



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**EVALUACIÓN DE SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO
DE CHILE (*Capsicum* spp.)**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

PRESENTA

GLORIA DEL CARMEN ANDRÉS MORA

DIRECTOR DE TESIS

DR. SIGFRIDO DAVID MORALES FERNÁNDEZ

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre de 2023



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**EVALUACIÓN DE SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO
DE CHILE (*Capsicum* spp.)**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

PRESENTA

GLORIA DEL CARMEN ANDRÉS MORA

DIRECTOR DE TESIS

DR. SIGFRIDO DAVID MORALES FERNÁNDEZ

ASESORES

DRA. DELIA MORENO VELÁZQUEZ

DR. LUIS ANTONIO DOMINGUEZ PERALES

DR. J. REFUGIO TOBAR REYES

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre de 2023.

La presente tesis titulada: **Evaluación de sustratos en el crecimiento y desarrollo de chile (*Capsicum spp.*)** y realizada por **Gloria del Carmen Andrés Mora**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: Dr. Sigfrido David Morales Fernández

Asesor: Dra. Delia Moreno Velázquez

Asesor: Dr. Luis Antonio Domínguez Perales

Asesor: Dr. J. Refugio Tobar Reyes

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre de 2023.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: **BUAP-CA-313** **Manejo integral de cultivos agrícolas** y de la Línea de Investigación: **Cambios fisiológicos, fisicoquímicos y bioquímicos en el manejo de cultivos y productos hortofrutícolas**. Dicho trabajo, fue financiado por: con recursos propios.

DEDICATORIA

Se lo dedico con todo mi amor y cariño a mi mamá, gracias por tu esfuerzo, por escuchar y estar presente en todo el proceso que involucró la realización de mi investigación.

A mi papá, por todo, por el empeño que siempre has dado y darme lo poco o mucho de conocimientos que sabe de la parte de campo y demás áreas, los amo mucho.

A mis compañeros y amigos que hice durante mi formación, a Mary, por darme siempre esa chispa de seguir adelante y prepararse más, de saber más el porqué de todo y por su amistad, asimismo a Emma, por ser un mi buen amigo, por todos los malos y buenos recuerdos que tenemos, a Adri, por tu amistad, y todos los momentos que pasamos dentro y fuera de la facultad.

A Belem, por las risas, chistes y ser parte de estos meses que fue de la investigación y por lo que sigue.

A Maribel, por todos los consejos que me dio, por su ayuda y por llegar a ser una buena persona dentro de mi vida, por su amistad. Gracias.

A todas las personas que se acercaron a mí, para darme consejos, las risas y por la convivencia.

“Tienes que hacer las cosas que crees que no puedes hacer”
-Eleanor Roosevelt.

AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por haberme permitido ser parte de su institución.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias por el apoyo de todos los maestros, los espacios necesarios para lograr el objetivo.

Al Dr. Sigfrido David Morales Fernández por haberme dado la oportunidad y apoyo de realizar mi tema de investigación, la disponibilidad de tiempo y la confianza que me brindó en todo momento, pero sobre todo por compartirme sus conocimientos y la motivación personal, muchísimas gracias Doctor.

A la Dra. Delia Moreno Velázquez por su contribución de la revisión de mi trabajo y estar al pendiente de todo.

Al Dr. Luis Antonio Domínguez Perales por su apoyo brindado, por sus cursos impartidos, consejos y por ser parte de la revisión y de la investigación.

Al Dr. J. Refugio Tobar Reyes por las aportaciones valiosas en la revisión del trabajo y sus enseñanzas.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 Origen del género <i>Capsicum</i>	5
4.2 Taxonomía del género <i>Capsicum</i>	5
4.3 Descripción botánica.....	6
4.4 Especies del género <i>Capsicum</i>	6
4.4.1 Género <i>Capsicum annuum</i>	6
4.4.2 Género <i>Capsicum chinense</i>	6
4.4.3 Género <i>Capsicum frutescens</i>	7
4.4.4 Género <i>Capsicum pubescens</i>	7
4.5 Importancia.....	7
4.6 Crecimiento del cultivo.....	8
4.6.1 Crecimiento en grados días de desarrollo (GDD).....	8
4.7 Rendimiento y componentes.....	9
4.8 Sustratos.....	9
4.9 Características generales de los sustratos.....	9
4.10 Características de los principales sustratos.....	9
4.10.1 Tierra de monte.....	9
4.10.2 Turba (Peat moss)	10

