calidad (Olivera, 2007).

Las plantas no deben demorarse más de lo recomendado en las charolas, ya que después de cierto tiempo ocurre un detrimento en la calidad de las mismas (Olivera, 2007). Durante la transición de la etapa vegetativa a generativa es muy importante velar por un equilibrio nutricional y luminosidad para conseguir el amarre de los primeros frutos en los tallos secundarios (Castellanos y Muñoz, 2003).

#### **4.8.6.6. Floración y fructificación**

Esta etapa se presenta entre los 60 a 100 días después del trasplante, las primeras flores aparecen cuando la planta ha alcanzado la madurez, es decir, cuando tiene de 8 a 12 hojas (Trujillo, 2001; Castellanos y Muñoz, 2003).

#### **4.8.6.7. Período de cosecha**

La cosecha se lleva a cabo cuando el fruto tiene una consistencia firme y presenta el color característico del material genético. La primera cosecha se realiza de los 75 a los 84 días después del trasplante y se hacen hasta 18 cosechas con intervalos de siete a diez días. El rendimiento total de fruto puede alcanzar hasta 62 ton ha<sup>-1</sup> (Villa *et al.*, 2014).

#### **4.8.7. Requerimientos climáticos**

##### **4.8.7.1. Temperatura**

El chile habanero es una hortaliza de clima cálido, muy adaptado a los rangos de temperatura de 10 °C mínima a 35 °C máxima y una temperatura óptima de 30°C, con altitudes que oscilan entre 0 a 2700 msnm (Ramírez *et al.*, 2006). Las temperaturas durante el día de 23.9 a 29.4°C con temperaturas nocturnas alrededor de 10 a 15.6°C son ideales para el crecimiento. Aunque tolera temperaturas de aproximadamente 38°C, tales condiciones extremas pueden reducir la polinización eficaz, amarre del fruto, y el rendimiento (Smith *et al.*, 1998). El chile habanero no resiste bajas temperaturas. A temperaturas menores de 10°C, se presentan daños, como caída de flores (Ramírez *et al.*, 2006).

#### **4.8.7.2. Luminosidad**

El chile es muy exigente en cuanto a la calidad de luz, puesto que el chile habanero realiza gran actividad sintética y por consiguiente necesita mayor cantidad de energía luminosa, se dice también que es una planta de fotoperiodo neutro, ya que se reproduce satisfactoriamente en días largos como en días cortos, pero teniendo en cuenta la calidad de la luz (Ruiz *et al.*, 1999).

#### **4.8.7.3. Humedad relativa**

La humedad relativa necesaria para el cultivo va entre 50 y 70 %, especialmente durante la floración y cuajado de frutos, es ideal para un óptimo crecimiento. Durante las primeras fases de desarrollo precisa y tolera una humedad relativa más elevada que en fases posteriores. La humedad relativa mayor puede traer problemas de enfermedades aéreas y dificulta la fecundación, cuando es acompañada por altas temperaturas provocan una floración deficiente, caída de flores, frutos deformes y disminución del crecimiento, estos efectos son similares si la humedad relativa es escasa (Zapata *et al.*, 1992; Equipo de Consultoría para la Agricultura Orgánica (ECAO), 2002).

### **4.9. Chile Soledad (*Capsicum annuum* var. *annuum*)**

#### **4.9.1. Origen y distribución**

Dentro de las especies cultivadas de los chiles, *Capsicum annuum* L. es la más ampliamente conocida y la de mayor importancia económica, ya que presenta una distribución mundial (Pickersgill, 1971). El centro de origen y/o domesticación de *C. annuum* es Mesoamérica, más propiamente México (Hernández, 2014). México es el país que presenta la mayor variabilidad de

formas cultivadas y silvestres, la cual se encuentran ampliamente distribuidas en todo el país. Esta diversidad ha sido descrita con base en la clasificación comercial de los frutos, realizada dentro de diversos tipos de chile (Hernández, 2014; Laborde y Pozo, 1982).

#### **4.9.2. Importancia del chile soledad**

El cultivo de chile se ha extendido en todo el territorio nacional, desde altitudes a nivel del mar hasta regiones con altitudes mayores a 2500 msnm, sin embargo, ha sido esta gran diversidad de variedades y regiones productoras, etc., lo que ha imposibilitado que se pueda contar hoy en día, con estadística por variedad de chile (Aguilar *et al.*, 2010). La especie *C. annuum* es la que presenta la mayor variación en tamaño, color y forma de los frutos (Hernández, 2014). Su importancia radica principalmente en las propiedades medicinales y efectos fisiológicos benéficos a la salud, y por su valor culinario en la cultura mexicana (Reyes, 2007; López, 2003).

#### **4.9.3. Producción de chile soledad en México**

De acuerdo al SIAP (2015), la producción de chile soledad se lleva a cabo en los estados de Oaxaca y Veracruz, las estadísticas de producción se presentan en el cuadro 7.

**Cuadro 7.** Producción de chile soledad a nivel nacional, ciclo PV + OI, en la modalidad de riego + temporal.

<b>Estado</b>	<b>Superficie Sembrada (ha)</b>	<b>Superficie Cosechada (ha)</b>	<b>Producción (ton)</b>	<b>Rendimiento (ton ha<sup>-1</sup>)</b>
Oaxaca	578.5	578.5	3,311.34	5.72
Veracruz	1,396.50	1,386.50	10,654.65	7.68
Total	1,975.00	1,965.00	13,965.99	7.11

#### **4.9.4. Producción del chile soledad en el estado de Oaxaca**

En el estado de Oaxaca se establecen por año más de 500 hectáreas de chile soledad (SIAP, 2015). Éste cultivo genera de 200 a 220 empleos por hectárea (Reyes, 2007). El manejo del cultivo se efectúa de manera tradicional, lo que ha provocado un decremento en la productividad de este chile a través de los años, obteniendo rendimientos promedios de 5.72 ton ha<sup>-1</sup>, en condiciones de temporal; los rendimientos son muy bajos debido a una combinación de problemas fitosanitarios y que cada vez son más difíciles de controlar (SIAP, 2015 y Reyes, 2007).

En el cuadro 8 se muestran datos estadísticos de producción del chile soledad en el estado de Oaxaca (SIAP, 2015), en el cual destaca el distrito de Tuxtepec en superficie sembrada y cosechada; el de mayor producción es el municipio de San Lucas Ojitlan y por ende obtiene los mayores rendimientos.

**Cuadro 8.** Producción de chile soledad por municipio en el estado de Oaxaca, ciclo PV + OI, en la modalidad de riego + temporal.

Municipio	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton ha <sup>-1</sup> )
Asunción Ixtaltepec	4	4	14.4	3.6
Ayotzintepec	49	49	241.8	4.94
Loma Bonita	49	49	242.4	4.95
San Felipe Jalapa de Díaz	29	29	226.2	7.8
San Felipe Usila	11	11	68.2	6.2
San José Chiltepec	52	52	254.4	4.89
San Juan Bautista Tuxtepec	82	82	439.8	5.36
San Juan Bautista Valle Nacional	30	30	174.1	5.8
San Juan Cotzocon	28	28	169.6	6.06
San Juan Lalana	45	45	241.3	5.36
San Lucas Ojitlan	60	60	480	8
San Pedro Ixcatlan	4.5	4.5	28.94	6.43
Santa María Jacatepec	60	60	352.8	5.88
Santiago Jocotepec	48	48	220.5	4.59
Santiago Yaveo	27	27	156.9	5.81
Total	578.5	578.5	3,311.34	5.72

#### 4.9.5. Características botánicas de *C. annuum*

##### 4.9.5.1. Planta

El chile soledad también conocido como chile serrano, en general la planta alcanza de 30 a 125 cm de altura. El tallo es erguido, ramoso y liso (Pérez *et al.*, 2008; Moreno *et al.*, 2006).

##### 4.9.5.2. Semilla

Las semillas generalmente son deprimidas, reniformes, lisas y de coloración amarillenta o blanco amarillenta (Castellano y Muñoz, 2003).

#### **4.9.5.3. Raíz**

La raíz es de tipo pivotante y profunda, con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar longitudes de 50 a 100 cm. La elongación y el volumen radicular depende del tipo de suelo, por la disposición de agua y de la temperatura (Castellano y Muñoz, 2003).

#### **4.9.5.4. Tallo**

Los tallos son leñosos de forma angular. El diámetro varía de 0.71 a 1.9 cm (Pérez *et al.*, 2008).

#### **4.9.5.5. Hojas**

Las hojas son simples, alternas, generalmente lisas, lustrosas, breve o largamente pecioladas, y lanceoladas, de 5 a 12 cm de largo (Pérez *et al.*, 2008). El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto (Castellano y Muñoz, 2003).

#### **4.9.5.6. Flor**

Las flores son hermafroditas, axilares, solitarias, pedunculadas, actinomorfas, gamopétalas rotadas o subrotadas, blancas, verdosas o purpúreas; el cáliz es corto, generalmente pentalobulado; la corola está constituida por cinco pétalos soldados que pueden distinguirse por los cinco lóbulos periféricos; el androceo consta de cinco estambres cortos insertos en la garganta de la corola;

el ovario es súpero, bilocular o tetralocular, con los lóculos pluviovulados, y está superpuesto por un estilo simple (Moreno *et al.*, 2011b; Pérez *et al.*, 2008 y López, 2010).

#### **4.9.5.7. Fruto**

El fruto, también llamado chile, incompletamente bilocular o trilocular, de forma y tamaño variable, dulce o picante, rojo o anaranjado cuando maduro y verde, blanco o purpúreo cuando inmaduro; mide de 3 a 5 cm de largo por 1 de diámetro, contiene numerosas semillas reniformes pequeñas, las cuales, junto con las placentas (venas) que las unen a la pared del fruto, contienen en mayor proporción la oleorresina o sustancia picante llamada capsaicina (Moreno *et al.*, 2006; Moreno *et al.*, 2011b y López, 2010).

#### **4.9.6. Etapas fenológicas**

##### **4.9.6.1. Germinación**

El periodo de preemergencia varía entre 8 a 12 días, cuando la temperatura es mayor este proceso es más rápido. Casi cualquier daño que ocurra durante este periodo tiene consecuencias letales y ésta es la etapa en la que se presenta la máxima mortalidad (Olivera, 2007). La temperatura óptima para que se lleve a cabo ésta etapa va de los 20 a 25 °C. La mínima y máxima es de 13 y 40 °C respectivamente (Espadas, 2014).

#### **4.9.6.2. Plántula**

Se la llama plántula a partir de la emergencia de la semilla hasta la etapa previa al trasplante. El final de esta etapa se determina cuando la planta ha alcanzado una altura aproximada de 10 cm o bien cuando se tenga buena cantidad de raíces en el sustrato, el cual comprende un periodo entre 30 a 40 días después de la siembra y puede prolongarse hasta los 60 si las condiciones ambientales no permiten el desarrollo favorable de las plántulas (Olivera, 2007).

#### **4.9.6.3. Crecimiento vegetativo**

El desarrollo vegetativo comprende un periodo de 60 días (Almanza, 1998) y comienza al momento de ser trasplantada. La temperatura óptima para que se lleve a cabo ésta etapa durante el día está entre los 20 a 25 °C, y en la noche de 16 a 18 °C. La mínima y máxima es de 15 y 32 °C respectivamente (Espadas, 2014).

#### **4.9.6.4. Floración y fructificación**

Esta etapa varía de 60 a 90 días después del trasplante. Aunque puede prolongarse hasta 120 días, y después de esta edad siguen produciendo flores y frutos (Olivera, 2007). La temperatura óptima para su desarrollo se encuentra entre los 26 a 28 °C, y durante la noche es de 18 a 20 °C. La mínima y máxima es de 18 y 35 °C respectivamente (Espadas, 2014).

#### **4.9.6.5. Periodo de cosecha**

Por lo regular el inicio a cosecha esta entre los 100 a 110 días (Inifap, 2007). Se debe realizar cada 6 días, ya que si se tiende a esperar más días el rendimiento de producción por planta tiende a reducirse por tener tanta carga, y realizar dos cortes por semana es muy costoso y la planta se daña físicamente en cada corte (Lardizábal, 2002).

#### **4.9.7. Requerimientos climáticos**

##### **4.9.7.1. Temperatura**

Serrano (1978) hace énfasis que el chile se adapta a climas tropicales y la temperatura óptima va de los 25 a 40 °C. Por su parte Espadas (2014) menciona que el ciclo vegetativo de esta planta depende de las variedades y de la temperatura en las diferentes épocas (germinación, floración, maduración), de la duración del día y de la intensidad luminosa. El chile necesita una temperatura media diaria de 24°C., debajo 15°C el crecimiento es malo y con 10° C el desarrollo del cultivo se paraliza. Con temperaturas superiores a los 35°C la fructificación es muy débil o nula, sobre todo si el aire es seco.

##### **4.9.7.2. Luminosidad**

El chile se comporta como una planta de día corto, aunque existen algunas especies que se comportan indiferentes a la duración del día. En general las plantas tienden a preferir un fotoperiodo intermedio. Es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración (Olivera, 2007).

#### **4.9.7.3. Humedad relativa**

La humedad relativa adecuada esta entre 50 a 70% (Almanza, 1998). Cuando la humedad relativa es baja y la temperatura es elevada se produce la caída de flores como consecuencia de una transpiración excesiva (Olivera, 2007).

#### **4.10. Definición de hidroponía**

La hidroponía es una tecnología para desarrollar plantas en solución nutritiva (SN) (agua y fertilizantes), con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita, lana de roca, sustrato orgánico, etc.) para proveer soporte mecánico a la planta (Lara, 2000).

Hay dos formas de producir en hidroponía, la primera es la producción con sistema hidropónico líquido, el cual no tiene un medio de soporte (sin sustrato); la segunda son los sistemas en agregado, tienen un medio sólido de soporte (con sustratos). Los sistemas hidropónicos han sido clasificados como: abiertos una vez que la solución nutritiva es aplicada a las raíces de las plantas ésta no es reusada, y cerrados cuando la solución nutritiva excedente es recuperada, regenerada y reciclada (Jensen y Collins, 1985).

La mayoría de los sistemas hidropónicos se encuentran en invernadero, con el fin de controlar los factores climáticos y fitosanitarios. La hidroponía forma parte de la agricultura de ambiente controlado (AAC), el aspecto más importante de la hidroponía es la solución nutritiva, de ella depende la nutrición de las plantas y, por ende, la calidad y cantidad de producción (Lara, 2000).

#### **4.11. Solución nutritiva (SN)**

Consiste en realizar una mezcla de agua con oxígeno y nutrientes esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de hierro forman parte de la solución nutritiva (Steiner, 1968). Para que la solución nutritiva tenga disponibles los nutrimentos que contiene, debe ser una solución verdadera, es decir, todos los iones se deben encontrar disueltos, con un pH de 5.5 y a una presión osmótica de 0.072 atmosferas (Steiner, 1961).

La solución nutritiva influye en el crecimiento, desarrollo, calidad de los cultivos y sus productos de importancia económica debido a la relación mutua entre cationes ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ), entre aniones [ $(NO_3)^-$ ,  $(H_2PO_4)^{2-}$ ,  $(SO_4)^{2-}$ ], cantidad total de solutos (CE), pH y la temperatura de la solución (Steiner, 1961; Graves, 1983; Steiner, 1984).

##### **4.11.1. Disponibilidad del oxígeno en la SN**

La falta de oxígeno en la solución nutritiva disminuye la disponibilidad de Fe, inhibe la absorción de K y  $NO_3^-$  produciendo síntomas de deficiencias que se observan a simple vista y finalmente acumula dióxido de carbono en el medio radicular (Carbone, 2015).

Para una buena absorción de nutrientes en la planta, la solución nutritiva debe tener alta disponibilidad de  $O_2$  ya que es fundamental para el normal desarrollo de las raíces, además, en un medio aeróbico las células pueden respirar y generar energía metabólica, aprovechando todos los nutrientes necesarios (Carbone, 2015).

#### **4.11.2. Influencia del pH en la SN**

El pH está directamente relacionado con la absorción de nutrientes, ya que soluciones nutritivas con valores de pH superior a 7.5 disminuye la absorción de  $\text{NO}_3^-$ , cuyo efecto es similar con el fosfato. Al bajar el pH se disminuye la absorción de iones  $\text{NH}_4^+$  y aumenta la de los nitratos, y pH inferior a 4 disminuye la absorción de K (Carbone, 2015).

#### **4.11.3. Conductividad eléctrica (CE) de la SN**

El alto contenido de sales en una solución nutritiva provoca deficiencias de algunos elementos y desbalance hídrico en la planta, ya que se frena la absorción de iones minerales y de agua. Sales como el sodio inhibe la absorción de K y el cloruro inhibe a los  $\text{NO}_3^-$  (Carbone, 2015).

#### **4.12. Definición de sustrato**

De acuerdo a Andreau *et al.*, (2015) el sustrato es un material sólido que se ocupa para el soporte y anclaje radicular de una planta colocado en un contenedor y que está formado de tres fases:

- Fase sólida: partículas que muestran la estructura física, "*constituida por las partículas del sustrato propiamente dicha*".
- Fase líquida: "*constituida por el agua o solución que contiene sustancias disueltas*".
- Fase gaseosa: "*es el aire en los poros del sustrato*".

Elegir un buen sustrato es una de las decisiones más importantes antes de establecer un cultivo en hidroponía, ya que para ello hay que tener en cuenta

muchos factores como: disponibilidad del material, costos, características físicas y biológicas (Abad, 1995).

El sustrato adecuado al cultivo, es aquel que es capaz de retener un volumen suficiente de agua, aire y nutrientes en forma disponible para la planta. Asimismo, debe poseer buen drenaje y permitir el rápido lavado del exceso de sales que se acumulan en el sustrato y que daña a las plantas (Avidan *et al.*, 2004).

#### **4.13. Descripción de sustratos**

##### **4.13.1. Arena**

Sustrato casi inerte, de partículas finas, con densidad aparente de 1.6 g cm<sup>-3</sup>, 37% de porosidad y una conductividad hidráulica a saturación de 10.5 cm h<sup>-1</sup>, cuyas características antes mencionadas la hacen ser un sustrato con buen drenaje, buena ventilación y presenta un bajo nivel de compactación. La arena tiene una capacidad de campo (CC) de 0.13 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, el punto de marchitamiento permanente (PMP) es de 0.06 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> y una capacidad de retención de agua de 0.07 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> en términos de humedad disponible o aprovechable por las plantas en base a volumen (Villa *et al.*, 2014).

El tamaño adecuado de las partículas oscila entre 0.5 y 2 mm de diámetro. Tiene una capacidad de intercambio catiónico nula (0 Meq. L<sup>-1</sup>). Su pH varía entre 4 y 8. Su durabilidad es elevada (Andreau *et al.*, 2015).

#### **4.13.2. Tezontle**

Si se trata de una producción de cultivos sin suelos, el tezontle es uno de los sustratos ampliamente utilizado principalmente para la producción de hortalizas y plantas de ornato (Vargas *et al.*, 2008). El tezontle se caracteriza por tener buena aireación pero baja capacidad de retención de humedad, tiene un pH cercano al neutro y su capacidad de intercambio catiónico es baja, (Bastida, 1999), por otra parte, tiene un bajo costo y es de fácil disponibilidad en el centro de México (Tucuch *et al.*, 2012).

El tamaño recomendado de las partículas fluctúa entre 5 y 15 mm de diámetro (Villa *et al.*, 2014).

#### **4.13.3. Peat moss (turba)**

Está constituida principalmente por restos de musgos, los cuales están descompuestos de forma anaeróbica. Se clasifica de acuerdo a su color, turbas rubias y turbas negras, según el grado de descomposición, las rubias tienen mayor contenido de materia orgánica que las negras. Ambas tienen bajo contenido de sales solubles, una porosidad mayor al 90% por lo que proporcionan buen drenaje y aireación, baja densidad aparente ( $0.07$  a  $0.14 \text{ g cm}^{-3}$ ). Puede retener la humedad hasta por encima del doble de su peso (Ansorena, 1994).

Generalmente las turbas tienen un pH de 3.0 a 6.0 y una CE por debajo de  $0.1 \text{ dS m}^{-1}$ . Tienen un contenido del 90 a 99% de materia orgánica, se caracteriza por tener una buena capacidad nutrimental y CIC (entre 110 y 130  $\text{cmol kg}^{-1}$ ) (Bunt *et al.*, 1998; Ranneklev, 2003).

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Localización**

El experimento se realizó en un invernadero de la Universidad del Papaloapan, *campus* Loma Bonita, Oaxaca. El cual se localiza en la parte noroeste de Oaxaca, en la región media de la Cuenca del Papaloapan, en las coordenadas 95° 53' 47.73" longitud oeste y 18° 05' 55.23" latitud norte, a una altura de 30 m.s.n.m. (INEGI, 2000).

El Clima es cálido húmedo (Am) con abundantes lluvias en verano (CONABIO, 2018). La precipitación promedio anual es de 1, 902.3 mm, siendo en los meses de marzo a junio la época de seca y de julio a octubre la época de lluvias, con presencia de canícula entre julio y agosto, y de noviembre a febrero épocas de "Nortes" (Anónimo, 2005). La temperatura promedio es de 25 °C, siendo la mensual máxima promedio de 29.4 °C y la mensual mínima de 20.5 °C (Anónimo, 2005; INEGI 2005; SMN, 2018).

### **5.2. Descripción de la unidad productiva**

La estructura utilizada fue un invernadero de 504 m<sup>2</sup>, tipo cenital de dos naves (8 m x 31.5 m c/u), construido con PTR de acero galvanizado, cal. 14 G90. Cubierto por malla antiáfidos en los costados y en la parte superior presenta plástico al 25 % de sombra calibre 720. Se utilizó un área de 126 m<sup>2</sup> por cultivo (chile habanero y soledad), obteniendo una superficie experimental de 252 m<sup>2</sup>.

### 5.3. Material vegetal

Se evaluó el híbrido Spartacus de chile habanero (*C. chinense* Jacq.) de la empresa Lark seed y chile soledad (*C. annuum* Linneo) variedad annuum de tipo serranito, semilla criolla proveniente de la localidad San Benito El Encinal, Loma Bonita, Oaxaca.

### 5.4. Diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques al azar tanto para chile habanero como para chile soledad, se utilizaron 3 bloques y 2 tratamientos (sustrato): arena y tezontle, tomando 5 plantas para chile habanero y 8 plantas para chile soledad (cuadro 9).

**Cuadro 9.** Descripción del diseño experimental para los cultivos de chile habanero y chile soledad.

Cultivo	Sustrato	Tamaño de muestra
Chile Habanero	Arena	15
	Tezontle	15
Chile Soledad	Arena	24
	Tezontle	24

El tamaño de muestra difirió debido a que en el chile habanero es un híbrido con características genéticas uniformes, mientras el chile soledad tiene características genéticas heterogéneas dado que es un criollo producido en la región.

### **5.4.1. Variables evaluadas**

#### **5.4.1.1. Desarrollo de la planta**

La evaluación del desarrollo tanto en chile habanero como en soledad se llevó a cabo desde los 15 días después del trasplante (ddt) de los cultivos hasta los 195 días después del trasplante (ddt), con una frecuencia de 15 días a partir del trasplante, las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Altura de la planta (cm). Se tomó con un flexómetro desde la superficie del sustrato hasta el punto de crecimiento más alto.
- Diámetro de tallo (mm). Utilizando un vernier digital se tomó la lectura a una altura de 5 cm de la base del tallo.
- Número de botones florales. Se contó el total de botones florales por planta a partir de su aparición.
- Número de flores. Visualmente se contó el total de las flores, a partir de su aparición.
- Número de frutos. Se contó el total de frutos para cada planta.

#### **5.4.1.2. Variables de rendimiento y características físicas del fruto de los cultivos de chile habanero y chile soledad**

Las variables evaluadas para determinar el rendimiento y la calidad física fueron:

- Número de frutos cosechados. Se contabilizaron el número de frutos cosechados por planta.
- Peso total cosechado por planta (g). Utilizando una balanza analítica se pesó el total de frutos cosechados por planta.

- Peso individual del fruto (g). Utilizando una balanza analítica se pesó cada uno de los frutos cosechados por planta.
- Largo del fruto (mm). Se midió con un vernier digital cada uno de los frutos cosechados, tomando la medida desde la inserción del pedúnculo hasta el ápice del fruto.
- Diámetro ecuatorial del fruto (mm). Se midió con un vernier digital, tomando la medida en la parte central del fruto.
- Espesor del pericarpio (mm). Se seleccionaron al azar 5 frutos por planta, se cortaron a la mitad, posteriormente se midió el pericarpio con un vernier digital.
- Número de lóculos. Se seleccionaron al azar 5 frutos por planta, se cortaron a la mitad y posteriormente se contó el número de cavidades presentes en cada fruto.

#### 5.4.2. Características del fruto chile habanero

Para las características físicas del fruto del chile habanero se tomó como referencia las categorías de los frutos de Laborde y Pozo (1982).

El fruto es determinado por su apariencia, tamaño, peso unitario, firmeza y color (Soria *et al.*, 2002).

**Cuadro 10.** Clasificación del fruto del chile habanero para la comercialización (Laborde y Pozo, 1982).

<b>Categorías de los frutos</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Peso unitario (g)</b>
Primera	5.5	3.5	Mayor de 10
Segunda	4.5	3.0	7.5 – 10.0
Tercera	4.0	2.0	5.0 – 7.5
Rezago	Menor de 4.0	Menor de 2.0	Menor de 5.0

### 5.4.3. Características del fruto chile Soledad

La Norma Mexicana de productos alimenticios no industrializados para consumo humano – chile fresco (NMX-FF-025-1982), establece las condiciones, características y especificaciones de calidad que deben cumplir el chile soledad en estado fresco, en el cuadro 12.

**Cuadro 11.** Clasificación del chile soledad, de acuerdo a sus características físicas.

<b>Chile de árbol (serranito, criollo soledad)</b>				
	<b>Chico</b>	<b>Mediano</b>	<b>Grande</b>	<b>Extra-grande</b>
Largo (cm)	< 6.0	6 – 7.9	8.0 – 10.0	> 10.0
Ancho (cm)	0.7 – 1.0	0.7 – 1.0	0.7 – 1.0	0.7 – 1.0
Peso (g)	4.0	5.0	6.0	7.0

## 5.5. Manejo agronómico

### 5.5.1. Siembra

La siembra se realizó en la segunda semana del mes de agosto de 2015, utilizando charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat-moss (Grow-Mix) para la germinación, humedeciendo hasta punto de escurrimiento colocando una semilla por cavidad. Se aplicaron riegos ligeros diarios a los semilleros, durante la mañana y la tarde. A partir de los 22 días después de la siembra se comenzó el riego con fertilizantes en almácigo, utilizando la solución nutritiva propuesta por Steiner (1984), al 50% de concentración cuyos fertilizantes fueron sulfato de potasio, nitrato de calcio, sulfato de cobre y sulfato de magnesio, en cantidades de 20, 50, 0.4 y 26.4 gramos respectivamente; la aplicación de la solución nutritiva fue cada tres días hasta el trasplante. En etapa de plántula se hizo una aplicación de Ridomil (Metalaxyl) a razón de 0.5 g L<sup>-1</sup> y Cupravit (Oxicloruro de cobre) con dosis de 1 g

L<sup>-1</sup>. Para el control de la cercosporiosis se utilizó Benomyl (Benomilo) 1 g l<sup>-1</sup> y para la *cenicilla sp.* se empleó Folicur (Tebuconazole) a razón de 1 g L<sup>-1</sup>.

### **5.5.2. Sustratos y llenado de bolsas**

Los sustratos que se utilizaron fueron arena de río y tezontle. La arena de río un sustrato disponible en la región, es muy utilizado en la industria de la construcción por lo tanto no es difícil de conseguir, además es relativamente barato. El tezontle no se encuentra disponible en la región y por eso representa un alto costo su utilización para la zona, sin embargo es un sustrato ampliamente utilizado en las producciones hidropónicas y bajo agricultura protegida en México, debido a las características físicas favorables de porosidad, retención de humedad, ventilación y densidad (Trejo *et al.*, 2013). El tezontle no fue cribado, sin embargo el tamaño de partículas presentaban en promedio 1 cm de diámetro aproximadamente.

Se emplearon bolsas de polietileno negro calibre 600 de 30x30 cm, las cuales fueron llenadas con aproximadamente 8 kg de sustrato. Las bolsas se distribuyeron a doble hilera (conforme al sistema de riego localizado) a 30 cm entre bolsas, 60 cm entre hileras y 90 cm de pasillos entre cada par de hileras, obteniendo una densidad de 40,000 plantas ha<sup>-1</sup>; posteriormente se pincharon las bolsas en la base para el drenaje, de esta manera se eliminaba el exceso de agua, evitando problemas de encharcamiento y por ende problemas de enfermedades fungosas en la planta.

### 5.5.3. Trasplante

Se realizó a los 45 días después de la siembra, colocando a la planta con el cepellón directamente al centro de las bolsas (macetas). Previo al trasplante, se sumergió el cepellón en una solución de Captan (1.5 g L<sup>-1</sup>) y Confidor (Imidacloprid a 1 ml L<sup>-1</sup>) como medida preventiva a enfermedades fungosas e insectos que pueden atacar a las plántulas en sus primeras etapas a partir del trasplante.

### 5.5.4. Riego y fertilización

Durante el experimento se aplicaron tres riegos por día de 8 minutos cada uno, en las siguientes horas; 8:00 am, 13:00 pm y 18:00 pm, aplicando un total de 1,000 litros de solución por día. A cada planta se les aplicó un riego de aproximadamente 666 ml por día. La solución nutritiva fue preparada con los fertilizantes y las dosis según Steiner (1984), Cuadro 10.

**Cuadro 12.** Cantidad de fertilizante para preparar 1,000 L de solución nutritiva de las diferentes concentraciones utilizadas en el experimento.

Fertilizante	Solución nutritiva universal de Steiner (%)			
	25%	50%	75%	100%
Ácido Fosfórico	12 ml	24 ml	36 ml	48 ml
Sulfato de Potasio	217.5 g	435 g	652.5 g	870 g
Sulfato de Magnesio	307.5 g	615 g	922.5 g	1,230 g
Nitrato de Potasio	187.5 g	375 g	562.5 g	750 g
Nitrato de Calcio	325 g	650 g	975 g	1,300 g
Sulfato de Cobre	1.25 g	2.5 g	3.74 g	5 g
Carboxy	5 g	10 g	15 g	20 g

El pH de la solución se ajustó de 5.3 a 5.7 y una CE de 2.5 a 3.5 mS cm<sup>-1</sup>. La concentración de la solución nutritiva fue variando de acuerdo a la etapa fenológica de cultivo, de la siguiente manera: desde el trasplante hasta los 20

días se aplicó la solución al 25% de concentración, posteriormente al día 21 se cambió la solución nutritiva al 50%. A los 55 días después del trasplante se comenzó a fertilizar con el 75% de la concentración, y finalmente, a partir de los 91 días se aplicó la solución nutritiva al 100% de concentración, hasta la etapa de senescencia del cultivo. Cada 5 días se aplicaron 1,000 litros de agua sin solución para lavar las sales.

#### **5.5.5. Poda y tutoreo**

En chile habanero se manejó a cuatro tallos por planta. La poda consistió en la eliminación de los rebrotes del tallo principal y hojas viejas, además se colocaron líneas de tutoreo, para sostener cada uno de los tallos y que no se entrecruzarán con los tallos de otras plantas, utilizando rafia agrícola colgada del alambre de tutoreo del invernadero.

Para chile soledad se eliminaron las hojas viejas y tallos no productivos y se implementó el sistema de tutoreo inglés, apoyados con líneas verticales de rafia agrícola.

#### **5.5.6. Monitoreo y control de plagas y enfermedades**

Se realizaron revisiones diarias en el área experimental, con el fin de detectar presencia de plagas y síntomas de enfermedades que afectaran al cultivo, pues de esta manera se evita la diseminación en todo el invernadero.

Durante el experimento en ambos cultivos (habanero y soledad) se presentaron daños mínimos de *Spodoptera latifascia*, el cual se controló colectando manualmente. Además se presentó mosquita blanca (*Bemisia tabaci*),

la cual fue controlada aplicando Thiodan (Endosulfan) a razón de 1 ml L<sup>-1</sup>, posteriormente se aplicó jabón roma (2 ml L<sup>-1</sup>) para eliminar a las mosquitas que pudieron sobrevivir después de la aplicación del insecticida. La presencia de pulgones (*Myzus persicae*) fue más intensa en chile soledad, combatiéndose con Confidor (Imidacloprid) y Foley rey (Clorpirifos etil + Permetrina), a razón de 1 ml L<sup>-1</sup> de cada producto. Las enfermedades fungosas que se presentaron fueron mínimas, estas fueron: cenicilla y *Cercospora* sp., para su control se hicieron aplicaciones de Azufre (1.25 ml L<sup>-1</sup>) y Captan (1 g L<sup>-1</sup>) respectivamente.

#### **5.5.7. Registros de temperatura y humedad relativa**

Se monitoreo la humedad relativa y temperatura con un termómetro gráfico de temperatura + humedad con sonda desmontable, marca EXTECH, modelo RH520A, se programó el registro cada 30 minutos. Se promediaron las temperaturas máximas, mínimas, medias y la humedad relativa, las cuales se relacionaron gráficamente con el comportamiento morfológico de los cultivos.

#### **5.5.8. Cosecha**

La cosecha se realizó manualmente, el primer corte se efectuó a los 75 días después del trasplante (ddt). Las cosechas se realizaron a intervalos de 30 días, sumando un total de 5 cortes para ambas especies.

### **5.6. Análisis de datos.**

Se utilizó un análisis de varianza de acuerdo con el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  : Es el valor de la variable respuesta en i-ésimo sustrato y j-ésimo bloques.

$\mu$  : Media general.

$S_i$  : Efecto atribuido al i-ésimo sustrato, donde  $i= 1, 2$

$\beta_j$  : Efecto del j-ésimo bloque, donde  $j= 1, 2, 3$

$\varepsilon_{ij}$  : Error experimental asociado a cada dato  $y_{ij}$ .

Las medias se contrastaron mediante una prueba de Tukey usando el software SAS versión 9 (SAS, 1996).

## **6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1. Desarrollo de la planta**

#### **6.1.1. Desarrollo del cultivo de chile habanero**

En el Cuadro 13 se muestran las variables para desarrollo de la planta, a intervalos de quince días, a partir de la fecha de trasplante en dos sustratos bajo invernadero. El ciclo del cultivo se llevó hasta los 195 días desde el trasplante (ddt), se decidió terminar a esta edad ya que las altas temperaturas afectaban los brotes más tiernos y productivos de la planta con quemaduras severas. Cabe mencionar que el número de frutos reportados en el Cuadro 13 son los que quedaron en la planta después de cada cosecha.

A los 15 días la altura de planta fue la misma en ambos sustratos ( $P \leq 0.05$ ), en esta misma variable a partir de los 30 días después del trasplante, el sustrato arena de río obtuvo los mejores resultados para la variable altura de planta en todas las fechas de muestreo hasta la edad de 195 ddt ( $P \leq 0.01$ ), coincidiendo con lo reportado por Borges *et al.* (2014) que al evaluar diferentes concentraciones de NPK en la solución nutritiva para el cultivo de chile habanero, encontraron alturas de planta similares a nuestros resultados utilizando tezontle como sustrato. Por otro lado, Tapia *et al.* (2016) evaluaron chile habanero negro en hidroponía bajo condiciones de invernadero y reportaron datos de altura de planta menores comparado con los resultados obtenidos en esta investigación; probablemente las diferencias de altura de planta se deba al tipo de clima en el cual fueron producidas, ya que el ambiente influye directamente en las características morfológicas (Latournerie *et al.*, 2015). De igual forma, estas variaciones ocurren por el tipo de variedad o híbrido (Tapia *et al.*, 2016). En un

experimento realizado por Prieto *et al.* (2015) al evaluar cuatro sustratos, entre ellos la arena de río y el tezontle, en la producción de chile habanero criollo en Loma Bonita, reportaron alturas de planta que van de los 135 a 152 cm en arena de río y tezontle respectivamente; esto confirma lo reportado por Tapia *et al.* (2016), al decir que los diferentes híbridos y variedades se comportan de diferentes maneras aunque se establezcan en condiciones ambientales similares.

De la misma manera las plantas establecidas en el sustrato arena de río mostraron un diámetro de tallo mayor en todas las edades comparado con el sustrato tezontle ( $P \leq 0.05$ ), resultados semejantes a los reportados por Prieto *et al.* (2015) en sustrato arena de río y tezontle, ya que la arena de río favoreció el desarrollo del diámetro de tallo en el chile habanero criollo evaluado.

Los primeros botones florales y flores aparecieron a los 15 y 30 días después del trasplante en los chiles establecidos en sustrato tezontle. Durante los 45 a 60 ddt el sustrato arena de río mostró el mayor número de botones florales ( $P \leq 0.01$ ) y flores ( $P \leq 0.01$ ), a partir de los 75 ddt y prácticamente hasta el final del experimento 195 ddt respecto a las variables de botones florales y flores no se obtuvieron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ). Por su parte el comportamiento general para estas dos variables en el sustrato arena de río fue superior numéricamente en la mayoría de las fechas evaluadas.

Respecto a la variable número de frutos, se observó los primeros frutos a los 45 ddt en ambos sustratos, en donde destacó el sustrato arena de río con la mayor cantidad de frutos por planta en cada evaluación.

**Cuadro 13.** Desarrollo del cultivo de chile habanero (*C. chinense* Jacq.) en dos sustratos bajo condiciones de invernadero, a intervalos de 15 días.

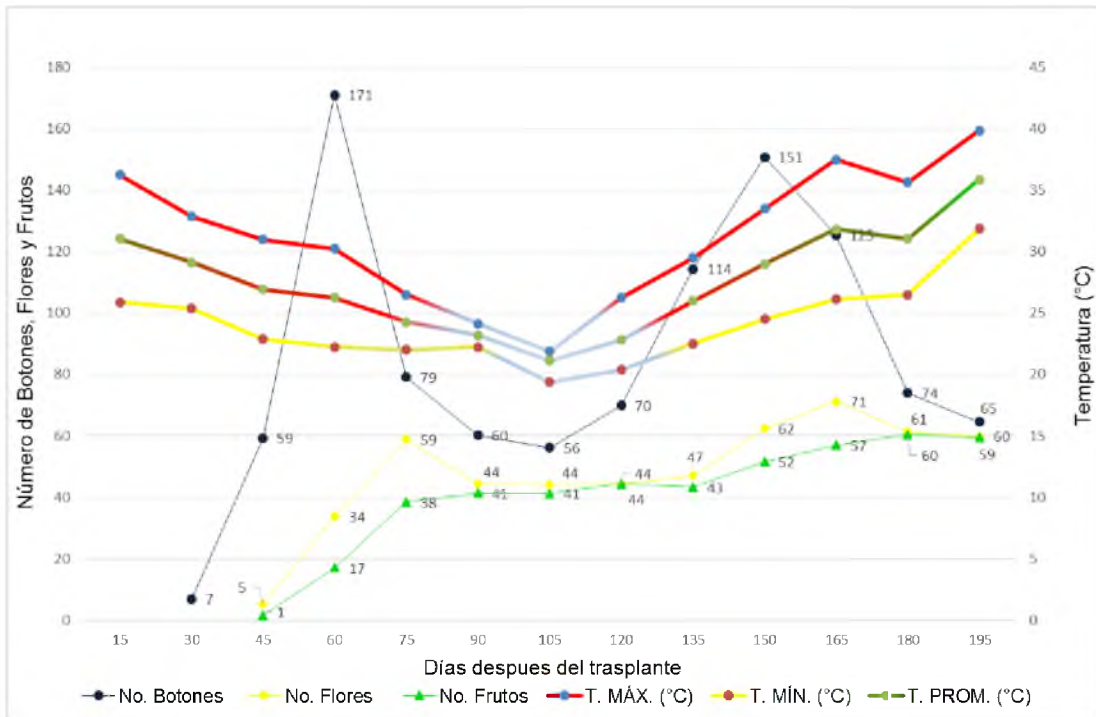
Edad (ddt)	Sustrato	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	No. de botones florales	No. de flores	No. de frutos
15	Arena	25.89a	3.45a	-	-	-
	Tezontle	26.76a	2.98b	0.20a	-	-
	E.E.	1.21	0.12	0.2		
30	Arena	36.44a	6.64a	6.86a	-	-
	Tezontle	31.16b	4.73b	7.13a	0.46a	-
	E.E.	1.63	0.36	2.15	0.29	
45	Arena	64.31a	8.89a	54.13a	3.73a	1.40a
	Tezontle	51.72b	6.42b	24.28b	2.14b	2.66a
	E.E.	3.49	0.31	5.03	0.88	0.07
60	Arena	92.67a	10.60a	137.40a	16.73a	16.93a
	Tezontle	66.47b	7.88b	66.26b	5.93b	9.66b
	E.E.	3.63	0.47	14.72	1.63	2.63
75	Arena	112.43a	11.91a	20.33a	20.40a	31.00a
	Tezontle	85.99b	9.40b	20.66a	15.80a	16.26b
	E.E.	5.09	0.49	5.2	4.26	3.27
90	Arena	133.80a	12.84a	15.73a	3.13a	33.93a
	Tezontle	96.78b	10.30b	14.40a	5.06a	24.73b
	E.E.	5.46	0.58	5.78	1.33	3.48
105	Arena	152.95a	14.06a	12.60a	2.93a	11.13a
	Tezontle	108.95b	11.14b	8.73a	2.33a	11.06a
	E.E.	7.44	0.58	2.21	1.01	1.66
120	Arena	165.51a	14.27a	25.40a	0.06a	14.80a
	Tezontle	113.29b	11.24b	13.80b	0.06a	12.73a
	E.E.	8.33	0.62	4.54	0.18	2.46
135	Arena	194.19a	15.10a	67.33a	3.73a	3.73a
	Tezontle	132.71b	12.74b	43.66a	2.26a	4.93a
	E.E.	9.71	0.61	13.02	1.31	1.44
150	Arena	212.65a	15.57a	88.46a	10.73a	12.06a
	Tezontle	149.01b	13.23b	61.33a	8.60a	11.86a
	E.E.	9.06	0.74	15.88	3.13	3.5
165	Arena	227.67a	15.57a	54.26a	14.26a	12.53a
	Tezontle	164.25b	13.23b	38.86a	11.46a	11.93a
	E.E.	8.66	0.74	11.27	3.67	4.64
180	Arena	241.92a	15.77a	12.66a	0.93b	16.00a
	Tezontle	175.88b	13.89b	15.53a	3.60a	12.40a
	E.E.	9.61	0.82	4.68	1.17	3.86
195	Arena	244.95a	15.94a	4.73a	0.46a	1.73a
	Tezontle	179.05b	13.91b	7.60a	0.93a	2.80a
	E.E.	10.53	0.82	3.17	0.53	5.93

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

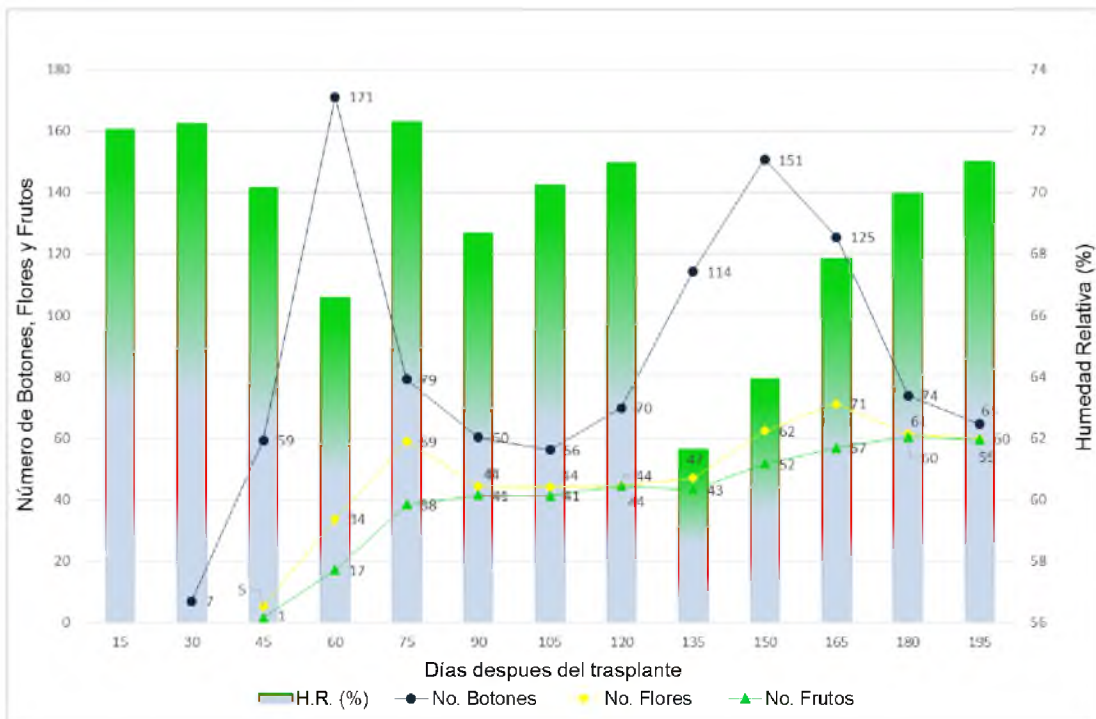
ddt = días después del trasplante.