4.10.3 Perlita.....	10
4.11 Características de las variedades.....	10
4.11.1 Jalapeño.....	10
4.11.2 Mirasol.....	10
4.12 Estudios de sustratos en <i>Capsicum</i>	10
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
5.1 Sitio experimental.....	12
5.2 Material vegetal.....	12
5.3 Manejo del cultivo.....	13
5.4 Diseño experimental.....	14
5.5 Variables evaluadas.....	15
5.5.1 Días y grados días (GD) a iniciación floral.....	15
5.5.2 Días y grados días (GD) a amarre de fruto.....	15
5.5.3 Días y grados días (GD) a madurez fisiológica.....	15
5.5.4 Días y grados días (GD) en los periodos vegetativo y reproductivo.....	15
5.6 Durante la cosecha.....	15
5.6.1 Peso del fruto por planta (PFP).....	15
5.6.2 Número de frutos (NFR).....	15
5.6.3 Peso promedio del fruto (PPF).....	15
5.6.4 Longitud del fruto (LFR).....	16
5.6.5 Diámetro del fruto (DFR).....	16
5.6.6 Altura final de la planta (AFP).....	16
5.6.7 Materia seca total (MST).....	16
5.7 Análisis estadístico.....	16
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
6.1 Temperatura.....	17
6.2 Análisis de varianza de fenología, rendimiento y biomasa.....	17
6.3 Comparación múltiple de medias para las variables fenológicas, rendimiento y biomasa total.....	18
6.3.1 Genotipo.....	18
6.3.2 Sustrato.....	20

6.4 Comparación de medias para la interacción genotipos por sustratos.....	20
6.4.1 Fenología.....	20
6.4.2 Rendimiento y biomasa total.....	22
VII. CONCLUSIÓN.....	24
VIII. LITERATURA CITADA.....	25

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Colectas de chile utilizados en la investigación.....	13
Cuadro 2. Tratamientos estudiados en la investigación.....	14
Cuadro 3. Cuadrados medios para las variables de fenología, rendimiento y sus componentes y biomasa total en el cultivo de chile (<i>Capsicum</i> spp.)...	18
Cuadro 4. Comparación en las variables fenológicas, rendimiento y biomasa total para los factores genotipos y sustratos.....	19
Cuadro 5. Efecto de la interacción genotipo por sustrato durante el periodo vegetativo y reproductivo.....	21
Cuadro 6. Efecto de la interacción genotipo por sustrato en los periodos vegetativo y reproductivo del cultivo de chile (<i>Capsicum</i> spp.).....	22
Cuadro 7. Efecto de la interacción genotipo por sustrato sobre las variables de rendimiento y sus componentes y biomasa total en el cultivo de chile (<i>Capsicum</i> spp.).....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Localización del sitio experimental.....	12
Figura 2. Genotipos evaluados en la investigación. A) Criollo tipo Jalapeño y B) Mirasol rugoso.....	13
Figura 3. Sustratos empleados en la investigación. A) Tierra de monte, B) Turba y C) Perlita.....	14
Figura 4. Comportamiento de las temperaturas del aire en condiciones de invernadero durante las etapas fenológicas del cultivo de chile.....	17

RESUMEN

El chile (*Capsicum* spp.) es un cultivo de gran importancia por su valor comercial, originario de América del sur, por lo que crece en condiciones cálidas y frescas originando diversidad genética de tipos de chiles, en forma, color y tamaño del fruto. Los sustratos son de origen orgánico e inorgánicos que proporcionan anclaje o soporte del sistema radicular a las plantas, entre los más utilizados el Peat Moss, ya sea solo o combinados, influyendo en el crecimiento y desarrollo de las plantas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento y desarrollo de dos genotipos de chile como respuesta a la siembra en diferentes mezclas de sustratos. Se estableció bajo el diseño completamente al azar con arreglo factorial (sustrato y genotipo) con cuatro repeticiones en condiciones de invernadero. Se evaluaron los días y grados día a iniciación floral, amarre de fruto, madurez fisiológica y en los periodos vegetativo y reproductivo, peso de fruto por planta, número de frutos, peso promedio del fruto, longitud y diámetro del fruto, altura de la planta final y materia seca total. Los resultados obtenidos indican que, el genotipo Mirasol requirió 40 y 21 % mayor número de días a periodo vegetativo y reproductivo, respectivamente. Sin embargo, criollo tipo Jalapeño tuvo el ciclo biológico más precoz y registró el mayor peso del fruto (385 g), peso promedio del fruto (12.8 g), longitud (5.7 cm) y diámetro del fruto (3.0 cm). La mezcla de sustrato relación 2:1:1 tuvo 50 y 53 % mayor peso de frutos por planta que la 1:1:1 y 1:2:2, siendo el peso promedio, diámetro y longitud del fruto los componentes que mayor contribución tuvieron con el rendimiento.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., rendimiento, grados día, fenología, mezclas.