E.E.= error estándar.

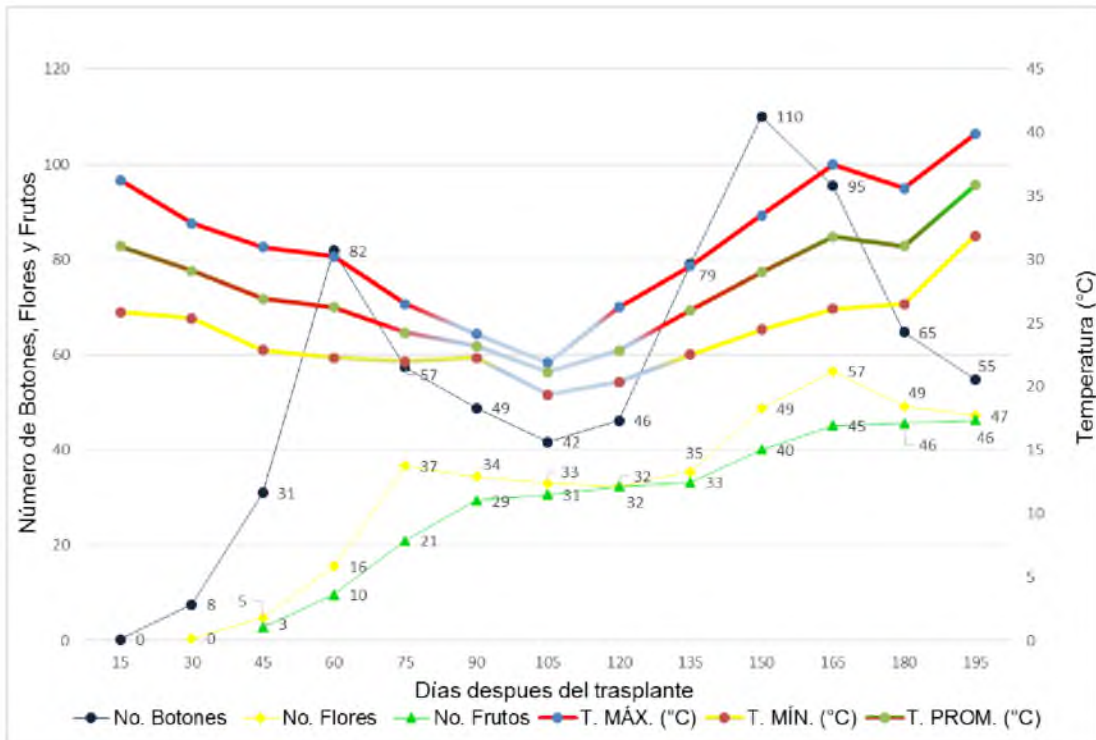
La temperatura influyó en la producción de frutos por planta del chile habanero. En las Figuras 1,2,3 y 4 se representan gráficamente la dinámica de botones florales, flores y frutos en los sustratos arena de río y tezontle con respecto a la temperatura y humedad relativa. De los botones florales y flores depende la cantidad de frutos a cosechar. Al disminuir la temperatura en los meses de noviembre a febrero se presentó una disminución de más del 50% de la cantidad de botones florales, sin embargo estos fueron apareciendo en mayor cantidad conforme hubo aumento de la temperatura en el mes de febrero. También existió una disminución de botones florales cuando las temperaturas superaban los 35 °C. Esta situación esta sustentado por Macías *et al.* (2013), ya que reportaron una dinámica similar en un rango de temperaturas de 34 a 40 °C. En este mismo sentido, la dinámica de flores y frutos por planta en ambos sustratos mostraron similitud a la variable de botones florales respecto a la temperatura.



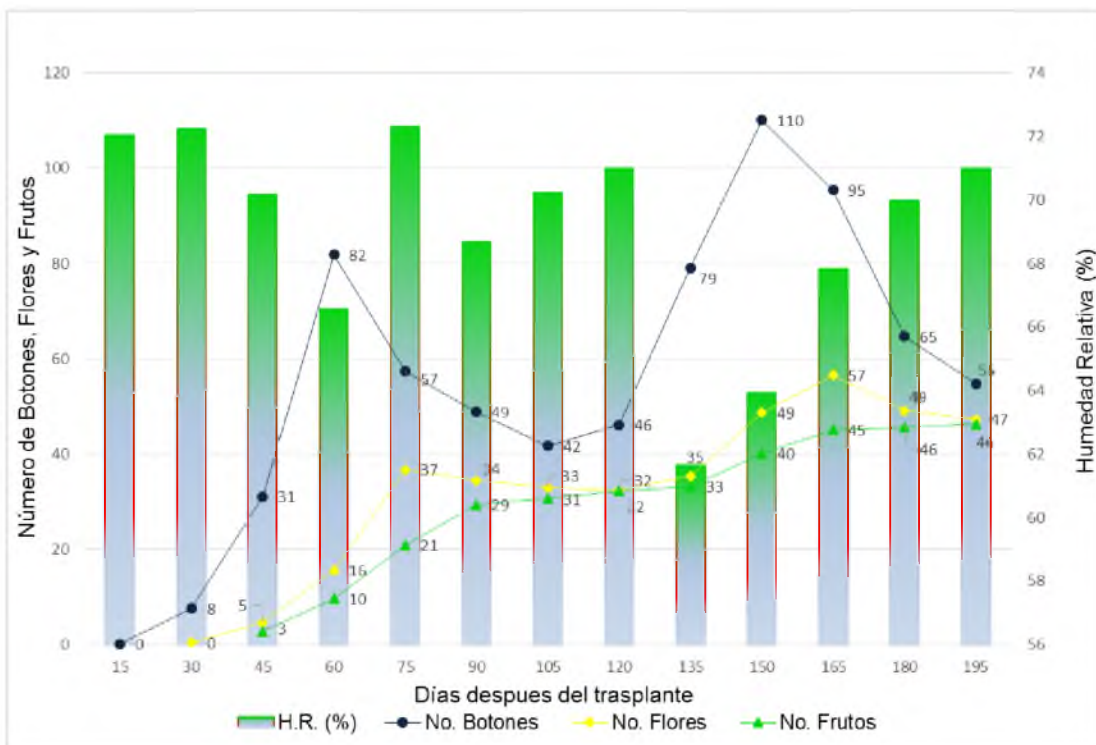
**Figura 1.** Dinámica del número de botones, flores y frutos de chile habanero en sustrato arena de río, en respuesta a la temperatura bajo condiciones de invernadero.



**Figura 2.** Dinámica del número de botones, de flores y de frutos del chile habanero en sustrato arena de río, en respuesta a la humedad relativa bajo condiciones de invernadero.



**Figura 3.** Dinámica del número de botones, flores y frutos del chile habanero en sustrato tezontle, en respuesta a la temperatura bajo condiciones de invernadero.



**Figura 4.** Dinámica del número de botones, de flores y de frutos del chile habanero en sustrato tezontle, en respuesta a la humedad relativa bajo condiciones de invernadero.

### **6.1.2. Desarrollo del cultivo de chile soledad**

El Cuadro 14 se muestra las variables para desarrollo de la planta de chile soledad obtenidas durante esta investigación. El número de frutos reportado en el Cuadro 14 son los que quedaron en la planta después de cada cosecha.

La variable altura de planta fue estadísticamente igual en los dos sustratos desde la siembra hasta los 195 ddt. Los estudios realizados sobre chile soledad (*C. annuum*) son escasos y es necesario realizar más investigación al respecto. Por tal motivo los resultados de esta investigación se tuvieron que respaldar con estudios no propios del chile criollo en estudio.

Los resultados obtenidos en esta investigación superan significativamente a los reportados por Bautista *et al.* (2012), al obtener rangos de 55 a 96 cm de altura de planta a los 90 días, en cinco genotipos de *C. annuum*. Anguiano (2010) al evaluar al chile serrano bajo el efecto de tres temperaturas nocturnas, encontró que las plantas sometidas a altas temperaturas (30.5 a 35 °C), mostraron una mayor altura de planta a comparación de las que fueron sometidas a temperaturas bajas (17.5 a 23 °C). Por su parte Serrano (1978) hace énfasis que el chile se adapta a climas tropicales y la temperatura óptima va de los 25 a 40 °C, rango en el que las plantas alcanzan una mayor altura, producción de tallos y área foliar. Dentro de este rango se encuentra la temperatura máxima promedio que se presentó en el experimento, la cual fue de 32.5 °C. Por otro lado, Nilwik (1981) estudió el efecto de la temperatura (día y noche) e irradiación en *C. annuum*, observó que la iluminación y las altas temperaturas incrementaron la altura de planta, el número de hojas y el área foliar.

El diámetro de tallo mostró diferencias significativas en la mayoría de las edades evaluadas ( $P \leq 0.05$ ) en las plantas establecidas en el sustrato arena de río, Moreno *et al.* (2014) obtuvieron datos similares al evaluar chile húngaro utilizando mezclas de vermicompost-arena obteniendo valores de 0.83 a 1.26 cm. Resultados que coinciden con los reportados por Hernández *et al.* (2008), quienes al evaluar cuatro poblaciones de chile silvestres en el estado de Sinaloa, obtuvieron tallos de 1.32 a 1.54 cm de diámetro.

El sustrato arena de río arrojó resultados más altos en las variables número de botones florales, flores y frutos por planta en la mayoría de las edades evaluadas en comparación con el sustrato tezontle. No todos los botones florales y flores producen frutos; los cambios en la productividad pueden relacionarse con las condiciones ambientales que prevalecen en las diferentes estaciones, principalmente al cambio drástico de temperatura (Almanza, 1998).

**Cuadro 14.** Desarrollo del cultivo de chile soledad criollo (*Capsicum annum* L.) en dos sustratos bajo condiciones de invernadero, a intervalos de 15 días.

Edad (ddt)	Sustrato	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	No. de botones florales	No. de flores	No. de frutos
15	Arena	19.06a	2.33a	0.33a	---	---
	Tezontle	20.50a	2.47a	0.16a	---	---
	E.E.	1.47	0.09	0.2	---	---
30	Arena	35.88a	3.89a	9.25a	0.25a	---
	Tezontle	31.78a	3.73a	4.29b	0.25a	---
	E.E.	3.05	0.29	1.95	0.17	---
45	Arena	69.56a	6.94a	70.75a	4.91a	1.66a
	Tezontle	58.75b	5.96b	31.50b	1.79b	0.33b
	E.E.	4.74	0.44	10.44	1.04	0.48
60	Arena	94.43a	9.71a	121.21a	19.87a	14.54a
	Tezontle	88.74a	8.22b	79.29b	8.00b	4.62b
	E.E.	5.55	0.51	13.21	2.84	3.25
75	Arena	118.60a	12.00a	98.08a	33.91a	28.58a
	Tezontle	112.76a	9.97b	83.01a	24.96b	14.31b
	E.E.	6.23	0.51	14.15	4.44	4.41
90	Arena	133.66a	13.07a	28.50a	16.16a	52.75a
	Tezontle	130.75a	11.43b	34.91a	18.00a	28.70b
	E.E.	7.21	0.66	7.41	3.08	6.28
105	Arena	148.75a	13.89a	60.58a	11.04a	22.12a
	Tezontle	151.93a	12.08b	51.00a	13.60a	18.03a
	E.E.	8.61	0.65	10.91	3.1	3.26
120	Arena	156.58a	14.45a	42.70a	16.08a	28.33a
	Tezontle	156.54a	12.83b	43.11a	15.27a	22.36a
	E.E.	8.82	0.76	8.49	3.3	4.13
135	Arena	166.08a	15.51a	65.70a	1.58a	14.37a
	Tezontle	169.74a	13.76b	60.28a	5.06a	9.45b
	E.E.	10.08	0.8	10.16	1.85	2.17
150	Arena	173.12a	15.74a	101.04a	22.12a	8.25a
	Tezontle	179.39a	14.18a	89.27a	22.31a	6.31a
	E.E.	10.71	0.79	12.24	4.77	1.93
165	Arena	185.74a	15.74a	88.20a	23.16a	13.04a
	Tezontle	188.31a	14.18a	65.77b	19.22a	11.50a
	E.E.	11.09	0.79	8.54	3.8	2.92
180	Arena	192.20a	16.10a	48.08a	27.25a	13.79a
	Tezontle	199.44a	14.36b	50.11a	22.50a	13.72a
	E.E.	11.67	0.75	9.89	4.39	2.66
195	Arena	193.46a	16.29a	9.58a	2.04b	12.50a
	Tezontle	203.85a	14.67b	11.75a	6.66a	13.90a
	E.E.	12.48	0.73	5.25	2.07	3.04

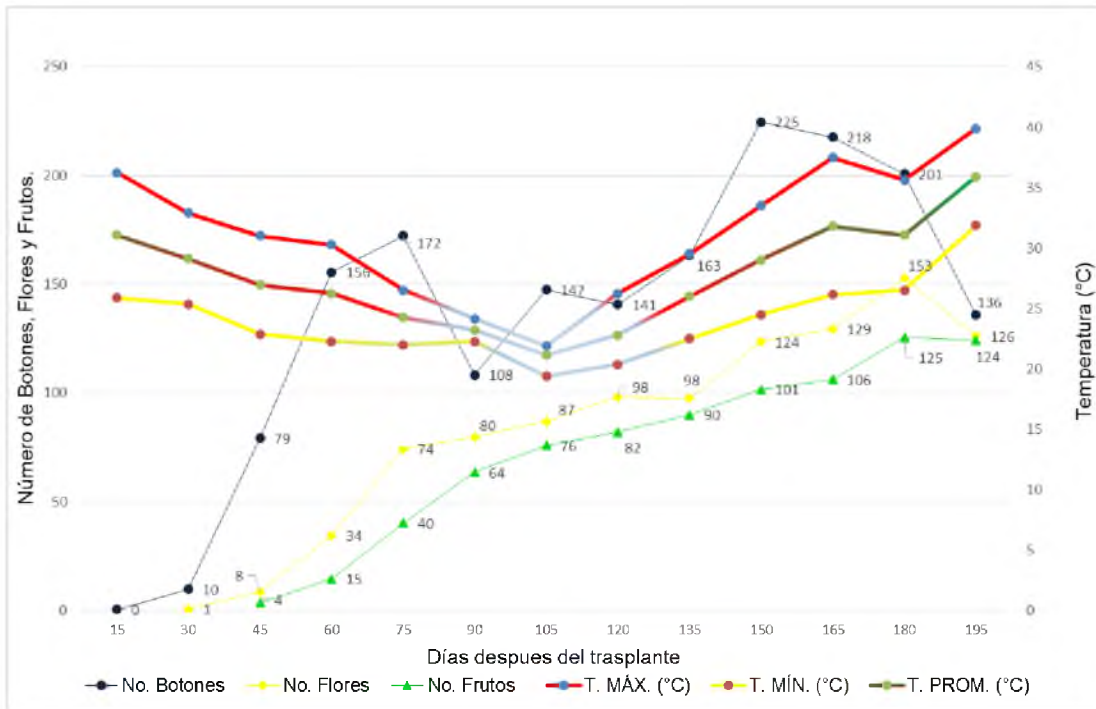
Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

ddt = días después del trasplante.

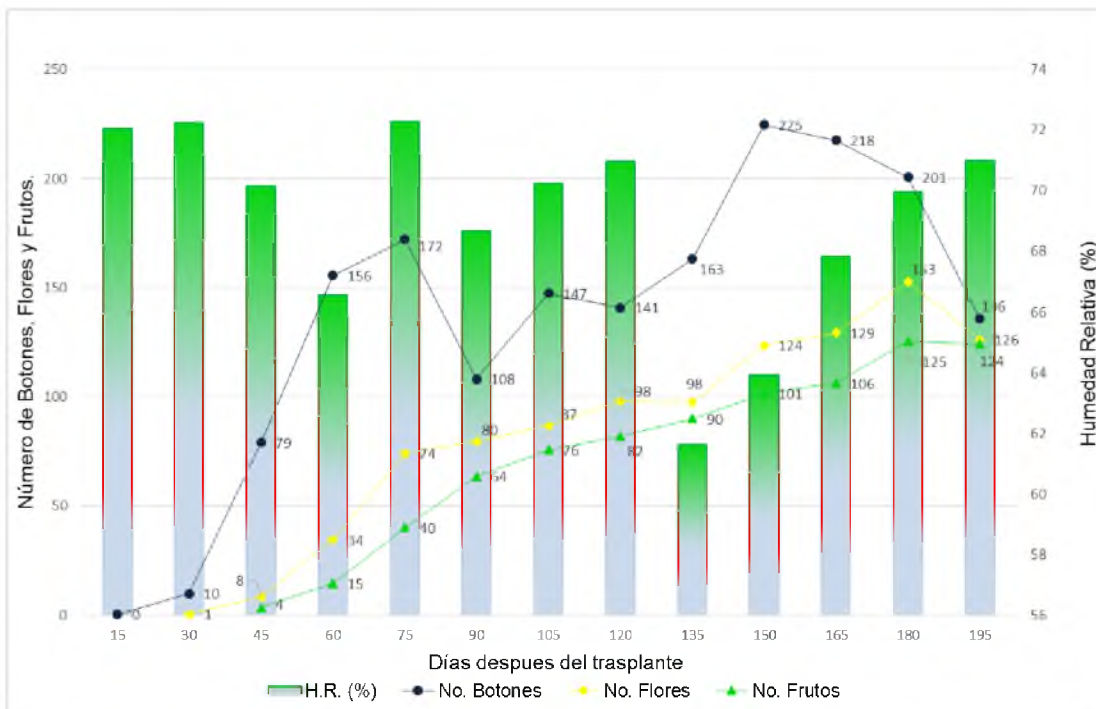
E.E. = error estándar.

En las figuras 5, 6, 7 y 8 se muestra gráficamente la dinámica morfológica del chile soledad en sustrato arena y tezontle, con respecto a la temperatura y la humedad relativa. Para el número de botones se observó que estos empezaron a disminuir cuando la temperatura promedio estuvo por debajo de los 25 °C para ambos sustratos. El máximo número de botones florales se presentó en los dos sustratos a los 150 ddt., una vez que las temperaturas empezaron a incrementar. Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Almanza (1998), al evaluar el chile piquín, a pesar de ser una variedad diferente al chile soledad, encontró que la producción de frutos es menor a la cantidad de botones y flores producidas, por lo que afirma que no todos los botones producen frutos.

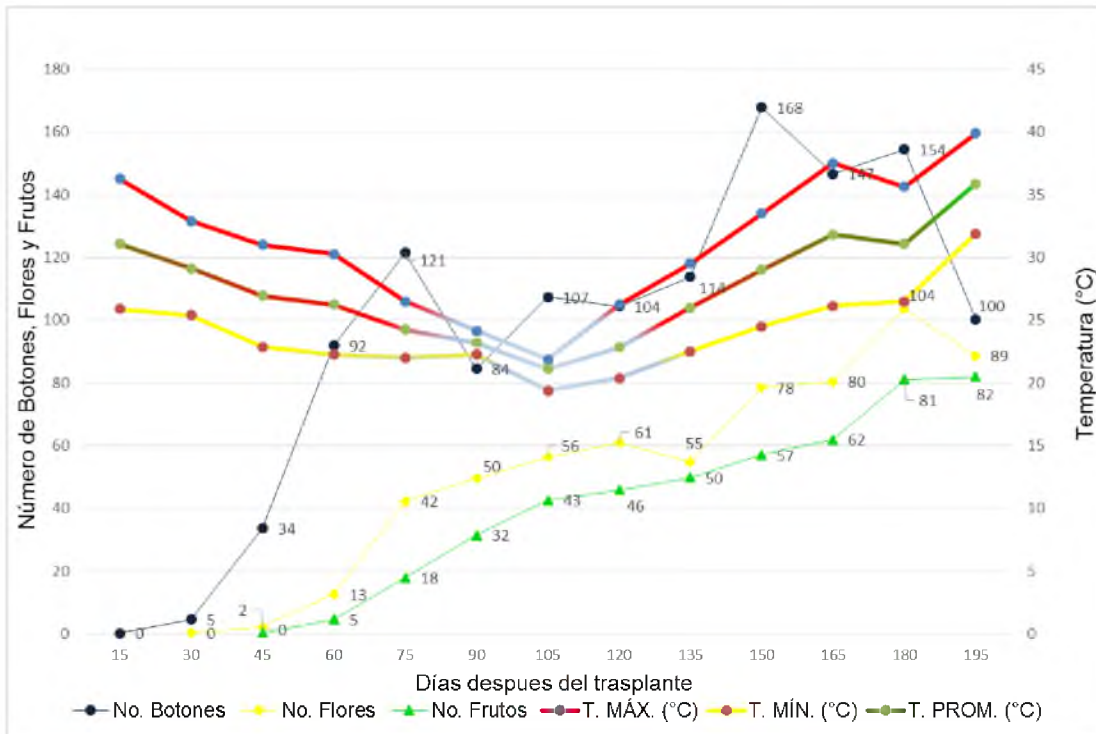
En los días más calurosos de octubre-noviembre y de febrero-marzo se produjo la mayor cantidad de botones florales y flores, estas variables disminuyeron en los días frescos de diciembre y enero (figura 5 y 7). El comportamiento de estas variables tuvo el mismo efecto con lo reportado por Almanza (1998) en una variedad de *C. annuum*, al decir que las altas temperaturas constantes y altas (no superiores a 38 °C) inducen a incrementar la productividad. Este mismo autor señala que temperaturas constantes y humedad relativa de 50 a 70%, reduce el aborto de botones florales y por ende hay mayor antesis. Cabe mencionar que la humedad relativa promedio durante el ciclo de los cultivos bajo invernadero se mantuvo en el rango de 50 a 82%. El comportamiento de este cultivo fue similar al chile habanero, ya que al superar la temperatura de 38 °C, se empezaron a mostrar marchitamiento y quemaduras severas en los puntos de crecimiento más altos de la planta.



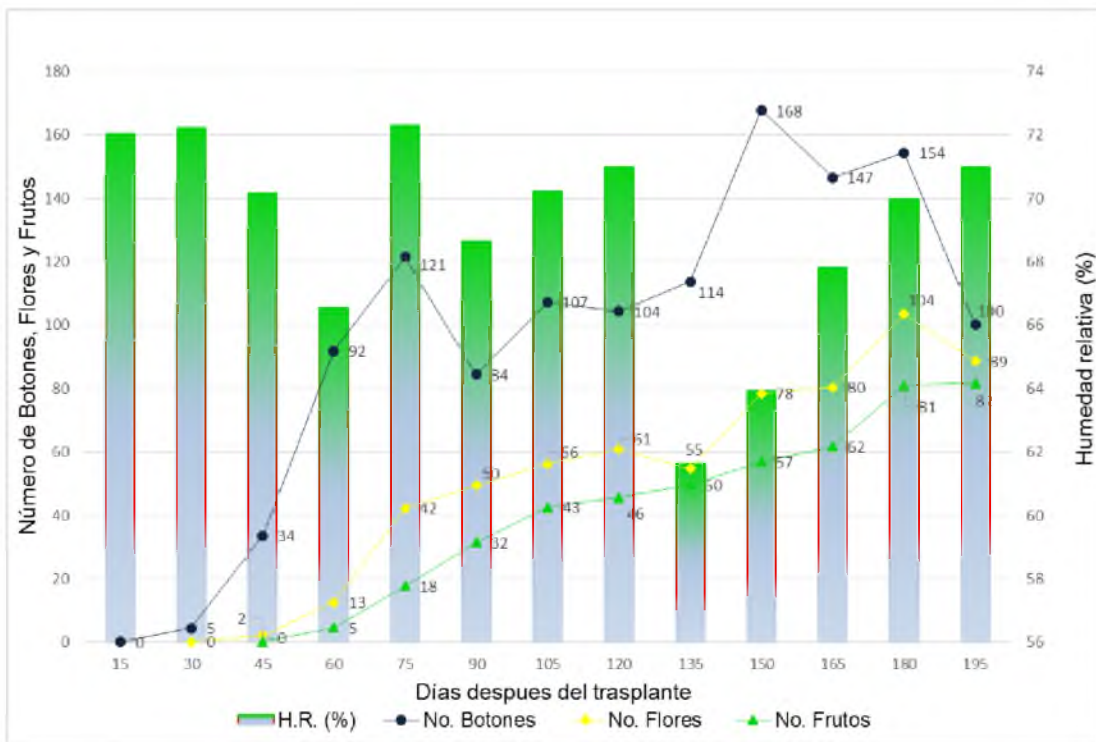
**Figura 5.** Dinámica del número de botones, de flores y de frutos del chile soledad en sustrato arena, en respuesta a la temperatura bajo condiciones de invernadero.



**Figura 6.** Dinámica del número de botones, de flores y de frutos del chile soledad en sustrato arena, en respuesta a la humedad relativa bajo condiciones de invernadero.



**Figura 7.** Dinámica de botones, de flores y de frutos del chile soledad en sustrato tezontle, en respuesta a la temperatura bajo condiciones de invernadero.



**Figura 8.** Dinámica de botones, de flores y de frutos del chile soledad en sustrato tezontle, en respuesta a la humedad relativa bajo condiciones de invernadero.

## **6.2. Rendimiento**

### **6.2.1. Rendimiento y características físicas del fruto del cultivo de chile habanero**

En el Cuadro 15 se muestra el rendimiento del chile habanero y sus características físicas de los frutos producidos bajo invernadero, con sustrato arena de río y tezontle.

Existen diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en la cantidad del número de frutos cosechados (NFC) y el peso de chiles cosechados por planta (PTC) entre los dos sustratos empleados, los mayores rendimientos se obtuvieron en el sustrato arena de río, cuyo resultado fue similar a lo obtenido en una investigación en el mismo sitio de estudio, al evaluar chile habanero criollo obtuvieron rendimientos superiores en sustrato arena de río en contraparte del sustrato tezontle (Prieto *et al.*, 2015). De la misma manera, Tucuch *et al.* (2012) reportaron rendimientos inferiores, al evaluar diferentes relaciones de nitrato/amonio y diferentes tamaño de partículas del tezontle, y el mayor rendimiento de chile habanero que obtuvo fue de  $302.1 \text{ g planta}^{-1}$ , cuyo peso y diámetro de fruto fueron inferiores a nuestros resultados.

Las variables para características físicas del fruto (PIF, LF, DF, EP y NL), no fueron estadísticamente diferentes en los sustratos en estudio. Nuestras variables fueron superiores a lo reportado por Tapia *et al.* (2016) y Tucuch *et al.* (2012). Por su parte Buenfil (2014) reporta que el promedio de número de lóculos en el chile habanero es de 3 cavidades, lo que se relaciona con lo obtenido en esta investigación.

El promedio del peso individual del fruto de los chiles obtenidos en el sustrato arena de río se clasificó en tamaño mediano (frutos con peso 7.5–10.0 g) y en tezontle el promedio del peso individual del fruto se clasificó como tamaño pequeño (frutos con peso de 5.0–7.5 g), de acuerdo a la clasificación mencionada por Laborde y Pozo (1982).

**Cuadro 15.** Rendimiento y características físicas del fruto del cultivo de chile habanero en dos sustratos bajo condiciones de invernadero.

Sustrato	NFC	PTC (g)	PIF (g)	LF (mm)	DF (mm)	EP (mm)	NL	CLAS	Ton ha <sup>-1</sup>
Arena	57.66a	484.24a	7.91a	33.26a	36.02a	1.68a	3.41a	M	19.4a
Tezontle	43.53b	345.07b	7.20a	32.50a	29.05a	1.72a	3.34a	C	13.8b
E.E.	6.43	57.48	0.39	1.94	3.60	0.07	0.13		---

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia (Tukey  $P \leq 0.05$ ). Número de frutos cosechados por planta (NFC). Peso total cosechado por planta (PTC). Peso individual del fruto (PIF). Largo del fruto (LF). Diámetro ecuatorial del fruto (DF). Espesor del pericarpio (EP). Número de lóculos (NL). Clasificación (CLAS). Medianos (M). Chicos (C). Rendimiento extrapolado por hectárea (ton ha<sup>-1</sup>).

## **6.2.2. Rendimiento y características físicas del fruto del cultivo de chile**

### **soledad**

El Cuadro 16 muestra el rendimiento y las características físicas de frutos producidos en condiciones de invernadero, utilizando sustrato arena de río y tezontle.

Se observó el mayor rendimiento en el sustrato arena de río, las variables NFC y PTC son estadísticamente significativos ( $P \leq 0.01$ ) entre ambos sustratos. Para las características físicas, tamaño y peso de fruto (PIF, LF, DF, EP y NL) no hubo diferencias estadísticas. No existen investigaciones sobre este cultivo bajo invernadero, sin embargo, en la región del Papaloapan del estado de Oaxaca se reportan rendimientos promedios de 7.33 y 6.52 ton ha<sup>-1</sup>, en el ciclo otoño-invierno y primavera-verano respectivamente, ambos en condiciones de temporal (OIEDRUS-Oaxaca, 2005). Por otro lado, en Veracruz el rendimiento de chile soledad en el ciclo otoño-invierno es de 5.50 ton ha<sup>-1</sup> en la modalidad de riego y 3.20 ton ha<sup>-1</sup> en condiciones de temporal (OIEDRUS-Veracruz, 2014). En general los rendimientos son bajos debido a una combinación de problemas fitosanitarios los cuales son cada vez más difíciles de ser controlados.

Por otra parte Domínguez *et al.* (2014), reportaron rendimientos de 12.0, 16.9 y 21.9 t ha<sup>-1</sup> en densidades de 27,778, 40,000 y 62,500 plantas ha<sup>-1</sup> respectivamente, en el ciclo otoño-invierno. Sin embargo, en un estudio realizado por López *et al.* (2016), en Loma Bonita, Oaxaca, se reportan rendimientos de 6.1 t ha<sup>-1</sup> a una densidad de 30,769 plantas ha<sup>-1</sup>, en el ciclo otoño-invierno. Quizá la variación de los rendimientos, se debe a lo indicado por Zewdie y Bosland (2000), ya que no solo interviene el componente genético, sino también la

influencia del ambiente de producción. Además del ataque de plagas y enfermedades virales (Berny *et al.*, 2013).

De acuerdo a la NMX-FF-025-SCFI-2007, los resultados obtenidos en esta investigación ubican a los frutos de chile soledad producidos bajo este esquema en tamaño mediano.

**Cuadro 16.** Rendimiento y características físicas del fruto del cultivo de chile soledad en dos sustratos bajo condiciones de invernadero.

Sustrato	NFC	PTC (g)	PIF (g)	LF (mm)	DF (mm)	EP (mm)	NL	CLAS	Ton ha <sup>-1</sup>
Arena	110.5a	251.54a	2.13a	61.28a	6.92a	1.32a	2.27a	M	10.06a
Tezontle	63.75b	136.39b	2.06a	59.54a	6.73a	1.23a	2.12a	M	5.47b
E.E.	12.13	27.5	0.14	2.87	0.26	0.06	0.09	---	---

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ( $P \leq 0.05$ ). Número de frutos cosechados por planta (NFC). Peso total cosechado por planta (PTC). Peso individual del fruto (PIF). Largo del fruto (LF). Diámetro ecuatorial del fruto (DF). Espesor del pericarpio (EP). Número de lóculos (NL). Clasificación (CLAS). Medianos (M). Rendimiento extrapolado por hectárea (ton ha<sup>-1</sup>).

El sustrato arena de río obtuvo los mejores resultados en variables de rendimiento y calidad física del fruto. Coincidiendo con lo reportado por Prieto *et al.* (2015) quienes obtuvieron mayores rendimientos en el sustrato arena de río al evaluar un chile habanero criollo, comparando diferentes sustratos, entre ellos el tezontle. De la misma manera Prieto (2016) concluye que la arena de río presentó mejor respuesta morfológica, mayor rendimiento y mejor calidad física de fruto en comparación al tezontle y otros sustratos, en la producción de jitomate híbrido saladette.

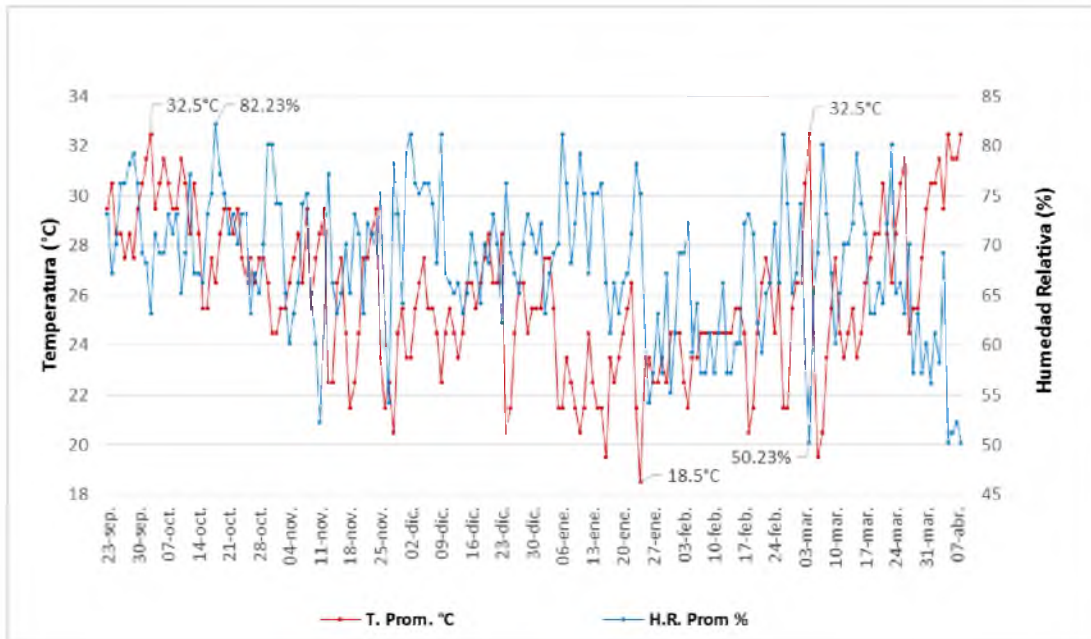
### **6.3. Datos de Temperatura y Humedad Relativa ambiente (H.R.) durante el desarrollo del experimento**

Las condiciones ambientales dentro del invernadero durante el experimento tuvieron variaciones frecuentes y drásticas, por ser temporada de frentes fríos, fenómenos meteorológicos que provocan los llamados eventos de "Nortes". Los meses más calurosos fueron de septiembre hasta finales de noviembre, con una temperatura máxima y mínima promedio durante este periodo de 32.5 y 20.5 °C respectivamente. A finales de noviembre hasta mediados de febrero se presentaron los días más frescos, y la temperatura mínima promedio de 18.5 °C se presentó el 24 de enero. A partir del 17 de febrero comenzaron a presentarse temperaturas altas, alcanzando hasta 32.5 °C en promedio a principios de marzo, finalizando con el ciclo del cultivo a estas temperaturas el 07 de abril del 2015. La humedad relativa promedio (H.R.) durante el ciclo de cultivo bajo invernadero osciló en el rango de 50 a 82% (Fig. 9).

Las condiciones ambientales que se presentaron en el desarrollo de esta investigación fueron semejantes a lo reportado por Prieto (2016), al realizar un estudio de jitomate en la misma unidad experimental utilizada para este experimento.

Macías *et al.* (2013) reporta que el chile habanero trabaja optimamente con temperaturas de 26 a 30 °C y una H.R. de 65%. Por su parte Serrano (1978) hace énfasis que el chile se adapta a climas tropicales y la temperatura óptima va de los 25 a 40 °C. y la humedad relativa adecuada esta entre 50 a 70% (Almanza, 1998). De acuerdo a estos argumentos y a los resultados obtenidos, el cultivo de chile habanero y soledad se puede producir bajo el esquema de

agricultura protegida en la región del Papaloapan, aumentando los rendimientos hasta un 37.6% y 27.1% respectivamente en chile habanero y chile soledad, y la calidad física de los frutos en ambos tipos de chile, en comparación de una producción en campo abierto.



**Figura 9.** Registros de la temperatura promedio y la humedad relativa dentro del invernadero, durante el periodo de estudio.

## **7. CONCLUSIONES**

El sustrato arena de río comparado con el tezontle, superó en todas las variables morfológicas y de rendimiento en los cultivos de chile habanero y chile soledad bajo condiciones de invernadero en Loma Bonita, Oaxaca.

Este sistema de producción favorece en sus características físicas a los frutos de ambos tipos de chile, proporcionándole una calidad que puede ser aceptable tanto para mercado local, como nacional.

La producción de los cultivos de chile habanero y chile soledad bajo condiciones de invernadero, puede ser una alternativa para productores de la región, ya que los rendimientos extrapolados bajo este sistema fueron aceptables comparados con los reportados en la región del Papaloapan del estado de Oaxaca.

## **8. RECOMENDACIONES**

La arena de río mostró mejores resultados en la investigación, sin embargo se pueden hacer estudios con otros sustratos presentes en la región, como la cachaza (residuo de los ingenios azucareros) y el humus de lombriz.

Se recomienda realizar estudios sobre el desarrollo del chile habanero y chile soledad en épocas de siembra diferentes para contrarrestar los efectos de las altas temperaturas.

Al decir “la producción de chile habanero y chile soledad puede ser una alternativa para la región”, se recomienda profundizar en un estudio financiero, para ver su rentabilidad.

Se recomienda formular una nutrición adecuada para el manejo de chiles, ya que fue uno de los problemas presentados en el desarrollo de la investigación.

## 9. LITERATURA CITADA

Abad B., M. 1995. Sustratos para el cultivo sin suelo. En: Nuez, F. (ed). El cultivo del tomate. Ed. Mundi-Prensa. España. Pp. 131-166.

Aceves N., L.A.; Juárez L., J.F.; Palma L., D.J.; López L., R.; Rivera H., B.; Rincón R., J.A.; Morales C., R.; Hernández A., R. y Martínez S., A. 2008. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en el estado de Tabasco. Gobierno de Tabasco, Secretaria de Desarrollo Forestal y Pesca, DEIDRUS-TAB, INIFAP, SAGARPA y Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México.

Aguilar, R.V.H.; Corona, T.T.; López, L.L.P.; Latournerie, M.L.; Ramírez, M.M.; Villalón, M.H. y Aguilar, C.J.A. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 pp.

Almanza E., J.G.; 1998. Estudios ecofisiológicos, métodos de propagación y productividad del "chile piquín" (*Capsicum annum* L. var. *aviculare* Dierb.) D. & E. Tesis de Maestría en Ciencias con especialidad en botánica. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. 99 p.

AMCI. 2008. Asociación Mexicana de Constructores de Invernadero, A.C. Norma Mexicana para el Diseño y construcción de Invernadero. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/157292212/NMX-E-255-CNCP-2008-Resumen-080310> Fecha de consulta: 22 de enero de 2017.

- Andreau, R.; Giménez, D.O. y Beltrano, J. 2015. Soluciones nutritivas I. En: Cultivo en Hidroponía. J. Beltrano y D. O. Giménez (coords.) Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina. Pp. 73-90.
- Anguiano B., J.C. 2010. Comparación de la respuesta fisiológica en plantas de chile bajo el efecto de tres temperaturas nocturnas. Tesis de Maestría en Ciencias en Producción Agrícola. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de agronomía. 136 p.
- Anónimo. 2005. Cuaderno Estadístico Municipal de Loma Bonita, Estado de Oaxaca, México.
- Ansorena M., J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Mundi Prensa. Madrid, España. 172 p.
- Arcos, C.G.; Hernández, H.J.; Uriza, A.D.E.; Pozo, C.O. y Olivera de los S.A. 1998. Tecnología para producir Chile Jalapeño en la Planicie Costera del Golfo de México. Folleto Técnico #24. División Agrícola. SAGARPA-INIFAP-CIRGOC. Fundación PRODUCE, Veracruz, Ver. México, pp. 17-173.
- Avidan, A., Ziadan, O., y Zachs, Y. 2004. La producción de jitomate en suelos y en sustratos artificiales. Recomendaciones. X curso Internacional de Sistema de Riego. Departamento de Irrigación Chapingo. México. 48 p.
- Bastida, A. 1999. El medio de cultivo de las plantas. Sustrato para hidroponía y producción de plantas ornamentales. Serie de publicaciones AGRIBOT No.4 UACH. Preparatoria Agrícola. Chapingo, México.