ABSTRACT

The chili pepper (*Capsicum* spp.) is a crop of great importance for its commercial value, originating in South America, so it grows in warm and cool conditions, giving rise to genetic diversity of types of chili peppers, in shape, color and size of the fruit. The substrates are of organic and inorganic origin that provide anchorage or support of the root system to the plants, among the most used the Peat Moss, either alone or combined, influencing the growth and development of the plants. The objective of this research was to evaluate the growth and development of two chili pepper genotypes in response to planting in different substrate mixtures. It was established under the completely randomized design with factorial arrangement (substrate and genotype) with four replicates under greenhouse conditions. The days and degrees of day to flower initiation, fruit tie-down, physiological maturity and in the vegetative and reproductive periods, fruit weight per plant, number of fruits, average fruit weight, fruit length and diameter, height of the final plant and total dry matter were evaluated. The results obtained indicate that the Mirasol genotype required 40 and 21 % more days in the vegetative and reproductive periods, respectively. However, the Creole jalapeño had the earliest biological cycle and recorded the highest fruit weight (385 g), average fruit weight (12.8 g), length (5.7 cm) and fruit diameter (3.0 cm). The 2:1:1 substrate mix had 50 and 53 % higher fruit weights per plant than the 1:1:1 and 1:2:2 mixtures, with the average weight, diameter and length of the fruit being the components that contributed the most to yield.

Keywords: *Capsicum annuum* L., yield, degree days, phenology, mixtures.

I. INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum* spp.) es un cultivo de gran importancia en el mundo por su valor comercial, es originario de América del sur, y está conformado por 30 especies, de las cuales *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense* y *C. baccatum* han sido domesticadas en México (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999). El género *Capsicum* crece en condiciones cálidas y frescas lo que ha originado una gran diversidad genética de tipos de chile para fines culinarios e industriales (González-Chavira *et al.*, 2023).

La especie *C. annuum* es una de las más importantes desde el punto de vista económico, se cultiva en todo el mundo con una amplia diversidad de forma, color y tamaño del fruto, a esta pertenecen los tipos de chiles conocidos como “poblano”, “guajillo”, “jalapeño”, “serrano”, “piquín”, entre otros (Hernández-Verdugo, 2018).

En el cultivo de chile, el crecimiento y desarrollo puede ser medido por una serie de etapas fenológicas que involucran una serie de sucesos que permiten identificar periodos críticos que pueden condicionar la producción. Entre las etapas de mayor importancia se encuentran la iniciación floral, amarre de fruto, madurez fisiológica y madurez comercial (Morales-Fernández *et al.*, 2020), su duración puede ser determinada por el genotipo, ambiente y la interacción genotipo por ambiente (Gurung *et al.*, 2011). Las especies con algún proceso de mejora como las variedades o híbridos presentan ciclos biológicos de cuatro a cinco meses, en contraste, a las de tipo silvestre, en el que su periodo de siembra a la madurez comercial puede ser mayor de ocho meses (Pérez-Grajales y Castro-Brindis, 2008).

Los sustratos en la horticultura pueden ser de origen orgánico e inorgánico cuya función es proporcionar el anclaje o soporte del sistema radicular de las plantas. Entre los más utilizados en la producción a escala comercial se encuentra el Peat Moss o turba, sin embargo, en la actualidad se están evaluando nuevas alternativas ya sea solos o combinados (López-Baltazar *et al.*, 2013).

Algunos estudios sobre la influencia de los sustratos en el crecimiento y rendimiento de chile indican que el uso de la mezcla de vermicomposta, composta con bagazo de maguey y bagazo de maguey mezcalero produjeron una mayor altura, diámetro de tallo y número de hojas en plantas de *Capsicum* (López-Baltazar *et al.*, 2013). Asimismo, Nafarrate-Ramos *et al.* (2016) al evaluar arena, suelo arcilloso arenoso y un sustrato compuesto por arena con suelo arcilloso y compost, obtuvieron una mejora en el crecimiento y desarrollo de chile.

Otras investigaciones hechas en chile jalapeño cultivado en diferentes sustratos indicaron que la mezcla de turba, perlita y vermiculita, fueron las que produjeron un mayor vigor y emergencia de plántulas (Arellano-Rodríguez *et al.*, 2018).

Por lo anterior y con el propósito de disponer de mayor información relacionada con la producción de chile, el objetivo fue evaluar la fenología y el rendimiento de dos genotipos de chile como respuesta al establecimiento en cuatro mezclas de sustratos.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el crecimiento y desarrollo de dos genotipos de chile como respuesta a la siembra en diferentes mezclas de sustratos.

2.2. Objetivos específicos

Determinar la ocurrencia en grados día de las etapas fenológicas de dos tipos de chile en cuatro mezclas de diferentes sustratos.

Determinar el rendimiento y sus componentes de dos genotipos de chile sembrados en cuatro combinaciones de sustrato.

Determinar el contenido de materia seca acumulada de dos genotipos de chile.

III. HIPÓTESIS

El uso de diferentes mezclas de sustrato repercute de manera diferencial en el crecimiento y rendimiento de los genotipos de chile.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen del género *Capsicum*

Todas las especies del género *Capsicum* son originarias del Centro y Sudamérica. Brasil representa la mayor diversidad de especies silvestres pertenecientes al género *Capsicum*, pero disminuye a medida que se alejan de esta región de la siguiente manera: 11 en Brasil, 8 en Bolivia y Argentina, 7 en Perú y Ecuador, 6 en Colombia y 4 en México. No se puede determinar con certeza cuales son las características originales de *Capsicum*, lo que hace que sea imposible identificar con precisión cual especie es su ancestro. Sin embargo, se podría considerar que su lugar de origen se encuentra en la región occidental del Amazonas, que incluye Bolivia y el norte de Argentina, así como las regiones en el centro y sur de Brasil (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999).

México es uno de los principales centros de origen y domesticación del género *Capsicum*, principalmente la especie *annuum*. Esto se evidencia mediante hallazgos arqueológicos de semillas en el valle de Tehuacán, que datan de hace 8500 años (Evans, 1993).

En la mayoría de los genotipos silvestres los frutos crecen hacia arriba y son de colores llamativos. Esto atrae a las aves que, al consumir los frutos, contribuyen a la dispersión de las semillas y al evacuar durante el vuelo permiten que la planta crezca en nuevas zonas. Por otro lado, el fruto de los genotipos domesticados tiende a colgar, lo que hace que sea de mayor tamaño y evita que las aves lo consuman; estos frutos están reservados para el consumo humano y su propagación depende de gran medida de la intervención humana (Vela, 2009).

Su uso tiene una amplia gama, como condimento o verdura, tanto en su forma natural como en productos industrializados, como salsas, enlatados, secos, en polvo o conservados. En diferentes culturas, se ha empleado como afrodisiaco, remedios caseros y de rituales. Los chiles rojos, especialmente los de mayor picor y secos son ricos en vitamina A, mientras que los chiles dulces y frescos son una buena fuente de vitamina C (Long-Solís, 1986; Reddy *et al.*, 2014).

4.2. Taxonomía del género *Capsicum*

El género *Capsicum* pertenece al filo *Magnoliophyta*, clase *Magnoliopsida*, orden *Solanales*, a la familia *Solanaceae* y subfamilia *Solanoideae* (Nuez *et al.*, 1996; Olmstead *et al.*, 2008) además incluye 26 especies silvestres y 5 especies que han sido domesticadas y

cultivadas, las cuales incluyen a *C. annuum* (jalapeño, serrano, piquín, mirasol, de árbol), *C. baccatum*, *C. chinense* (habanero) y *C. pubescens* (manzano) (López-Riquelme, 2003).

4.3. Descripción botánica

La especie *annuum* es una planta de ciclo anual y generalmente alcanza una altura de 0.50 a 1 m. Sus flores son pequeñas, solitarias y raramente se encuentran en grupos de dos a tres en cada nudo del tallo, la corola es de color blanca y un pedúnculo que se dirige hacia abajo (Aldana, 2001).

El tallo principal es rígido, y a cierta altura se divide en dos a tres ramificaciones, aunque este patrón puede variar según la variedad, mientras que los tallos secundarios se bifurcan al desarrollar hojas nuevas (Aldana, 2001). Las hojas tienen forma lanceolada, se desarrollan de forma alterna en el tallo, sin pubescencia y tienen un pedúnculo alargado, el color de las hojas varía desde un verde brillante hasta uno más oscuro, dependiendo de la variedad (Ríos, 2012).