- Batchelor J., D. and Jones B., T. 2000. Determination of the Scoville Heat Value for Hot Sauces and Chilies: An HPLC Experiment. In: Journal of Chemical Education 77(2): 266-267.
- Bautista C., M.; Carrillo R., J.C.; Chávez S., J.L.; Villegas A., Y. 2012. Diferencias morfológicas entre variantes de chile (*Capsicum annuum* L.) de Oaxaca, en invernadero. In Memorias de la IX Convención Mundial de Chile. Pp. 404-410.
- Berny M., Abdala T.J.C., Duran R.L.Y.A., Tut P.F. 2013. Variation in insect pest and virus resistance among habanero peppers (*Capsicum chinense* Jacq.) in Yucatán, México. Agrociencia 47: 471-482.
- Borges G., L.; Rojas S., J.; González R., F.; Pereyda P., G.; Ruíz S., E. y Pinzón L., L. 2014. Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* J.) a diferentes concentraciones de NPK en la solución nutritiva. XXXVIII Congreso de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo 2(1): 62-66.
- Buenfil O., A. 2014. Siembra y extracción de semilla de chile habanero. Informe técnico de residencia profesional. Secretaria de Educación Superior. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. Instituto Tecnológico de la Zona Maya. 31 p.
- Bunt, A.C.; Hons N., D.H. and Biol, M.I. 1998. Material for loamless mixes. In: Media and mixes for container-grown plants. Unwin-Hyman Ltd., London, UK. Pp. 6-39.
- Canto, F.A. 2007. Caracterización morfológica y determinación de los niveles de capsaicina en 18 accesiones de chile habanero (*Capsicum chinense*

- Jacq). Tesis Instituto Tecnológico de Mérida. Maestro en Ciencias en Ingeniería Bioquímica. Mérida, Yucatán, México.
- Carbone, A.V. 2015. Nutrición Mineral. En: Cultivo en Hidroponía. J. Beltrano y D. O. Giménez (coords.) Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina. Pp. 62-72.
- Caro, E.M.; Leyva, M.C. y Ríos, S.J. 2014. Competitividad mundial de la producción de chile verde de México. *Revista de Economía* 31(83): 95-128.
- Castellanos J., Z. y Muñoz R., J.J. 2003. Curso internacional de producción de hortalizas en invernadero. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Pecuarias y Forestales. Celaya, Guanajuato.
- Carvalho, F.P.; Nhan, D.D.; Zhong, C.; Tavarez, T. y Klaine S. 1998. Rastreo de plaguicidas en los trópicos. *Boletín del OEIA* No 40.
- CONABIO (2018). *Portal de Geoinformación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/clima/climas/clima1mgw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/clima/climas/clima1mgw) Consultado el 11 de junio de 2018.
- Del Puerto R., A.M.; Suárez T., S. y Palacio E., D.E. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el medio ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología* 52(3): 372-387.
- Domínguez B., A.V.; Quevedo G., A.; Tinoco A., C.A.; Alvarado G., L.C. y Velásquez S., M.G. 2014. Densidad de siembra de chile soledad

- (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de temporal en Lima, Veracruz. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan 2(3): 275-278.
- Equipo de Consultoría para la Agricultura Orgánica (ECAO). 2002. Manual de producción de Chile Habanero Ecológico. Petén. Guatemala. 20 p.
- Ersin, P.; Halil, D. and Fedai, E. 2010. Yield and quality criteria in organically and conventionally grown tomatoes in Turkey. Sci. Agric. 67(4): 424-429.
- Espadas R., L.M. 2014. Comportamiento del chile X' cat ik bajo condiciones de invernadero. SEP. SES, DGEST, ITZM. Juan Sarabia, Quintana Roo. 43 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, D.F.
- Garrido, C.A.; Atance, M.I. y Gómez, R.A. 2009. Agricultura, alimentación, biocarburantes y medio ambiente. Economía y medio ambiente, pp. 41-57.
- González, E.T.; Gutiérrez, P.L. y Contreras, M.F. 2006. El chile habanero de Yucatán. Revista Ciencia y Desarrollo [en línea]. Mayo 2006, vol. 32, no. 195. Disponible en:  
<http://www.cyd.conacyt.gob.mx/195/Articulos/Chilehabanero/Habanero02.html#a> Consultado el 18 de enero de 2018.
- Graves, C.J. 1993. The nutrient film technique. Revista Horticultura 5: 1-44.
- Hernández V., S. 2014. Importancia del chile silvestre (*Capsicum annuum*) como recurso genético de México. Mensaje Bioquímico. UNAM. Vol. XLI. Pp. 289-304.

- Hernández V., S.; López E., R.G.; Sánchez P., P.; Villarreal R., M.; Parra T., S.;  
Porrás, F.; Corrales M., J.L. 2008. Variación fenotípica entre y dentro de  
poblaciones silvestres de chile del noroeste de México. *Revista de  
Fitotecnia Mexicana* 31(4): 323-330.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2005. Sistema  
para consulta del cuaderno estadístico municipal de Loma Bonita, Oaxaca.  
Edición 2005.  
<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/español/sistemas/cem05/estatal/oax/m044/index.html> Consultado en enero de 2018.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. Sistema  
para la consulta del cuaderno estadístico municipal Loma Bonita, Oaxaca,  
edición 2006.  
<http://www.inegi.org.mx//est/contenidos/espanol/sistemas/cem06/estatal/oax/m044/index.htm> Consultado en junio de 2018.
- Inifap, 2017. CHISER-522, variedad de chile serrano delgado o soledad.  
Programa de investigación: Hortalizas. 2 p.
- Izco, J. 2004. Botánica. Mc. Graw Hill- Interamericana. México. 508 pp.
- Jensen, M.H. and Collins, W.L. 1985. Hydroponic vegetable production.  
*Horticultural Reviews*. 7: 483-558
- Laborde C., J. A. y Pozo C., O. 1982. Presente y pasado del chile en México.  
INIA. México. 80 p.
- Lara H., A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en  
hidroponía. *Terra Latinoamericana* 17(3): 221-229.

- Lardizábal, R. 2002. Manual de producción de chile jalapeño. Centro de desarrollo de agronegocios. 26 p.
- Latournerie M., L.; López V., J.S.; Castañón N., G.; Mijangos C., J.O.; Espadas V., G.; Pérez G., A. y Ruíz S., E. 2015. Evaluación agronómica de germoplasma de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Revista Agro-productividad. Pp. 24-29.
- Latournerie, M.L.; Chávez, S.J.L.; Pérez, P.M.; Castañón, N.G.; Rodríguez, H.S.A.; Arias, R.L.M. y Ramírez, V.P. 2002. Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. Revista Fitotecnia Mexicana 25: 25-33.
- López M., G.; Palacios T., R.E.; Ramírez S., A.R.; López C., D.; Díaz F., G. y Yam T., J.A. 2016. Efecto en el rendimiento de chile soledad (*Capsicum annuum* L.) mediante diferentes fechas de poda en Loma Bonita, Oaxaca. Memorias del Cuarto Encuentro de Jóvenes Investigadores Oaxaca. 3 p.
- López, L.P. 2010. Generación de una variedad específica de chile Soledad (*Capsicum sp.*) en la Cuenca del Papaloapan, Oaxaca. AGROproduce. Órgano Informativo de Fundación Produce Oaxaca A.C.
- López, P.G.; Canto, F.A. y Santana, B.N. 2009. El reto biotecnológico del chile habanero. Revista Ciencias 60 (3): 30-35.
- López, P.G.; Zapata, C.P.; Canto, F.A.; Barredo, P.F.; Dzib, A.G.; Barahona, P.F.; Iglesias, A.L. y Santana, B.N. 2006. Inducción y caracterización de la embriogénesis somática directa del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Tercera Convención Mundial del Chile, Chihuahua y Delicias, Chihuahua, México, pp. 9-10.

- López, R.G.O. 2003. Chili. La especia del nuevo mundo. Revista Ciencias 69: 66-75.
- López C., L.; Fernández O., M.C.; Costa D., R.; Franco M., J. y Alexandre B., T. 1995. Creencias sobre el consumo de chile y la salud en la ciudad de México. Salud pública de México, 37(4): 339-343.
- Macías R., H.; Muños V., J.A.; Velásquez V., M.A.; Potisek T., M.C. y Villa C., M.M. 2013. Chile habanero: descripción de su cultivo en la península de Yucatán. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. Pp. 37-43.
- Méndez, B.A. 2007. Aspectos bioetológicos de *Diabrotica balteata* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae) en el cultivo de frijol en la zona norte de la provincia de las Tunas, Cuba. Revista Fitosanidad 11(4): 13-15.
- Moreno R., A; Rodríguez D., N.; Reyes C., J.L.; Márquez Q., C. y Reyes G., J. 2014. Comportamiento del chile húngaro (*Capsicum annuum*) en mezclas de vermicompost-arena bajo condiciones protegidas. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 46(2): 97-111.
- Moreno R., A.; Aguilar D., J. y Luévano G., A. 2011a. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. Revista Mexicana de Agronegocios 15(29): 763-774.
- Moreno, P.E. del C.; Avendaño, A.C.H.; Mora, A.R.; Cadena, I.J.; Aguilar, R.V.H.; Aguirre, M.J.F. 2011b. Diversidad morfológica en colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) del centro-norte de México. Revista Chapingo serie Horticultura 17 (1): 23-30.
- Moreno, P.E. del C.; Martínez, D.M.T.; Reyes, L.D.; Pérez, M.C.A.; Peña, L.A.; Espinosa, R.P. 2006. Intensidad de color y contenido de antocianinas en

chile guajillo (*Capsicum annuum* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura 12 (1): 135-140.

Nilwik, H. J. M. 1981. Growth analysis of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). The influence of irradiance and temperature under glasshouse conditions in winter. Annals of Botany 48(2): 129-136.

Norma Mexicana NMX-FF-025-SCFI-2007. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - chile fresco (*Capsicum* spp). Disponible en: <http://cide.uach.mx/pdf/NORMAS%20MEXICANAS%20NMX/PRODUCTOS%20ALIMENTICIOS%20NO%20INDUSTRIALIZADOS%20PARA%20USO%20HUMANO/PRODUCTOS%20ALIMENTICIOS%20NO%20INDUSTRIALIZADOS%20PARA%20CONSUMO%20HUMANO.%20CHILE%20OFRESCO.pdf> Fecha de consulta: 17 de septiembre de 2017.

Norma Mexicana NMX-FF-025-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Fruta fresca. Chile (*Capsicum sp*) especificaciones. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-025-1982.PDF>

Nuez, F.; Gill, R.O. y Costa, J. 2003. El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajés. Mundi-Prensa. España. 586 p.

OIEDRUS-Oaxaca, 2005. Resultados agrícolas municipales. Sistema Nacional de información para el desarrollo rural sustentable. Disponible en: <http://www.oeidrus-oaxaca.gob.mx/> Consultado en febrero de 2016.

OIEDRUS-Veracruz, 2014. Chile verde soledad. Principales municipios productores. Producción anual. Disponible en: <http://www.oeidrus-veracruz.gob.mx> Consultado en febrero de 2016.

Olivera L., M. 2007. Manual de producción de chile en invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro Qro. 102 p.

Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2014. Cultivos: chiles, pimientos picantes, pimientos verdes. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> Consultado: 20 de diciembre de 2016.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (FAO - SAGARPA). 2007. Producción de hortalizas a cielo abierto y bajo condiciones protegidas. México. 33 pp. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/AsistenciaCapacitacion/Documents/red%20del%20conocimiento/manuales%20pesa/invernaderos.pdf> Fecha de consulta: 16 de diciembre de 2016.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2002. El cultivo protegido en clima mediterráneo. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s04.htm>. Fecha de consulta: 07 de noviembre de 2017.

Ortega M., L.D. 2010. Efecto de los sustratos en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. 116 p.

- Pacheco, M.F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. SARH-INIA-CIANO. Campo agrícola experimental del Valle del Yaqui. Cd. Obregón, Sonora, México. 414 p.
- Peña, C.J.J.; Grajeda, C.O.A. y Vera, N.J.A. 2001. Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: uso de las técnicas isotópicas ( $^{15}\text{N}$ ). Terra Latinoamericana 20:51-56.
- Pérez, C.L.M.; Castañón, N.G.; Mayek, P.N. 2008. Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum* spp.) de Tabasco, México. Cuadernos de Biodiversidad.11-22. Disponible en:  
[https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7713/1/cuadbiod27\\_02.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7713/1/cuadbiod27_02.pdf)
- Pérez, M.L. y Rico, J.E. 2004. Virus fitopatógenos en cultivos hortícolas de importancia económica en el estado de Guanajuato. Universidad de Guanajuato. 143 p.
- Pickersgill, B. 1997. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. Euphytica 96(1): 129-133.
- Pickersgill, B. 1971. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (Genus *Capsicum*). Evolution 25: 683-691.
- Prado, U.G. 2006. Tecnología de producción comercial del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, 43 pp.
- Prieto B., L.A. 2016. Respuesta de híbridos de jitomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) a cuatro sustratos y *Trichoderma* spp., bajo condiciones

- de invernadero en Loma Bonita, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad del Papaloapan, campus Loma Bonita, Oax. 128 p.
- Prieto B., L.A.; López M., G.; Palacios T., R.E.; Bustamante O., A.G.; Ramírez S., A.R.; Sánchez H., M.A. y Jiménez M.B. 2015. Evaluación de cuatro sustratos para la producción de chile habanero bajo invernadero e hidroponía. Memoria del III Congreso Internacional y XVII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. UACH. Pp. 34-35.
- Ramírez J., G.; Avilés B., W. y Dzip E., R. 2006. Áreas con Potencial Productivo para Chile Habanero (*Capsicum chinense*, Jacq) en el Estado de Yucatán. En: Primera Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. INIFAP, COFUPRO, CICY, AMEAS y OTRAS INSTITUCIONES. Mérida, Yucatán, México. 66 p.
- Ranneklev, S.B. and Baath, E. 2003. Use of phospholipid fatty acids to detect previous self-heating events in stored peat moss. *Applied Environmental Microbiology* 69: 3532-3539.
- Restrepo G., M. 2007. Oleorresinas de *Capsicum* en la industria alimentaria. *Revista Lasallista de Investigación* 3(2): 43-47.
- Reyes, M.J.J. 2007. Componentes tecnológicos de impacto en chile soledad Oaxaca. Paquete tecnológico de chiles, FUNDACIÓN PRODUCE OAXACA, A. C.
- Rico, J.E. 2002. Identificación de virus fitopatógenos en cultivos hortícolas de importancia económica en el Estado de Guanajuato. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. Irapuato, Guanajuato, México. 267 pp.

- Rincón, V.F.; Echavarría, C.F.G.; Ruayor, R.A.F.; Mena, C.J.; Bravo, L.A.G.; Acosta, D.E.; Gallo, D.J.S. y Salinas, G.H. 2004. Cadenas de Sistemas Agroalimentarios de Chile Seco, Durazno y Frijol en el Estado de Zacatecas: Una Aplicación de la Metodología ISNAR. Publicación Especial #14. CIRNOC-INIFAP, ITESEM Campus Zacatecas, Guadalupe Zacatecas, México, pp. 1-155.
- Rincones, C. C. I. 2009. Plan Rector. Sistema Producto Chile de Yucatán. Secretaria de Fomento Agropecuario y Pesquero, SAGARPA, Comité Estatal Sistema Producto Chile del estado de Yucatán A. C. Mérida, Yucatán.
- Ruiz L., N; Medina L., F. y Martínez E., M. 2011. El chile habanero: su origen y usos. Ciencia. Pp. 70-77.
- Ruiz, B.R. 2009. Potencial productivo y limitantes para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) en la zona centro del estado de Veracruz. Tesis de doctorado. Colegio de posgraduados. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. 127 pp.
- Ruiz C., J.A.; García G., M.; Acuña I., J.G.; Trejo C., O.; López H., F.; Parra R., M. y Murphy K., F.B. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. INIFAP-SARH, México.
- Salazar O., L.A. y Silva O., C.O. 2004. Efectos farmacológicos de la capsaicina, el principio pungente del chile. *Biología Scripta* 1(1): 7-14.

- Santoyo J., J.A.; Martínez A., C.O. y Garzón C., J.A. 2007. Validación del potencial productivo de chiles anchos y picosos en el sur de Sinaloa. Fundación produce Sinaloa A.C. 43 pp.
- SAS (Statistic Analysis System). 1996. Institute Inc., Cary, N. C., USA.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural; Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2015. México, líder mundial en exportación de chile. Comunicado de prensa.
- Serrano, C. Z. 1978. Tomate, pimiento y berenjena en invernadero. Colección agrícola practica No. 27. Publicaciones extensión agraria. Madrid España. Pp 161-174.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Anuario estadístico de la producción agrícola. Disponible en:  
[http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp).  
Consultado: 20 de diciembre de 2016.
- SMN (2018). *Normales climatológicas por Estado*. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/es/> Consultado: 11 de junio de 2018.
- Smith, R.; Aguilar J., L.; Baameur, A.; Cahn, M.; Cantwell, M.; De La Fuente, M.; Hartz, T.; Koike, S.; Molinar, R.; Natwick, E.; Suslow, T. y Takele, E. 1998. Chile pepper production in California. Agriculture and Natural Resources. University of California. Pp. 2-5.
- Soria F., M.J.; Trejo R., J.A.; Tun S., J.M. y Terán S., R. 2002. Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). SEP. DGETA. ITA-2. Conkal, Yucatán, México. 75 p.

- Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. *In*: Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture. Wageningen, The Netherlands. Pp. 633-650.
- Steiner, A.A. 1968. Soilles culture. *In*: Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute, Bern Switzerland Florence, Italy. Pp. 324-341.
- Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil* 15: 134-154.
- Steta, M. 2004. Perspectivas de la producción de hortaliza en invernaderos en México. IV Foro de expectativas del sector agroalimentario y pesquero 2004. SAGARPA. México, DF, 30 de abril de 2004.
- Tapia V., M.; Larios G., A.; Díaz S., D.D.; Ramírez O., G.; Hernández P., A.; Vidales F., I. y Guillén A., H. 2016. Producción hidropónica de chile habanero negro (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 39(3): 241-245.
- Trejo T., L.I.; Ramírez M., M.; Gómez M., F.C.; García A., J.C.; Baca C., G.A. y Tejeda S., O. 2013. Evaluación física y química de tezontle y su uso en la producción de tulipán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5: 863-876.
- Trujillo A., J. J. G. y Pérez L. L., C. 2004. Chile habanero *Capsicum chinense* diversidad varietal. Campo Experimental Uxmal, CIRSE INIFAP. Folleto Técnico.

- Trujillo A., J. 2001. Descripción varietal del chile habanero (*Capsicum chinense* J.). Seminario de chile habanero. Memorias. Fundación Produce Yucatán, SAGARPA, INIFAP. Mérida Yucatán. Pp. 10-16.
- Tucuch H., C.J.; Alcántar G., G.; Ordaz C., V.M.; Santizo R., J.A. y Larqué S., A. 2012. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y tamaño de partícula de sustratos. Revista Terra Latinoamericana 30(1): 9-15.
- Tun D., J.C. 2001. Características y tecnología de producción del chile habanero. SAGARPA. INIFAP-PRODUCE. Mérida, Yucatán, México.
- Uribe F. 2008. Chile habanero como opción de cultivo. Hortalizas. <http://www.hortalizas.com/miscelaneos/chile-habanero-como-opcion-de-cultivo/>. Consultado: 25 de diciembre de 2016.
- Vargas T., P.; Castellanos R., J.Z.; Muñoz R., J.J.; Sánchez G., P.; Tijerina C., L.; López R., R.M.; Martínez Z., R. y Ojodeagua A., J.L. 2008. Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato. México. Revista Agricultura Técnica de México 34: 323-331.
- Villa C., M.; Catalán V., E.A.; Inzunza I., M.A.; Román L., A.; Macías R., H. y Cabrera R., D. 2014. Producción hidropónica de chile habanero en invernadero. CENID-RASPA, SAGARPA, INIFAP. Delegación Coyoacán, México, D. F. 45 p.
- Zapata N., M.; Bañón A., S. y Cabrera F., P. 1992. El pimiento para pimentón. Mundi Prensa Libros S. A. 240 p.

Zewdie Y and Bosland P.W. 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annuum* L. *Euphytica* 111(3):185-190.

## 10. APÉNDICE

**Apéndice 1.** Evidencia fotográfica del trabajo realizado durante el desarrollo de la investigación.



**Figura 1.** Siembra en charolas de unicel de 200 cavidades.



**Figura 2.** Emergencia y desarrollo de plántulas en charolas.



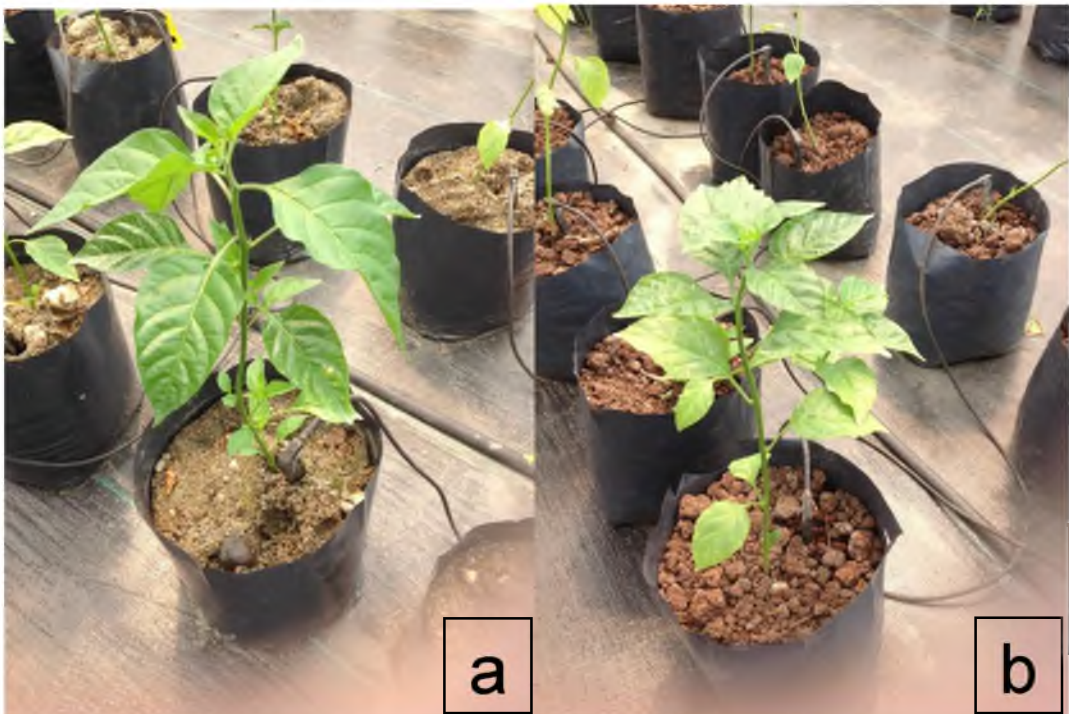
**Figura 3.** Plántulas de chile habanero con 45 días después de la siembra, momento ideal para el trasplante.