El fruto es una baya hueca, durante el crecimiento es verde y en la madurez son de color rojo, amarillo o naranja. Tiene diversas formas y pueden alcanzar longitudes que oscilan entre 5 a 25 cm, las semillas se encuentran adheridas en el centro del fruto (placenta), son de color blanco crema a amarillo y tienen una forma redonda y un tamaño pequeño de 3.0 a 5.0 mm (Ríos, 2012).

4.4. Especies del género *Capsicum*

4.4.1. Género *Capsicum annuum*

Esta especie es la más importante dentro del género, debido a su gran diversidad en tamaño, genética, formas y color. Algunos de los tipos más importantes se encuentran: Jalapeño, Poblano, Serrano, *Anaheim*, *Bell pepper* (Bobadilla-Larios *et al.*, 2017). Existen otros tipos de importancia regional que, en ocasiones, las adaptan a diferentes condiciones ambientales por parte de las comunidades regionales y poseen un alto potencial para su uso directo y como fuente de germoplasma en programas de mejoramiento (Montes-Hernández *et al.*, 2010).

4.4.2. Género *Capsicum chinense*

Su origen proviene del Amazonas, con una amplia adaptabilidad en suelos y climas, tiene gran variabilidad en tamaño, forma y color que van de amarillos, naranja o rojos, esto se atribuye a la acumulación de compuestos carotenoides, siendo de sus rasgos más

característicos (Lannes *et al.*, 2007). El chile habanero (*C. chinense*) ha sido una parte fundamental de la dieta de la población de Yucatán durante mucho tiempo y se ha valorado como condimento desde la época prehispánica, debido a esta importancia, el chile habanero ha recibido el reconocimiento de denominación de origen de la península de Yucatán (Pozo-Campodónico *et al.*, 1991; Martínez, 2000).

4.4.3. Género *Capsicum frutescens*

El genotipo representativo de esta especie es el “Tabasco”, que se utiliza para producir la conocida salsa “Tabasco” (Montes *et al.*, 2006). Se encuentra ampliamente distribuido en el estado de Tabasco y tiene un ciclo anual, suele crecer en las orillas de carretera, campos al aire libre, huertos familiares. Su principal uso es para el consumo, la venta local y como condimento en platos tradicionales del estado (Castañón-Nájera *et al.*, 2008).

4.4.4. Género *Capsicum pubescens*

Es de las únicas especies que no tiene formas silvestres, sin embargo, está relacionada con *C. cardenasassi* y *C. eximium*. Tiene una gran diversidad en forma de tipo pera, cuadrados a manzana, colores del fruto que van del amarillo al rojo y su crecimiento es intermedio (Pérez-Grajales y Castro-Brindis, 2008).

4.5. Importancia

El chile (*Capsicum* spp.) es uno de los cultivos más importantes en México y en el mundo por su gran diversidad de especies y variedades, significado cultural, económico y gastronómico (Bobadilla-Larios *et al.*, 2017). Su utilización se remonta desde los tiempos prehispánicos de las culturas hasta la época colonial (Hernández-Verdugo, 1999).

Los chiles se clasifican por su color, tamaño y grado de picor, es decir, en picantes, con frutos pequeños y dulces con frutos grandes (Pérez-Castañeda, 2015). Dentro de las variantes en la especie *Capsicum annum* hoy en día se pueden identificar genotipos híbridas, de polinización libre y nativos (Bobadilla-Larios *et al.*, 2017).

China es líder en la producción con 16, 749, 718 t, seguido de China Occidental con 16, 721, 690 t, México con 2, 584, 143 t e Indonesia con 2, 747, 018 t. Estos tres países representan el 61.5 % de la producción en el mundo (FAOSTAT, 2021).

En México el chile presenta una gran variación en los volúmenes de producción, Chihuahua como principal estado productor de chile verde produjo 575, 814 t, seguido de Sinaloa con 432, 854 t, Zacatecas con 424, 848 t, San Luis Potosí 330, 926 t y Michoacán 125,

938 t. En los meses de septiembre a noviembre se tiene mayor producción en comparación con marzo y junio, donde disminuye, teniendo así el 82.2 % en producción a cielo abierto, 10 % en malla sombra y 7.8 % en invernadero (SIAP, 2021).

4.6. Crecimiento del cultivo

La fenología involucra el estudio de los fenómenos biológicos asociados a ciertos ritmos periódicos o fases que ocurren en las plantas en la relación con las condiciones ambientales de la región donde se desarrollan. En su ciclo biológico, las plantas experimentan cambios perceptibles o no y que están directamente relacionados con el genotipo, el ambiente (temperatura, luz y fotoperíodo) en las que se desarrollan y la interacción entre estos (Mundarain *et al.*, 2005).

En las etapas de crecimiento del cultivo de chile, algunos autores las clasifican en vegetativa y reproductiva, en tanto que otros las particularizan e indican que a lo largo del ciclo biológico del cultivo se pueden identificar a las etapas de iniciación floral, amarre de fruto, madurez fisiológica y madurez comercial (Soto-Ortiz y Silvertooth, 2008; Morales-Fernández *et al.*, 2020).

El desarrollo de las plantas de chile y la durabilidad de las etapas fenológicas están influenciadas por el genotipo y su interacción. En la especie *Capsicum annuum* su ciclo biológico es de cuatro a cinco meses, a diferencia de otras especies de tipo silvestre, en las que el periodo de establecimiento a la madurez comercial puede ser mayor de ocho meses (Pérez-Grajales y Castro-Brindis, 2008).

4.6.1. Crecimiento en grados día de desarrollo (GDD)

La temperatura es el factor más importante que influencia la duración de las diferentes etapas fenológicas del cultivo (Tewari y Sing, 1993) y es considerado como el componente de mayor relevancia en la tasa de crecimiento en las plantas (Machado *et al.*, 2006).

La identificación de las etapas fenológicas críticas y como éstas interaccionan con factores ambientales en una región, permite aplicar prácticas agronómicas que potencialicen la producción de los diferentes cultivos (Prabhakar *et al.*, 2007).

Los grados-día de desarrollo (Growing Degree Days) o unidades térmicas (Heat Units) son una de las formas empleadas para evaluar el crecimiento del cultivo de chile, estos índices permiten prever la madurez fisiológica, la fecha de cosecha y el momento de siembra y en general, el inicio de todas las etapas de desarrollo. Sin embargo, la acumulación de GDD para

cada etapa fenológica puede ser afectada por la carga genética de las especies (Clay *et al.*, 2006; Phadnawis y Saini, 1992; Qadir *et al.*, 2007).

4.7. Rendimiento y componentes

En *Capsicum*, el rendimiento se define como el producto del peso de frutos por el número de estos, entre sus componentes se encuentran el peso promedio de frutos, número de frutos, longitud y diámetro del fruto (Morales-Fernández *et al.*, 2020), caracteres que dependen del genotipo, ambiente y la interacción genotipo por ambiente (Gurung *et al.*, 2011).

4.8. Sustratos

Los sustratos son de material diferente al suelo y pueden ser de origen orgánico, mineral o combinados, los cuales, al ser colocados en contenedores, permiten el anclaje y soporte del sistema radicular. Se clasifican en inertes (arena, grava, roca volcánica, perlita y vermiculita) dando solo soporte a la planta y activos (turbas, compostas, vermicomposta, fibras) permitiendo la adsorción y fijación de nutrientes (Pastor-Sáez, 1999).

4.9. Características generales de los sustratos

Las principales características para favorecer el crecimiento y desarrollo de la planta son las físicas como la densidad aparente y real, granulometría, porosidad total, agua fácilmente disponible, agua de reserva, capacidad de contenedor y capacidad de aire (Martínez y Roca, 2011).

Las características químicas importantes para la interacción del sustrato y la solución nutritiva aplicada son la capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), pH y baja salinidad, mientras las biológicas son desde el contenido de materia orgánica, la actividad biológica y velocidad de descomposición en base a la población microbiana y condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato (Pastor-Sáez, 1999).

4.10. Características de los principales sustratos

4.10.1. Tierra de monte

Es de los sustratos mayormente empleados en la producción, constituido por restos de hojas y ramas, son de textura fina, fijan nutrientes como N, P, K, Ca y Mg, con buena retención de humedad, materia orgánica del 60 %, pH ácido, capacidad de intercambio catiónico alta, varía su contenido de sales y capacidad amortiguadora (Hernández y Jiménez, 2003).

4.10.2. Turba (Peat moss)

Es un material de origen natural de humus y descomposición vegetal, clasificadas en turbas rubias (*Sphagnum*) y turbas negras, fue de los primeros sustratos comerciales en ser utilizados para los cultivos sin suelo. Las turbas rubias tienen un mayor contenido de materia orgánica en comparación de las negras, posee buena capacidad de retención de agua, densidad aparente de 0.06 a 0.1 g·cm⁻³, densidad real de 1.35 g·cm⁻³, espacio poroso total de 94 (volumen %), alta capacidad de intercambio catiónico, baja salinidad y un pH entre 3.5 a 8.5 (Fernández *et al.*, 1998).