**Figura 4.** Trasplante en sustratos arena de río y tezontle.



**Figura 5.** Desarrollo de planta de chile soledad en sustrato arena (a) y en sustrato tezontle (b).



**Figura 6.** Desarrollo de planta de chile habanero en sustratos arena (a) y en sustrato tezontle (b).



**Figura 7.** Etapa de producción.



**Figura 8.** Toma de datos de rendimiento y características físicas del fruto.

**Apéndice 2.** Participación a eventos de divulgación científica con trabajos derivados de ésta investigación y relacionados a estos cultivos, de interés para el lector.



LA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
**CHAPINGO**  
otorga la presente



# CONSTANCIA

**a: GABRIEL LÓPEZ MARTÍNEZ**

Por su participación como  
**PONENTE**

De la exposición  
**RENDIMIENTO DE CHILE SOLEDAD (*Capsicum annum L.*)  
BAJO INVERNADERO, EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE OAXACA**

Cuyos autores son  
López-Martínez, G.; Palacios-Torres, R.E.; Ramírez-Seañez, A.R.; Yam-Tzec, J.A.;  
Díaz-Félix, G.; López-Coronel, D.; Prieto-Baeza, L.A.; Bustamante-Ortiz, A.G.

Chapingo, Estado de México. 20 al 22 de abril de 2016.



Dr. J. Jesús Magdaleno Villar  
Presidente



Dr. Ignacio Covarrubias Gutiérrez  
Vicepresidente



M.C. Adrián Lozano Toledano  
Secretario



IV Congreso Internacional y XVIII Congreso Nacional  
de Ciencias Agronómicas  
20 al 22 de abril de 2016



**RENDIMIENTO DE CHILE SOLEDAD (*Capsicum annum* L.) BAJO INVERNADERO, EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE OAXACA**

López-Martínez, G.; Palacios-Torres, R. E.; Ramírez-Seañez, A. R.; Yam-Tzec, J. A.; Díaz-Félix, G.; López-Coronel, D.; Prieto-Baeza, L. A.; Bustamante-Ortiz, A. G.

Ingeniería Agrícola Tropical. Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n. C.P. 68400 Loma Bonita, Oaxaca, México.  
Email: lomg\_1809@outlook.com

### Introducción

Las hortalizas son de mucha importancia para la alimentación y buena nutrición familiar. En el 2013 México ocupó el primer lugar en cuanto a exportación de chile verde a nivel mundial y el sexto en chile seco (SIAP-SAGARPA, 2013). En la región del Papaloapan del estado de Oaxaca se establecen por ciclo de 1000 a 1200 hectáreas de chile soledad, este cultivo genera de 200 a 220 empleos por hectárea; su manejo del cultivo se efectúa de manera tradicional, lo que ha provocado un decremento en la productividad del cultivo a través de los años, obteniéndose rendimientos inferiores a 7 ton/ha (Reyes, 2007). Debido a esta problemática se ha empleado el uso de la agricultura protegida, para sentar bases en la producción de hortalizas de alto precio en la región del trópico húmedo.

### Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el invernadero de la Universidad del Papaloapan, campus Loma Bonita, Oaxaca. En las coordenadas 95° 53' longitud oeste y 18° 06' latitud norte, a una altura de 30 m.s.n.m. (INEGI, 2010). La estructura empleada fue de 504 m<sup>2</sup>, tipo cenital con capacidad de 2000 plantas. Se evaluó la semilla criolla de chile soledad (*Capsicum annum* var. *annum*, tipo serranito) obtenido en la localidad de San Benito Encinal perteneciente al municipio Loma Bonita, en dos sustratos: arena y tezontle bajo hidroponía. La siembra se realizó el 12 de agosto de 2014 en charolas de polietileno con peat moss como sustrato, el trasplante fue el 23 de septiembre de 2014, en bolsas de plástico 30x40 cm, con capacidad de 8 kg de sustrato, distribuidas de acuerdo al sistema de riego localizado, a doble hilera, con una separación de 30 cm entre plantas y 60 cm entre hileras (6 plantas/m<sup>2</sup>). El cultivo se condujo a su máximo crecimiento y producción, sin podas de brotes laterales, eliminando únicamente las hojas viejas, la fertilización consistió en tres riegos diarios de solución nutritiva propuesta por Steiner (1984), con un total de 1000 litros por día, en diferentes concentraciones (50, 75 y 100 %) de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. Se utilizó un diseño completamente al azar con 24 repeticiones por tratamiento. A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza mediante el procedimiento MIXED de SAS. Las variables evaluadas se muestran en el cuadro 1, y finalmente se clasificó el promedio obtenido en estándares de calidad de acuerdo a la NMX-FF-025-SCFI-2007.

### Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se observa que el mayor rendimiento se obtuvo en el sustrato arena, las variables NFC y PTC son estadísticamente significativos entre ambos sustratos. Para las características físicas tamaño y peso (PIF, LF, DF, GP y NL) no hay diferencias significativas. Existen pocas investigaciones sobre este cultivo bajo invernadero, sin embargo, en la región del Papaloapan del estado de Oaxaca se reportan rendimientos promedios de 7.33 y 6.52 ton/ha, en el ciclo otoño-invierno y primavera-verano respectivamente, ambos en condiciones de temporal (OIEDRUS-Oaxaca, 2005). Por otro lado, en Veracruz el rendimiento de chile soledad en el ciclo otoño-invierno es de 5.50 ton/ha en la modalidad de riego y 3.20 ton/ha en condiciones de temporal (OIEDRUS-Veracruz, 2014), los rendimientos son muy bajos debido a una combinación de



**IV Congreso Internacional y XVIII Congreso Nacional  
de Ciencias Agronómicas  
20 al 22 de abril de 2016**



problemas fitosanitarios y que cada vez son más difíciles de controlar. Nuestros resultados ubican a los chiles producidos bajo este esquema como de tamaño mediano.

**Cuadro 1. Comportamiento en el rendimiento de chile soledad y su clasificación en dos sustratos, bajo condiciones de invernadero.**

	NFC	PTC (g)	PIF (mm)	LF (mm)	DF (mm)	GP (mm)	NL	CLAS	RE/HA (ton/ha)
Arena	110.54a	251.54a	2.13a	61.28a	6.92a	1.32a	2.27a	M	10.06
Tezonite	63.75b	136.39b	2.06a	59.54a	6.73a	1.23a	2.12a	M	5.45
Error	12.13	27.5	0.14	2.87	0.26	0.06	0.09		

Medias en la misma columna con diferente literal muestran diferencia ( $P \leq 0.05$ ). Número de frutos cosechados por planta (NFC). Peso total cosechado (PTC). Peso individual del fruto (PIF). Largo del fruto (LF). Diámetro ecuatorial del fruto (DF). Grueso del pericarpio (GP). Número de lóculos (NL). Clasificación (CLAS). Mediano o de segunda (M). Rendimiento extrapolado por hectárea (RE/HA).

### Conclusiones

La producción de chiles soledad en condiciones de invernadero en el trópico húmedo aumenta la producción comparada con el cultivo a campo abierto y el rendimiento más alto se obtuvo en las plantas establecidas en el sustrato arena.

### Literatura Citada

- Anónimo. 2005. Cuaderno Estadístico Municipal de Loma Bonita, Estado de Oaxaca. Aguascalientes, México.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010. Censo de Población y Vivienda, 2010. Principales resultados por localidad (ITER). [http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/iter2010.aspx?c=27329&e=est](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&e=est). Consultado en enero de 2016.
- OIEDRUS-Oaxaca, 2005. Resultados agrícolas municipales. Sistema Nacional de Información para el desarrollo rural sustentable.
- OIEDRUS-Veracruz, 2014. Chile verde soledad. Principales municipios productores. Producción anual. Disponible en: <http://www.oiedrus-veracruz.gob.mx> (Consultado en febrero de 2016).
- Reyes, M.J.J. 2007. Componentes tecnológicos de impacto en chile soledad Oaxaca. Paquete tecnológico de chiles, Fundación Produce Oaxaca, A. C.
- SIAP-SAGARPA. 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México es primer lugar mundial en la producción de chile verde. Boletín. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx> (Consultado en febrero de 2016).
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: Sixth International Congress on Soilless Culture. Proceedings International Society for Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands pp 653-650.
- NMX-FF-025-SCFI-2007. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - chile fresco (*Capsicum* spp).

EL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACYT), EL GOBIERNO DEL ESTADO DE OAXACA POR CONDUCTO DEL CONSEJO OAXAQUEÑO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (COCYT) Y EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA (ITO)

## OTORGAN RECONOCIMIENTO

A: Rogelio Enrique Palacios Torres, Gabriel López Martínez, Aldo Guadalupe Bustamante Ortiz, Luis Alberto Prieto Baeza, Ana Rosa Ramírez Seañez y Diana López Coronel

Por su destacada participación con el trabajo de investigación:

### FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Anthonomus eugenii* Cano EN CHILE HABANERO EN LOMA BONITA, OAXACA

\* Durante el "3er. Encuentro de Jóvenes Investigadores" los días 12 y 13 de Noviembre de 2015 en Oaxaca de Juárez, Oax.



### FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Anthonomus eugenii* Cano EN CHILE HABANERO (*Capsicum chinenses* Jacq) EN LOMA BONITA, OAXACA

Gabriel López-Martínez<sup>1</sup>\*, Rogelio Enrique Palacios Torres<sup>1</sup>, Luis Alberto Prieto Baeza<sup>1</sup>, Aldo Guadalupe Bustamante Ortiz<sup>1</sup>, Ana Rosa Ramírez Seañez<sup>1</sup>, Diana López Coronel<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniería Agrícola Tropical. Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n, Ciudad Universitaria. Loma Bonita Oaxaca, México. C.P. 68400. Tel. 01 (281) 872 9230. Email: [loma\\_1809@outlook.com](mailto:loma_1809@outlook.com)

#### RESUMEN

Nuestro país México cuenta con la mayor variedad genética de *Capsicum* spp. Cinco especies de este género han sido domesticadas *Capsicum annuum* L., *Capsicum chinense* Jacq., *Capsicum frutescens* L., *Capsicum haccatum* L. y *Capsicum pubescens* Ruiz y Pav. La especie *Capsicum annuum* es afectado por varias plagas una de las más destructivas es el picudo del chile. El objetivo de este estudio fue conocer el comportamiento de la fluctuación poblacional y la identificación taxonómica del picudo en chile habanero (*Capsicum chinense*) en el municipio de Loma Bonita. Se establecieron parcelas experimentales, la toma de datos consistió en el conteo total de chiles dañados en un intervalo de 8 días a partir de octubre de 2014 a abril de 2015. La presencia de la infestación ocurrió a los 79 días después del trasplante, la máxima cantidad de chiles dañados se registró a los 6 meses después del trasplante. La especie correspondió a *Anthonomus eugenii*. Al parecer la temperatura influyó de manera importante en la presencia del picudo, ya que al aumentar la temperatura los daños y su población aumentaron de manera significativa.

Palabras clave: Picudo, *Anthonomus eugenii*, *Capsicum chinense*.



# I REUNIÓN INTERNACIONAL



La Academia Veracruzana de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales, Acuícolas y Pesqueras A.C. y el **Instituto Tecnológico de San Andrés Tuxtla**

Otorgan el Presente  
**RECONOCIMIENTO**

A: López Martínez Gabriel; Palarinos Torres Rogelio Enrique;  
Bustamante Ortiz Aldo G.; Prieto-Baeza Luis Alberto

Por su participación como Ponente en la modalidad Oral:

**"IDENTIFICACIÓN Y FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DEL MINADOR DE LA HOJA EN CHILE SOLEDAD Y CHILE HABANERO EN LOMA BONITA, OAXACA"**

Realizado del 17 al 20 de Noviembre del 2015 en el marco de la I Reunión Internacional Científica y Tecnológica, y la XXVIII Reunión Científica y Tecnológica Forestal y Agropecuaria en la Ciudad de San Andrés Tuxtla, Veracruz.

M.A. JOSE ISABEL BENITEZ GONZALEZ  
DIRECTOR DEL ITSSAT

M.C. RAMIRO SANCHEZ URANGA  
PRESIDENTE  
Academia Veracruzana de Ciencias Agrícolas,  
Pecuarias, Forestales, Acuícolas y Pesqueras, A.C.



RCYT 2015-1457



## CAPITULO 17

### IDENTIFICACIÓN Y FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DEL MINADOR DE LA HOJA EN CHILE SOLEDAD Y CHILE HABANERO EN LOMA BONITA, OAXACA

López Martínez Gabriel, Palacios Torres Rogelio Enrique\*, Prieto Baeza Luis Alberto, Bustamante Ortiz Aldo G, Killough James Patrick, Sánchez Hernández Miguel Ángel.

Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n. C.P. 68400 Loma Bonita, Oaxaca, México. Email: rogeliopalaci57@hotmail.com, \*Autor para correspondencia.

#### RESUMEN

México es de los principales productores de chile, ocupa el segundo lugar en cuanto a volumen de producción mundial de chile de diferentes especies, con 1, 853,610 toneladas aproximadamente. En la región del Papaloapan se siembran principalmente chile Soledad (*Capsicum annuum* L.) con alrededor de 1,200 ha y chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en esta especie en particular se carece de información sobre su superficie cultivada en esta región.

Una de las principales plagas que causa daño en estos cultivos es el minador de la hoja.

El objetivo de este estudio fue conocer la identidad taxonómica de esta plaga y su fluctuación poblacional en los cultivos de chile soledad y chile habanero en el municipio de Loma Bonita.

La ubicación taxonómica de esta especie se basó en literatura especializada. Para su fluctuación poblacional se establecieron parcelas experimentales de ambas especies, en las cuales la toma de datos consistió en el conteo total de hojas minadas por planta seleccionada, estableciendo muestreos cada siete días a partir de octubre de 2014 a febrero de 2015.

La especie se identificó como *Liriomyza trifolii* Burgess. El inicio de la infestación del minador ocurrió a los 23 días después del trasplante (16 de octubre) para ambas especies, la máxima cantidad de hojas minadas se registró en la segunda semana de diciembre siendo ligeramente superior en las plantas de chile Soledad. Los elementos ambientales influyeron de manera importante en el desarrollo de las poblaciones de *L. trifolii*, la lluvia juega un papel importante en la mortalidad de individuos de minadores, ya que cuando estas se intensificaban la población de minadores tendió a disminuir, además el efecto de las temperaturas altas marco una disminución de hojas minadas por larvas de este díptero.

**Palabras clave:** Agromyzidae, *Liriomyza trifolii*, *Capsicum annuum*, *Capsicum chinense*.



## ABSTRACT

Mexico ranks second in terms of global production volume of chili peppers of different species, with approximately 1,853,610 tons. In the lower Papaloapan River basin region are mostly sown "Soledad" chili peppers (*Capsicum annuum* L.) with around 1,200 ha and "Habanero" chili peppers (*Capsicum chinense* Jacq.) for which there is no information on its area of cultivation in this region.

One of the main pests that causes damage to these crops is the leafminer.

The aim of this study was to determine the taxonomic identity of this pest and its population fluctuation in crops of "Soledad" and "Habanero" chili peppers in the municipality of Loma Bonita.

The taxonomic status of this species was based on specialized literature. For its population fluctuation, experimental plots were established for both species, in which the data collection consisted of the total count of mined leaves per selected plant, establishing sampling every week from October 2014 to February 2015.

The species was identified as *Lirioniza trifolii* Burgess. The onset of pest infestation occurred at 23 days after transplantation (October 16) for both species. The maximum number of mined leaves was recorded in the second week of December being slightly higher in Soledad chili pepper plants. Environmental aspects influenced significantly in the development of populations of *L. trifolii*. Rain plays an important role in mortality of miners; when rain intensified, the population of miners tended to decline; also the effect of high temperatures marked a decrease of leaves mined by larvae.

**Keywords:** Agromyzidae, *Lirionizatrifolii*, *Capsicum annuum*, *Capsicum chinense*.

## INTRODUCCIÓN

México ocupa el segundo lugar en volumen de producción mundial de chile de diferentes especies con 1, 853,610 toneladas y el tercero en superficie cosechada, con 140,693 ha. El rendimiento promedio es de 13.71 ton/ha debido principalmente a la mediana o baja tecnología de producción que tienen varias regiones del país (Rincón *et al.*, 2004). Los principales estados productores son Sinaloa, con el 85.6% de la producción, Sonora, con el 7%, Tamaulipas con el 3.4%, Nayarit el 2.1% y el resto corresponde a Jalisco (0.6%),

Veracruz (0.5%), Baja California (0.4%) y Guanajuato (0.4%). Las exportaciones de chile verde representaron una aportación de 424, 030,000 dólares en 2003 (Pérez *et al.*, 2005).

Areos *et al.*, (1998), reportaron que constituye una gran fuente de empleo para miles de personas, ya que se utiliza un promedio de 200 jornales para cada hectárea cosechada, sin aún contar los necesarios durante su comercialización e industrialización.



En los Municipios pertenecientes a la región del Papaloapan, la producción de chile está propensa a: altas temperaturas, lluvias torrenciales, vientos huracanados y la incidencia de plagas y enfermedades. En la zona de estudio el cultivo de chile soledad representa una parte de la fuente de abastecimiento y empleo de los pequeños productores, aunado a esto, el cultivo del chile habanero puede representar una alternativa por los altos precios en el mercado. Con la encomienda de sentar bases sobre la presencia y dinámica de algunos insectos plaga en la zona, se enfocó al estudio de la determinación taxonómica y fluctuación poblacional del minador de la hoja.

## MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se realizó en el ciclo otoño-invierno (septiembre 2014 a abril 2015) en las instalaciones de la Universidad del Papaloapan campus Loma Bonita. 95° 53' longitud oeste y 18° 06' latitud norte, a una altura de 30 m.s.n.m. (INEGI, 2010). Se establecieron dos parcelas experimentales de 116m<sup>2</sup>. El trasplante se realizó el 23 de septiembre 2014 con chile regional "Soledad" *Capsicum annuum* L. a una densidad de 30 000 pl.ha<sup>-1</sup> y chile habanero *Capsicum chinense* utilizando el híbrido "Spartacus" a una densidad de 30 000 pl.ha<sup>-1</sup>.

La fertilización consistió en tres aplicaciones, la primera se realizó a los 10 días después del trasplante, aplicando todo el fósforo, el 30% del nitrógeno y el 40% del potasio, para estimular su enraizamiento y adaptación. La segunda aplicación a los 40 días después del trasplante, aplicando el 30% de nitrógeno y el 40% de potasio, para promover un buen desarrollo de la planta y la tercer aplicación se hizo a los 70 días después del trasplante, aplicando el resto de los fertilizantes para producir frutos de mayor calidad y vida en anaquel (Prado, 2006). La fórmula 192-138-150-9.7, (N, P, K y Mg) para chile soledad (Reyes, 2007) y la fórmula 250-100-300-200-100, (N, P, K, Ca y Mg) para chile habanero (Prado, 2006). De igual manera se apoyó con aplicaciones subsecuentes de un foliar (Bayfolan forte 1 ml l<sup>-1</sup>) para abastecer los requerimientos de nutrientes secundarios.

El primer riego de auxilio se realizó a los diez días después del trasplante y la fertilización para promover la absorción de los fertilizantes; posteriormente se realizaron riegos cada



diez días según la ausencia de la precipitación, ya que los cultivos se manejaron prácticamente de temporal.

El manejo agronómico fue conducir al cultivo desde el trasplante hasta su máximo potencial de producción, sin ninguna poda de hojas y brotes, realizando las labores de escarda y aporque cada 15 días, eliminando todas las malezas manualmente, sin utilizar ningún tipo de herbicida y no se utilizó ningún sistema de tutoreo.

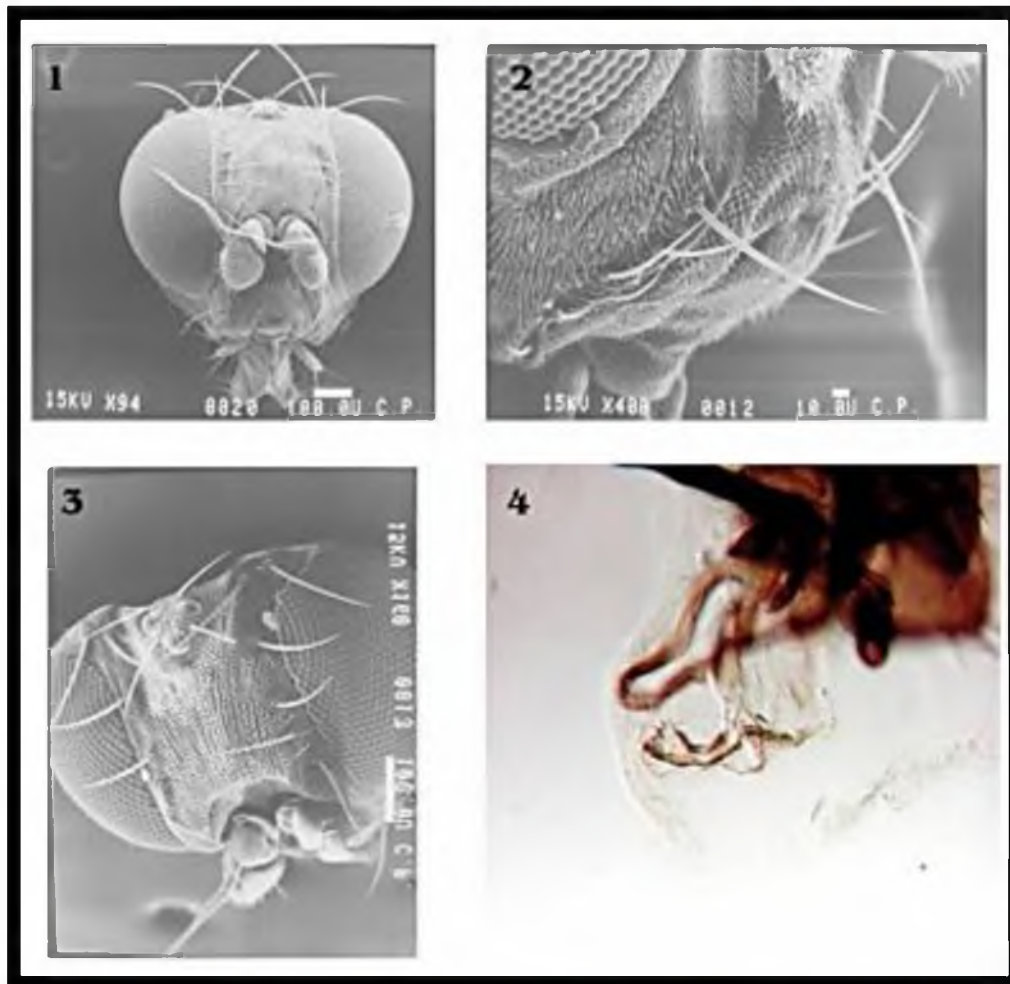
**Determinación taxonómica del minador de la hoja.** La identificación de especies de *Agromyzidae* se realizó mediante el estudio de los genitales de los machos y la quetotaxia de la cabeza. (Valenzuela *et al.*, 2010). Para la preparación de los genitales se siguió la metodología propuesta por Palacios *et al.* (2008), los especímenes machos se maceraron en hidróxido de potasio 10% a 80° C durante diez minutos después se lavaron y se conservaron en alcohol 70%. El edeago se montó temporalmente sobre una gota de gel transparente para cabello, mezclada con una gota de glicerina. El resto de las muestras (cabeza) se deshidrataron gradualmente y se secaron por el método del punto crítico (Bozzola y Russell, 1992). El estudio y fotografiarse hicieron con un microscopio Tessovar y con un Fotomicroscopio III, ambos de Carl Zeiss®, con una cámara digital para microscopía PaxCam3®. Otros ejemplares se observaron en un microscopio electrónico de barrido JEOL® JSM-6390, para estudiar la quetotaxia de la cabeza. Los especímenes adultos de minador de la hoja se identificaron mediante claves y esquemas de los genitales del macho publicados por Spencer & Steyskal (1986), Spencer *et al.* (1992) y Palacios *et al.* (2008).

**Fluctuación poblacional del minador de la hoja.** Para mostrar la fluctuación poblacional de las minas, se contaron todas las hojas minadas que presentaba cada planta marcada, desde el momento que se establecieron las minas. Se revisaron 30 plantas marcadas para cada especie de chile a intervalos de siete días finalizando con la toma de datos en la etapa de senescencia del cultivo.



## RESULTADOS

**Determinación taxonómica del minador de la hoja.** El minador de la hoja se identificó como *Liriomyza tifoldii* Burgess, (Diptera: Agromyzidae). Esta familia de dípteros presenta en la cabeza un par de setas postocelares divergentes y un par de vibrisas orales (Fig.1.a y b). La especie determinada presenta la vt interna y vt externa (Fig.1.c) insertadas en cutícula de color amarillo. En vista lateral, según Palacios *et al.* (2008) el distifalo del edeago presenta cutícula clara, con bandas esclerosadas en sus bordes superior e inferior, y en su extremo presenta una abertura amplia (Fig.1.d).



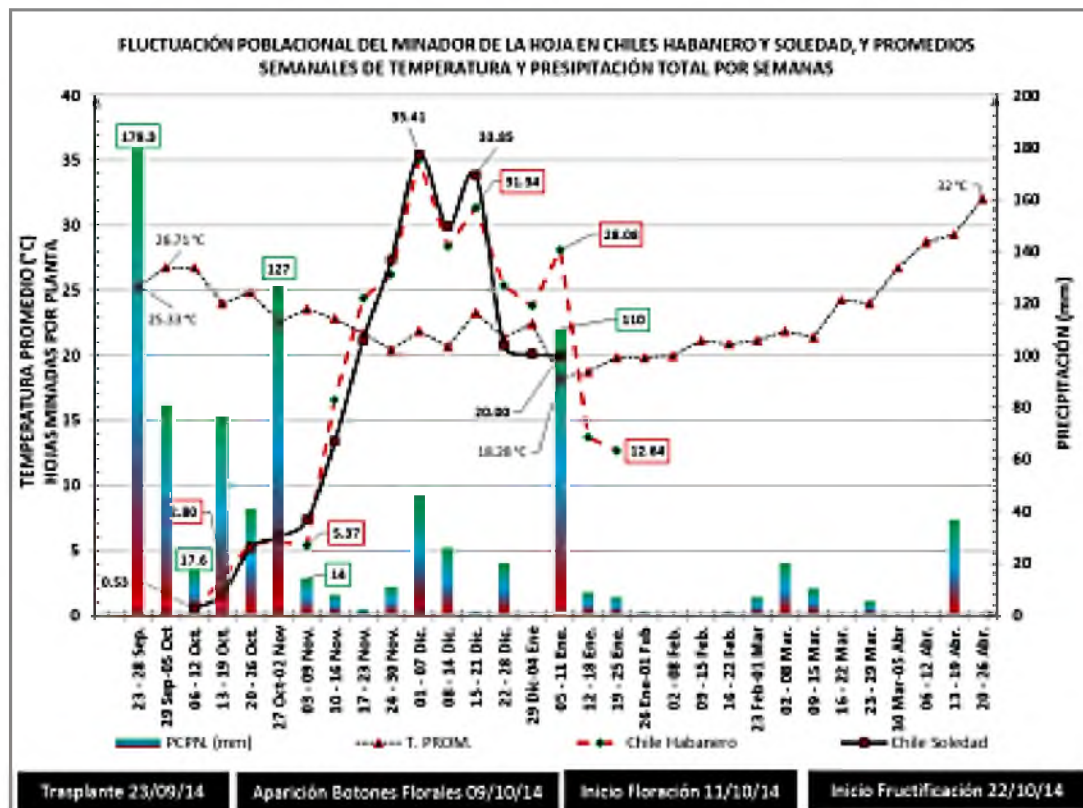
**Figura 1.** a) Setas postocelares divergentes y vibrisas orales, b) Vista detallada de la vibrisa oral, c) Disposición de la vt interna y vt externa, d) Vista lateral del edeago.

**Condiciones climáticas en el área de estudio.** En la zona de estudio durante el establecimiento del cultivo se presentó una temperatura elevada, a principios de octubre con valores máximos de 32 °C y mínimos de 22.7 °C, fue disminuyendo hasta alcanzar la mínima semanal de 16.8 °C y máxima de 19.7 °C en enero de 2015. A partir de enero empezó a elevarse paulatinamente hasta alcanzar una máxima de 37.1 °C y mínima de 24.8 °C en abril de 2015 (Fig. 2). La lluvia fue muy abundante durante las primeras seis semanas. A partir de noviembre fue presentándose de manera irregular, hasta incluso no contar con registros de lluvias, esto se mantuvo así hasta finalizar la toma de datos en enero (Fig. 2).



**Fluctuación poblacional del minador de la hoja en Chile Soledad y Chile Habanero.** La presencia de los minadores fue a los 23 días después del trasplante en ambas variedades (habanero y soledad), alcanzando el máximo número de hojas minadas por planta en diciembre, en promedio 35 hojas minadas por planta en ambas especies de Chile. En la figura 2, se muestra gráficamente el comportamiento de los minadores y se observó que ataca de la misma manera a ambas especies de Chile.

El conteo en los muestreos de las hojas minadas se dejó de realizar debido a que las plantas evaluadas presentaban un marcado enchinamiento de hojas ocasionado por virosis, esta situación no permitió observar con certeza el daño o minas ocasionados por otros minadores que posiblemente se establecieron.



**Figura 2.** Fluctuación poblacional de *L. trifolii* en cultivos de Chile Soledad y Chile Habanero en función de la temperatura y precipitación pluvial en Loma Bonita, Oaxaca. 2014.



## DISCUSIÓN

El minador de la hoja *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae). Ha sido reportada por varios autores como plaga de diversos cultivos en Sinaloa (Pacheco, 1985; Cortez *et al.*, 2004). Esta misma especie fue encontrada como plaga del cultivo de chile en Tamaulipas (Palacios *et al.* 2008). Durante el establecimiento del cultivo la precipitación pluvial fue abundante y quizá la intensidad de las mismas contribuyó al pausado crecimiento de la población de los minadores, caso contrario al disminuir las lluvias la presencia de minas sobre las hojas del cultivo aumentó. Esto coincide con los resultados de Lameli *et al.* (2009) quienes hacen un análisis de los factores de mortalidad de otra especie de plaga minadora de hojas en el cultivo de café, donde encontraron que los factores abióticos como lluvias fuertes tienen efecto negativo en las poblaciones plaga y su comportamiento de apareamiento y oviposición se ve afectado provocando disminuciones drásticas en sus poblaciones.

En cuanto a la temperatura no hay una tendencia marcada de su influencia en el desarrollo, sin embargo se puede observar que las temperaturas entre 20 y 23°C contribuyeron a su desarrollo coincidiendo en cierta manera con Milla y Reitz (2005) ya que estos autores reportan que la temperatura óptima de desarrollo fue 25 °C.

Durante la etapa de floración y fructificación se presentaron las poblaciones más altas, quizá esto es debido a la mayor disposición de hoja y refugio para el minador de la hoja. Nuestros resultados muestran la misma tendencia a lo observado por Musgrave *et al.*, (1975), donde se evaluó semanalmente la fluctuación poblacional de adultos y minas de *Liriomyza* sp. en varias hortalizas reportando el mayor porcentaje de adultos en las etapas de desarrollo y reproductivas de los cultivos y donde los insectos decrecieron en la etapa de senescencia. Cabe señalar que el enchinamiento de las hojas influyó en la población del díptero, ya que al reducirse la lámina foliar del cultivo su desarrollo se ve comprometido.



## LITERATURA CITADA

- Arcos, C.G., J. Hernández, H., D.E. Uriza, A., O. Pozo, C. y A. Olivera de los S. 1998. Tecnología para producir Chile Jalapeño en la Planicie Costera del Golfo de México. Folleto Técnico #24. División Agrícola. SAGARPA-INIFAP-CIRGOC. Fundación PRODUCE, Veracruz, Ver. México, pp. 17-173 pp.
- Bozzola, J.J. and L. D. Russell. 1992. *Electron microscopy*. Jones and Bartlett Publishers. 542 pp.
- Cortez, M. E., N. Castillo T. y J. Macias C. 2004. Enemigos naturales para el control biológico de insectos plaga en canola. INIFAP-CIRNO-CEVAF. *Folleto Técnico* No 22: 18-22.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010. Sistema para consulta del cuaderno estadístico municipal de Loma Bonita, Oaxaca. Edición 2010.
- Lomeli, F. J. R., J. F. Barrera and J. S. Bernal. 2009. Impact of natural enemies on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) population dynamics in Chiapas, México. *Biological Control*, 51: 51-60.
- Milla, K. and S. Reitz. 2005. Spatial/temporal model for survivability of pea leafminer (*Liriomyza huidobrensis*) in warm climates: a case study in south Florida, USA. *European Journal of Scientific Research*, 7(5): 65-73.
- Musgrave, C. A., S. L. Poe and D. R. Bennett. 1975. Leaf miner population estimation in polycultured vegetables. *Florida State Horticultural Society*, 7076: 56-60.
- Pacheco, M. F. 1985. *Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California*. SARH-INIFAPCIANO-CAEVY. Libro Técnico No. 1. Cd. Obregón, Sonora, Méx. 414 p.
- Palacios, T. R. E., J. Romero N., J. Étienne., J.L. Carrillo S., J. M. Valdez C., H. Bravo M., S. D. Koch., V. López M. y A. P. Terán V. 2008. Identificación, distribución y plantas hospederas de diez especies de agromyzidae (Insecta: Diptera), de interés agronómico en México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 24 (3): 7-32.
- Pérez-Moreno, A.S. Casillas-Barajas, A.S. y Ramírez-Malagón, R. 2005. EL Cultivo del chile y su importancia económica en el norte del estado de Guanajuato, México. Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato, México. pp. 13-89 pp.



- Prado U., G. 2006. Tecnología de producción comercial del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, 43 p.
- Reyes Montesinos, J. J. 2007. Componentes tecnológicos de impacto en chile soledad Oaxaca. Paquete tecnológico de chiles, FUNDACIÓN PRODUCE OAXACA, A. C.
- Rincón-Valdez, F., Echavarría-Cháirez, F.G., Ruayor-Rodríguez, A.F., Mena-Covarrubias, J., Bravo Lozano, A.G., Acosta-Díaz, E., Giallo-Dávila, J.S. y Salinas-González, H. 2004. Cadenas de Sistemas Agroalimentarios de Chile Seco, Durazno y Frijol en el Estado de Zacatecas: Una Aplicación de la Metodología ISNAR. Publicación Especial #14. CIRNOC-INIFAP, ITESEM Campus Zacatecas, Guadalupe Zacatecas, México. 1-155 pp.
- Spencer, K. A. and J. C. Steyskal. 1986. *Manual of the Agromyzidae (Diptera) of the United States*. United States Department of Agriculture. Washington. D. C. Agriculture Handbook. 638 pp.
- Spencer, K. A., M. Martínez et J. Étienne.1992. Les Agromyzidae (Diptera) de Guadeloupe. *Annales de la Société Entomologique de France* (N.S.), 28(3): 251-302.
- Valenzuela Escoboza, P. A.; Bautista Martínez, N.; Lomeli Flores, J. R.; Valdez Carrasco, J. M.; Cortez Mondaca, E y Palacios Torres, R. E. 2010. Identificación y fluctuación poblacional del minador de la hoja *Liriomyza trifolii* en chile jalapeño en el norte de Sinaloa. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), vol. 26, núm. 3, diciembre, 2010, pp. 585-601.



La Sociedad Mexicana de Entomología  
otorga la presente constancia a

**Gabriel López Martínez**

por su participación como

**PONENTE**

en el LI Congreso Nacional de Entomología

Santiago de Querétaro, México  
del 19 al 22 de junio de 2016



**Dra. M. Patricia Chaires Grijalva**  
Presidenta de la  
Sociedad Mexicana de Entomología

**Dr. Robert Wallace Jones**  
Presidente del Comité  
Organizador Local



**Dra. Edith Estrada Venegas**  
Presidenta del Comité  
Organizador Nacional



## FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE CRISOMÉLIDOS Y MINADORES, Y SU POSIBLE RELACIÓN CON LA VIROSIS EN CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq, 1777)

G. López-Martínez<sup>1</sup>, R. E. Palacios-Torres<sup>1</sup>✉, D. López-Coronel<sup>2</sup>, A. G. Bustamante-Ortiz<sup>2</sup>, L. A. Prieto-Baeza<sup>1</sup>, S. Abúja-Mendoza<sup>1</sup>, J. P. Killough<sup>1</sup> y J. Malpica-Pita<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Agrícola Tropical y <sup>2</sup>Licenciatura en Zootecnia. Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n. C. P. 68400 Loma Bonita, Oaxaca, México.

<sup>3</sup>Protección Vegetal. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km. 38.5, Chapingo, C. P. 56230 Texcoco de Mora, estado de México.

✉ Autor de correspondencia: rogeliopalaci57@hotmail.com

**RESUMEN.** El cultivo de chile tiene importancia económica en la región del Papaloapan, se generan en promedio 200 empleos/ha, obteniendo rendimientos bajos de 5 a 7 ton/ha. Las enfermedades virales y el ataque de insectos plagas son los principales problemas que afectan las plantaciones. Los objetivos del presente trabajo fueron: identificar el complejo de crisomélidos y minadores de la baja, así como su fluctuación poblacional; en el caso de los virus se estudió la presencia de plantas con síntomas de virosis en el cultivo de chile habanero. El estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad del Papaloapan, campus Loma Bonita, con el híbrido *Spartacus* a una densidad de 30,000 plantas/ha. Las determinaciones taxonómicas de los insectos se hicieron mediante literatura especializada y la toma de datos en todos los casos, se realizó semanalmente. Finalmente, de las cinco morfoespecies de crisomélidos que se encontraron, solo se identificó una especie, *Diabrotica balteata* (LeConte, 1865) (Coleoptera: Chrysomelidae) y en el caso del minador de la baja fue identificado el díptero agronómico como *Liriomyza trifolii* (Burgess, 1880) (Diptera: Agramyzidae). La presencia de estos insectos en el cultivo posiblemente influya de manera positiva en la diseminación de virus en el chile habanero, ya que se observó una tendencia al aumentar estos insectos con un aumento en las plantas con síntomas de virus.

**Palabras clave:** *Diabrotica balteata*, *Liriomyza trifolii*, virosis, Loma Bonita, Oaxaca.

### Population fluctuation of chrysomelids and leafminers, and their possible relation to virosis in chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq, 1777)

**ABSTRACT.** Chile pepper cultivation is of significant economic importance in the Lower Papaloapan River Basin region. It generates on average 200 jobs / ha while obtaining low yields of 5 to 7 ton / ha. Viral diseases and insect pest attacks are the main problems affecting cultivations. The objectives of this study were to identify (1) the complex of chrysomelids and leafminers, (2) their population fluctuation, and (3) the fluctuation of virosis in the presence of habanero chili pepper plants that presented symptoms. The study was conducted at the Papaloapan University, Loma Bonita campus (Universidad del Papaloapan, campus Loma Bonita) with the *Spartacus* habanero hybrid at a density of 30,000 plants/ha. Taxonomic determinations of insects were performed with the use of specialized literature, and data collection in all cases was performed weekly. Finally, of the five morphospecies of chrysomelids found, the only species identified was *Diabrotica balteata* (LeConte, 1865) (Coleoptera: Chrysomelidae); and the only leafminer found was identified as *Liriomyza trifolii* (Burgess, 1880) (Diptera: Agramyzidae). The presence of these insects possibly increases the spread of virus in habanero chili pepper cultivations since a trend was observed whereby a higher population of these insects was found with plants showing greater virus symptoms.

**Keywords:** *Diabrotica balteata*, *Liriomyza trifolii*, virosis, Loma Bonita, Oaxaca.

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile es de gran importancia económica en la región del Papaloapan, se generan de 200 a 220 empleos por cada hectárea establecida, cuyos rendimientos promedios se mantienen entre 5 y 7 ton/ha (Reyes, 2007). Las enfermedades virales en los cultivos horticolas, constituyen

uno de los factores de mayor riesgo en la producción. En los últimos años, las enfermedades causadas por virus han ocasionado grandes pérdidas económicas en la producción de chile en México. Estas enfermedades se han incrementado en casi todas las zonas productoras del país (Pérez y Rico, 2004; Rico, 2002). Los crisomélidos presentan consecuencias negativas, las infestaciones se producen por la incidencia de los adultos en las hojas, y en muy pocas ocasiones se observan y relacionan las lesiones que producen las larvas en el sistema radical de las plantas, que muchas veces llegan a producir la muerte de la planta (Méndez, 2007). Otro de los principales problemas que se presenta en el cultivo de chile es el minador de la hoja (Diptera: Agromyzidae) por ser una de las principales plagas que limitan la producción de este cultivo (Pacheco, 1985). Para llevar un manejo y control de los factores que reducen la producción de chiles, es fundamental conocer la ubicación taxonómica y el comportamiento poblacional de los insectos plaga y su relación con las enfermedades virósicas de acuerdo a las condiciones climáticas que se presenten, y así establecer una planeación de medidas oportunas que ayuden a reducir pérdidas económicas. Los objetivos del presente trabajo fueron: identificar las especies de crisomélidos y minadores, así también conocer su fluctuación poblacional y su posible relación con la virosis en el cultivo de chile habanero en la región del Papaloapan de Oaxaca.

## MATERIALES Y MÉTODO

La presente investigación se realizó en el ciclo otoño-invierno (2014-2015), en las instalaciones de la Universidad del Papaloapan *campus* Loma Bonita, entre las coordenadas 18° 06' latitud norte y 95° 53' longitud oeste y altitud de 30 msnm. (INEGI, 2010). Se establecieron seis bloques de 32 plantas cada uno con una superficie de 116 m<sup>2</sup>. El trasplante se realizó a los 45 días después de la siembra, utilizando el híbrido *Spartacus* de chile habanero (*Capsicum chinense* L.) a una densidad de 30,000 plantas/ha. La fertilización consistió en tres aplicaciones de fertilizante de la fórmula 250N-100P-300K-200Ca-100Mg (Prado, 2006). De igual manera se apoyó con aplicaciones subsiguientes del foliar Bayfolan forte 1 ml/l para abastecer los requerimientos de nutrientes secundarios. Con una estación Davis Vantage PRO 2 se monitoreó la temperatura y precipitación pluvial. Posteriormente se calcularon los promedios semanales.

**Determinación taxonómica y comportamiento poblacional de los crisomélidos.** Mediante la guía de Bautista (2006) solo se identificó una especie y las demás morfoespecies fueron identificadas solo a género visualmente y catalogadas como morfoespecie 1, 2, 3 y 4 y por el momento se encuentran en proceso de identificación taxonómica. Se recolectaron al azar en seis puntos de la parcela experimental las especies de crisomélidos en estado adulto, y se conservaron en alcohol al 70 %. Se empleó un microscopio estereoscópico Carl Zeiss® Discovery V20, cámara digital AxioCam ICc5®. Para contabilizar los daños, se contaron todas las hojas que presentaron el daño por crisomélidos en cada planta marcada, con una secuencia de cada seis días, desde el establecimiento y hasta el final del daño.