4.10.3. Perlita

Este sustrato proviene de materiales volcánicos y se caracteriza por ser inerte. Su pH oscila en la escala de neutro (7) a ligeramente alcalino (8.5 a 9), tiene baja salinidad, baja capacidad de intercambio catiónico (1.5-2.5 me1/100g), baja capacidad tampón, densidad aparente (0.143 g·cm⁻³), porosidad total del 85.9 %, capacidad retención de agua fácilmente disponible del 24.6 %, capacidad de aireación del 2.1 % (Baixauli y Aguilar, 2002).

4.11. Características de las variedades

4.11.1. Jalapeño

El chile Jalapeño lleva el nombre por ser la ciudad de Jalapa, México, el sitio en el que tradicionalmente se produjo esta especie del género *Capsicum*. Los frutos son gruesos, forma cónica, son de color verde oscuro, rojos en la madurez y muy picantes. Los principales usos son como especia y condimento, en su madurez se secan y se tiene como producto final el chile conocido como “Chipotle” (Bosland y Votava, 2000).

4.11.2. Mirasol

Es una especie que pertenece al grupo de los llamados mirasol, guajillo y cascabel, y su nombre se debe a que el pedúnculo y el fruto crece hacia arriba, “mirar el sol”. Los frutos son translucidos y delgados. El tipo “mirasol”, tiene frutos erectos entre 7 a 10 cm de largo, 1 a 2 cm de ancho y ligeramente curvados (Bosland y Votava, 2000).

4.12. Estudios de sustratos en *Capsicum*

Arellano-Rodríguez *et al.* (2018) determinaron el mejor sustrato para la obtención de plántula en dos variedades de chile jalapeño y cuatro tipos de sustratos comerciales: Promix GTX (turba), Promix FLX, Sunshine y Berger BM2 (mezcla de turba de musgo, perlita y

vermiculita). Entre sus resultados, reportaron que el mayor vigor y emergencia de las plántulas correspondió al sustrato Berger BM2.

Beltrán-Morales *et al.* (2016) evaluaron el crecimiento en seis variedades de chile jalapeño en los sustratos arena con estiércol solarizado, arena con vermicomposta y arena con perlita, los resultados demostraron que la vermicomposta suministró todos los nutrientes para el crecimiento y sus componentes.

López-Baltazar *et al.* (2013) evaluaron el efecto de los sustratos sobre la germinación y crecimiento de las plantas de chile “onza” establecidas en turba, vermicomposta, vermicomposta con composta de bagazo de maguey mezcalero, y composta de bagazo de maguey mezcalero, los resultados indicaron que en la vermicomposta con bagazo de maguey y en composta con bagazo de maguey se obtuvieron una mayor altura de planta, número de hojas por planta y diámetro del tallo.

Mejía *et al.* (2023) evaluaron los sustratos turba, vermiculita y una mezcla de turba con vermiculita (2:1 v/v), en la producción de plántulas de pimiento morrón. Los resultados indicaron que en el sustrato a base de turba registró el mayor porcentaje de emergencia de las plántulas.

Nafarrate-Ramos *et al.* (2016) evaluaron la producción de chile Anaheim en los sustratos a) arena, b) 49.21 % arena, 11.07 % limo y 39.72 % arcilla y c) 40 % arena, 40 % arcilla-arena con 20 % composta. Los resultados indicaron que las variables de rendimiento y sus componentes (altura de la planta, grosor de tallo, botones florales, número de flores), tuvieron un mejor crecimiento y desarrollo en el sustrato 40 % arena, 40 % arcilla-arena y 20 % composta.

Romero-Viacava y Tenorio-Bautista (2023) estudiaron el crecimiento y la producción en dos variedades de chile habanero y cuatro mezclas de sustrato (tierra de cultivo (1:0), tierra de cultivo con tierra negra y arena (3:2:1), tierra de cultivo con estiércol de cuy (3:1) y tierra de cultivo con tierra negra con arena y estiércol de cuy (3:2:1:1). Los resultados indicaron que el mayor crecimiento y desarrollo se presentó en la mezcla a base de tierra de cultivo con estiércol de cuy.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Sitio experimental

La presente investigación se realizó en condiciones de invernadero (120 m²) en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (Figura 1), localizada en San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla (19°52'32'' LN y 97°21'38'' LO), a 1676 msnm, con una precipitación promedio anual de 1100 a 1500 mm y una temperatura promedio de 14 a 20°C (INEGI, 2023).