**Determinación taxonómica y comportamiento poblacional del minador de la hoja.** La identificación del miembro de Agromyzidae se realizó mediante el estudio de los genitales de los machos (Palacios *et al.*, 2008). El resto de las muestras (cabeza) se deshidrataron gradualmente y se secaron por el método del punto crítico (Bozzola y Russell, 1992). El estudio y fotografías se hicieron con un microscopio Tessovar y con un Fotomicroscopio III, ambos de Carl Zeiss®, con una cámara digital para microscopía PaxCam3®. Otros ejemplares se observaron en un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6390®, para estudiar la quetotaxia de la cabeza. Los especímenes adultos de minador de la hoja se identificaron mediante claves y esquemas de los genitales del macho publicados por Palacios *et al.* (2008). Para mostrar el comportamiento de las minas, se contaron todas las hojas minadas que presentaba cada hoja de cada planta marcada, desde el

momento que se presentó la primera larva minando, revisando 30 de las plantas marcadas, a un intervalo de ocho días, finalizando con la toma de datos en la etapa de senescencia del cultivo.

**Comportamiento de la virosis.** Se contabilizaron todas las plantas que presentaron síntomas de virus, tales como: achaparramiento, enchinamiento y mosaicos, desde la primera detección. Esto se registró cada 8 días, hasta alcanzar el 100 % de infección.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Condiciones climáticas en el área de estudio.** Durante el establecimiento del cultivo se presentó un promedio de temperatura máxima de 26.7 °C. A partir de enero empezó a elevarse paulatinamente la temperatura hasta alcanzar una máxima promedio de 32 °C en abril de 2015 (Fig. 3). La lluvia fue muy abundante durante las primeras seis semanas del experimento y durante noviembre a enero se presentaron con menor abundancia. Posteriormente las lluvias empezaron a disminuir en la etapa de senescencia del cultivo (Fig. 3).

**Determinación taxonómica y comportamiento poblacional de los crisomélidos.** La única especie identificada fue *Diabrotica balteata* (Fig. 1). Las morfoespecies restantes fueron ubicadas en los géneros *Acalymna* sp., *Onopelta* sp., *Cerotoma* sp. Es importante definir que en el comportamiento poblacional fueron incluidas todas las morfoespecies colectadas en la zona de estudio.



Figura 1. Adulto de *Diabrotica balteata*. Fuente: Propia (2015).

Los daños por estos insectos empezaron a reflejarse en la cuarta semana después del trasplante, ocasionando daños en diferentes partes de la lámina foliar. SAGARPA (2005) cataloga a *D. balteata* como una especie polífaga, por la diversidad de cultivos de los que se alimenta, por esta razón es la más importante en México entre el grupo de las diabroticas. Los adultos se alimentan del follaje, haciendo perforaciones más o menos circulares en las hojas, y pueden presentarse en cualquier edad de las plantas, las larvas atacan las semillas en germinación, deformando y perforando las hojas primarias y pueden dañar el embrión (Anaya, 1991 y SAGARPA, 2005). La población aumentó al presentarse lluvias moderadas en los meses de diciembre a enero y disminuyó en épocas de sequía y con altas temperaturas de 25 °C en adelante, presentándose la mayor cantidad de daños en la tercera semana de enero y se redujo una vez infectada la mayoría de las plantas por la virosis (Fig. 3). Quijano *et al.* (2010), al estudiar a *D. virgifera* (LeConte, 1858) en el estado de Guanajuato, reportaron que la precipitación pluvial es el factor más importante para la disminución de las poblaciones de esta especie; por su parte Eben y Espinosa (2004) detectaron que las bajas precipitaciones y altas temperaturas son una de las principales causas de mortalidad de huevos y la consecuente declinación de las poblaciones de *D. virgifera*, lo cual queda respaldado también por

Martínez *et al.* (2014) en un estudio de tres especies de diabrotica en maíz, en Irapuato, Guanajuato, México.

**Determinación taxonómica y comportamiento poblacional del minador de la hoja.** El minador de la hoja se identificó como *Liriomyza trifolii*.



Figura 2. Cabeza Adulto a) Setas postocelares divergentes y vibrissas orales. b) Vista detallada de la vibrisa oral. c) Disposición de la vi interna y vt externa (vi = setas verticales de la cabeza), d) Genitales del minador Vista lateral del edeago. Fuente: Propia (2015).

La presencia de las larvas de minadores fue a los 23 días después del trasplante, alcanzando el máximo número de hojas minadas por planta en la segunda semana de diciembre con un promedio de 35 hojas minadas por planta. Las lluvias ligeras y temperaturas promedio que van de los 20 a los 23 °C, favorecieron el desarrollo de los minadores. Milla y Reitz (2005), reportaron la temperatura óptima de 25 °C para su desarrollo, coincidiendo con nuestros resultados. Durante el establecimiento del cultivo la precipitación pluvial fue abundante y quizá esta intensidad contribuyó al pausado crecimiento de la población de los minadores, ya que el estado de larva se lleva dentro del tejido vegetal, además es claro observar que al disminuir las lluvias, la presencia de minas sobre las hojas del cultivo aumentó. Lomelí *et al.* (2009) al realizar un análisis de los factores de mortalidad sobre una plaga minadora de hojas en el cultivo de café, encontraron que los factores abióticos como lluvias fuertes tienen efecto negativo en las poblaciones plaga y su comportamiento de apareamiento y ovoposición se ve afectado provocando disminuciones drásticas en su cantidad. En la presente investigación, se muestra la fluctuación en el número de minadores, el conteo en los muestreos de las hojas minadas se dejó de realizar debido a que las plantas evaluadas presentaban un mareado "enchinamiento" de hojas ocasionado por virosis, esta situación no permitió observar el daño o simplemente los minadores ya no ovopositaron en hojas con daño de virus (Fig. 3). Durante la etapa de floración y fructificación se presentaron las poblaciones más altas, quizá se debió a la mayor disposición de alimento y refugio, ésta tendencia es la misma que fue observada por Musgrave *et al.* (1975) quienes evaluaron semanalmente la fluctuación poblacional de adultos y minas de *Liriomyza* sp., en varias hortalizas, determinando el mayor porcentaje de adultos en las etapas de desarrollo y reproductivas de los cultivos y este porcentaje decrece en la etapa de senescencia. Cabe señalar que el "enchinamiento" de las hojas influyó en la población del díptero, ya que al reducirse la lámina foliar del cultivo su desarrollo se vió afectado.

**Comportamiento de la virosis.** Los síntomas aparecieron en la tercera semana después del trasplante, mostrándose "enchinamiento" en las hojas y brotes más tiernos. Durante el desarrollo del cultivo la presencia de mosquita blanca no fue significativa, ya que se presentaron lluvias considerables a finales del mes de septiembre hasta el término del mes de octubre y posteriormente estas fueron irregulares hasta los últimos días de enero. Naranjo *et al.* (2004), indicaron que la lluvia puede afectar drásticamente las poblaciones de mosquita blanca; en este mismo contexto,

posiblemente los minadores y diabroticas fueron los principales vectores de virosis, ya que a medida que aumentaba la población de ambas poblaciones de insectos, fue incrementando el número de plantas con síntomas de virus, llegando a infectarse el 100 % de las plantas a principios de marzo (Fig. 3). Zitter y Tsai (1977) demostraron que *L. sativae* (Blanchard) fue capaz de transmitir tres virus del grupo potyvirus, los adultos transmiten con éxito un aislado del virus del mosaico del apio en Florida y dos aislamientos de cada una de las cepas del virus del mosaico de la sandía y de la calabaza. Por otro lado Bradshaw *et al.* (2007) y Krell *et al.* (2004) hacen mención a Mueller y Haddox (1980) quienes definen a los crisomélidos como el principal vector del virus del moteado de la vaina del frijol (BPMV). Además, diversos estudios han demostrado que *D. balteata* es vector del patógeno causante del mosaico del enanismo del frijol y otros autores consideran que disemina también el virus del mosaico de la calabaza (Marín, 2001). Aunque en este estudio no se puede afirmar que *L. trifolii* y *D. balteata* sean los vectores de virus en Chile habanero en la zona de estudio, si deja la interrogante de que quizá la mosquita blanca no sea el único vector de virus en los cultivos de la zona.

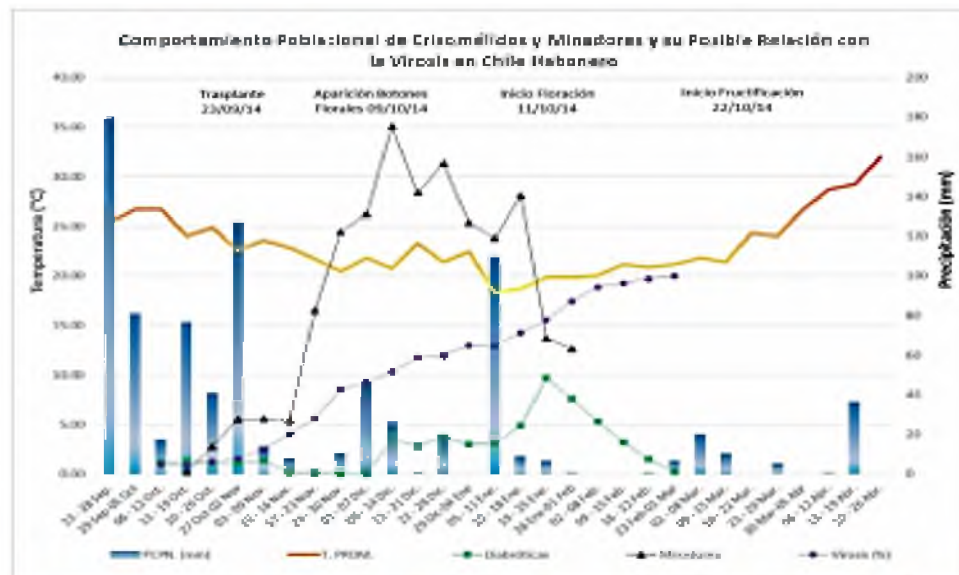


Figura 3. Comportamiento poblacional de diabroticas y minadores y su posible relación con la virosis en Chile habanero. Precipitación (PCPN). Temperatura Promedio (T. PROM.).

### CONCLUSIÓN

La única especie de diabrotica identificada fue *Diabrotica balteata*, la cual mantuvo sus poblaciones en el cultivo mientras existieron lluvias, las morfoespecies restantes solo se identificaron a género *Acalymma* sp., *Omiopelta* sp., *Ceratomya* sp. El minador de la hoja fue identificado como *Liriomyza trifolii*, en este caso mientras las lluvias fueron abundantes sus poblaciones fueron bajas. Las plantas con presencia de virosis fueron en aumento conforme las poblaciones de diabroticas y minadores aumentó. Se observó que las poblaciones de mosquita blanca en este estudio fueron bajas o nulas, lo que sugiere que otros insectos fungen como vectores.

## Literatura Citada

- Ataya, R. S. 1991. Especies del orden Coleoptera que atacan a las hortalizas. Pp. 72-117. *In: Plagas de hortalizas y su manejo en México*. Centro de Entomología, Acarología, C. P. y Sociedad Mexicana de Entomología.
- Bautista, M. N. 2006. *Insectos plaga, Una guía ilustrada para su identificación*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, estado de México. 113 p.
- Bozzola, J. J. and L. D. Russell. 1992. *Electron microscopy*. Jones and Bartlett Publishers, Carbondale, Illinois, U. S. 542 p.
- Bradshaw, J. D., Rice, M. E. and J. H. Hill. 2007. No-Choice Preference of *Cerotoma trifurcate* (Coleoptera: Chrysomelidae) to potential host plants of bean pod mottle virus (Comoviridae) in Iowa. *Journal of Economic Entomology*, 100(3): 808-814.
- Eben, A. and M. A. Espinosa. 2004. Ideas on the systematics of the genus *Diabrotica* Wilcox and other related leaf beetles. Pp. 59-73. *In: Jolivet, P., Santiago, J. A. B and M. Schunltz (Eds.). New Developments in the Biology of Chrysomelidae*. SPB Academic Publishing, Library Research Associates, The Hague, Netherlands, Walden, NY.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010. Censo de Población y Vivienda, 2010. Principales resultados por localidad (ITER). [http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/iter2010.aspx?e=27329&s=est](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?e=27329&s=est). (Fecha de consulta: 20-I-2016).
- Krell, R. K., Pedigo, L. P., Colina, J. H. and M. E. Rice. 2004. Bean leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) management for reduction of bean pod mottle virus. *Journal of Economic Entomology*, 97(2): 192-202.
- Lomelí, F. J. R., Barrera, J. F. and J. S. Bernal. 2009. Impact of natural enemies on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) population dynamics in Chiapas, México. *Biological Control*, 51: 51-60.
- Marín, J. A. 2001. *Insectos plagas del maíz. Guía para su identificación*. Folleto técnico núm. 1. INFAP. 17 p.
- Martínez, J. O. A., Salas, A. M. D., Díaz, G. J. A., Bucio, V. C. M. y S. E. Salazar. 2014. Comparación de las curvas de crecimiento poblacional de tres especies de *Diabrotica* (Coleoptera: Chrysomelidae) en maíz (*Zea mays* L.) en Irapuato, Guanajuato, México. *Southwestern Entomologist*, 39(3): 581-593.
- Méndez, B. A. 2007. Aspectos bioecológicos de *Diabrotica balteator* LeComte (Coleoptera: Chrysomelidae) en el cultivo de frijol en la zona norte de la provincia de las Tunas, Cuba. *Fitosanidad*, 11(4): 13-15.
- Milla, K. and S. Reitz. 2005. Spatial/temporal model for survivability of pea leafminer (*Liriomyza huidobrensis*) in warm climates: a case study in south Florida, USA. *European Journal of Scientific Research*, 7(5): 65-73.
- Mueller, A. J. and A. W. Haddox. 1980. Observations on seasonal development of bean leaf beetle, *Cerotoma trifurcata* (Forster) and incidence of bean pod mottle virus in Arkansas soybean. *Journal of the Georgia Entomological Society*, 15: 398-403.
- Musgrave, C. A., Poe, S. L. and D. R. Bennett. 1975. Leaf miner population estimation in polycultured vegetables. *Florida State Horticultural Society*, 7076: 56-60.
- Naranjo, S. E., Cañas, L. A. y P. C. Ellsworth. 2004. Mortalidad de *Bemisia tabaci* en un sistema de cultivos múltiples. *Horticultura Internacional: Fauna Auxiliar*, 43: 14-21.
- Pacheco, M. F. 1985. *Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California*. SARH-INIFAPCIANO-CAEVY. Libro Técnico No. 1. Cd. Obregón, Sonora, México. 414 p.
- Palacios, T. R. E., Romero, N. J., Étienne, J., Carrillo, S. J. L., Valdez, C. J. M., Bravo, M. H., Koeh, S. D., López, M. V. y A. P. V. Terán. 2008. Identificación, distribución y plantas hospederas de diez especies de Agromyzidae (Insecta: Diptera), de interés agronómico en México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 24(3): 7-32.
- Pérez, M. L. y J. E. Rico. 2004. *Virus stropatógenos en cultivos hortícolas de importancia económica en el estado de Guanajuato*. Primera edición. Universidad de Guanajuato. 143 p.

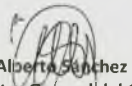
- Prado, U. G. 2006. *Tecnología de producción comercial del chile habanero (Capsicum chinense Jacq)*. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, 43 p.
- Quijano, C. J. A., López, J. C., Rodríguez, L. A. B., Hernández, M. L. Z. y V. C. Palacios. 2010. Modelos de simulación. Pp. 125–145. *In: Rodríguez, B. L. A. y M. A. Morón (Eds.). Plagas del Suelo*. Mundi-Prensa, México, D. F.
- Reyes, M. J. J. 2007. Componentes tecnológicos de impacto en chile Soledad Oaxaca. Inventario de la Cadena Agroalimentaria Chile en el C. E. Loma Bonita-CIRPS-INIFAP. Pp. 22–26.
- Rico, J. E. 2002. *Identificación de virus fitopatógenos en cultivos hortícolas de importancia económica en el Estado de Guanajuato*. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. Irapuato, Guanajuato, México. 267 p.
- SAGARPA. 2005. *Diabrotica balteata* LeConte. Programa de sanidad vegetal-SAGARPA- Celaya, Guanajuato. Ficha técnica de la diabrotica. 2 p.
- Zimer, T. A. and J. H. Tsai. 1977. Transmission of three potyviruses by the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agramyzidae). *Plant Disease Reporter*, 61(12): 1025–1029.

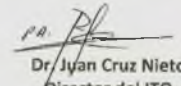
EL GOBIERNO DEL ESTADO DE OAXACA POR CONDUCTO DEL CONSEJO OAXAQUEÑO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (COCYT), EL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACYT) Y EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA (ITO)

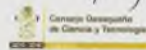
# OTORGAN RECONOCIMIENTO

a:  
**GABRIEL LÓPEZ MARTÍNEZ Y  
DIANA LÓPEZ CORONEL**

Por su destacada participación con el trabajo de investigación: “Efecto en rendimiento de Chile Soledad (*capsicum annuum l.*) Mediante diferentes fechas de poda en loma bonita, Oaxaca” durante el “4to. Encuentro de Jóvenes Investigadores” los días 10 y 11 de Noviembre de 2016 en Oaxaca de Juárez, Oaxaca.

  
Ing. Alberta Sánchez López  
Director General del COCYT

  
Dr. Juan Cruz Nieto  
Director del ITO



## **EFFECTO EN EL RENDIMIENTO DE CHILE SOLEDAD (*Capsicum annuum L.*) MEDIANTE DIFERENTES FECHAS DE PODA EN LOMA BONITA, OAXACA**

Gabriel López Martínez<sup>1\*</sup>; Rogelio Enrique Palacios Torres<sup>1</sup>; Ana Rosa Ramírez Seañez<sup>1</sup>; Diana López Coronel<sup>2</sup>; Gabriela Díaz Félix<sup>1</sup>; José Antonio Yam Tzee<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniería Agrícola Tropical. <sup>2</sup>Licenciatura en Zootecnia. Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n. C.P. 68400 Loma Bonita, Oaxaca, México.  
Asesoría académica: Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres

Contacto académico: [rogeliopalaci57@hotmail.com](mailto:rogeliopalaci57@hotmail.com), [lomg\\_1809@outlook.com](mailto:lomg_1809@outlook.com)  
Cel.: 554 647 5462, 951 180 0169

### **RESUMEN**

La producción de hortalizas es de gran importancia para el país por ser la principal fuente de ingresos, representándonos simbólicamente a nivel internacional. Recientemente se ha perdido importancia relativa en el mercado internacional, debido a la disminución de la producción por problemas fitosanitarios y de manejo, que por ende repercute en pérdida de rentabilidad. Los principales factores que afectan el proceso productivo son la incidencia de plagas y enfermedades y las prácticas de manejo. Por tal motivo, se evaluó el efecto de las podas en diferentes edades del cultivo (trasplante, 8 y 16 días después del trasplante). Se utilizó un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos. El primer corte se llevó a cabo a los 79 días y posteriormente se cosechó cada 21 días, en total se realizaron 3 cortes. No se mostraron diferencias significativas en las variables evaluadas entre los cuatro tratamientos, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), por lo tanto, la poda en el cultivo de chile soledad no tuvo ningún efecto en cuanto a rendimiento.

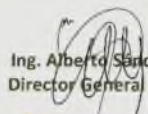
**Palabras clave:** Rendimiento, intervalos de poda, semilla criolla, *Capsicum annuum*.

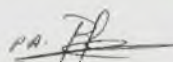
EL GOBIERNO DEL ESTADO DE OAXACA POR CONDUCTO DEL CONSEJO OAXAQUEÑO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (COCYT), EL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACYT) Y EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA (ITO)

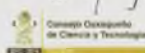
# OTORGAN RECONOCIMIENTO

a:  
**LEONEL JAVIER LÓPEZ Y  
GABRIEL LÓPEZ MARTÍNEZ**

Por su destacada participación con el trabajo de investigación: “**Comportamiento morfológico de chile habanero con fertilización orgánica y química, bajo invernadero en Loma Bonita, Oaxaca**” durante el “**4to. Encuentro de Jóvenes Investigadores**” los días 10 y 11 de Noviembre de 2016 en Oaxaca de Juárez, Oaxaca.

  
Ing. Alberto Sánchez López  
Director General del COCYT

  
Dr. Juan Cruz Nieto  
Director del ITO



## COMPORTAMIENTO MORFOLÓGICO DE CHILE HABANERO CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA, BAJO INVERNADERO EN LOMA BONITA, OAXACA

Gabriel López Martínez<sup>1</sup>, Ana Rosa Ramírez Seañez<sup>1</sup>, Leonel Javier López<sup>1\*</sup>, Rogelio Enrique Palacios Torres<sup>1</sup>, José Antonio Yam Tzec<sup>1</sup>, Diana López Coronel<sup>2</sup>, Gabriela Díaz Félix<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Agrícola Tropical. <sup>2</sup>Licenciatura en Zootecnia. Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n, Ciudad Universitaria. Loma Bonita Oaxaca, México. C.P. 68400.

Asesoría académica: Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres

Contacto académico: rogeliopalaci57@hotmail.com y lomg\_1809@outlook.com

Cel.: 554 647 5462 y 951 180 0169

### RESUMEN

Debido a la importancia que tiene el cultivo de chile habanero como condimento en México y en otros países, por la generación de divisas y fuentes de empleo, principalmente en los estados del sur del país, así como la escasez de tecnología de producción y manejo agronómico, se estableció como objetivo el estudio morfológico del cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* L.) variedad jaguar bajo invernadero en clima tropical, en sustratos: arena, humus de lombriz y mezcla (arena:grava:humus, v:v:v), con fertilización orgánica y humus de lombriz y mezcla (arena:grava:humus, v:v:v) con fertilización inorgánica con la aplicación de los nutrientes cada tercer día, obteniendo un total de ocho tratamientos. Los tratamientos con sustrato humus y mezcla con fertilización química en etapa de plántulas y fertilización orgánica a partir del trasplante mostraron el mejor resultado en todas las variables morfológicas y en todas las edades.

**Palabras clave:** *Capsicum chinense*, variables morfológicas, sustratos orgánicos.