Figura 1. Localización del sitio experimental

5.2. Material vegetal

Las colectas de los dos genotipos (Figura 2) fueron realizadas en el municipio de Hueyapan y sus principales características se presentan en el cuadro 1.

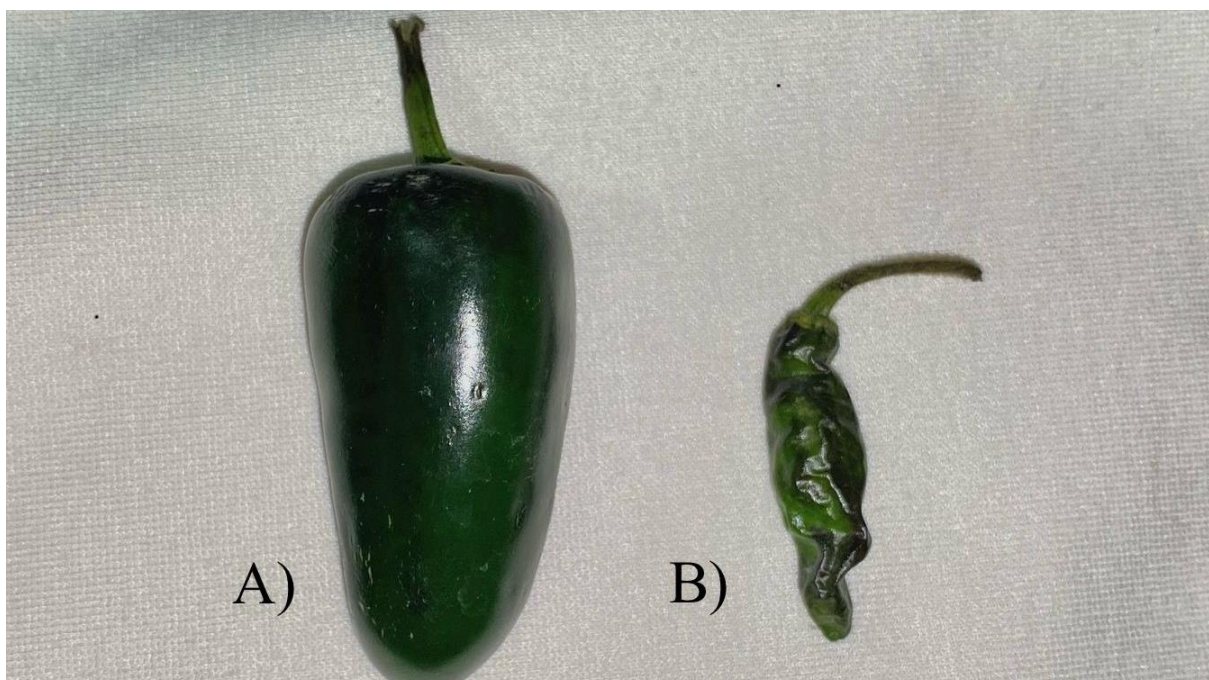


Figura 2. Genotipos evaluados en la investigación. A) Criollo tipo Jalapeño y B) Mirasol rugoso.

Cuadro 1. Colectas de chiles utilizados en la investigación.

Nombre común	Longitud ^Y (cm)	Peso ^Z (g)	Procedencia
Chile criollo tipo Jalapeño	5.5 ^{Y,Z}	106.6	Hueyapan
Chile Mirasol	4.9	14.4	Hueyapan

^{Y,Z} Valores promedios de 10 frutos; la longitud de los frutos se realizó de la parte basal a la apical.

Morales-Fernández *et al.* (2020)

5.3. Manejo del cultivo

Las semillas de los dos genotipos fueron extraídas de frutos de chiles maduros y secadas a la sombra. La siembra se realizó en macetas de plástico de 7'', color negro, con capacidad de un litro y con el sustrato de tierra de monte, aproximadamente 20 semillas por cada genotipo.

Una vez que las plántulas presentaron de 4 a 8 hojas, fueron trasplantadas en bolsas de polietileno bicolor (blanco y negro) calibre 600 de tamaño 40 x 40 cm, las cuales se llenaron con diferentes proporciones de sustratos de tierra de monte, turba y perlita.

Las bolsas se colocaron a una separación de 1 m entre filas y 0.5 m entre plantas, respectivamente; en cada bolsa se aplicaron 10 g de la fórmula de fertilización 200-75-100-20-10 de N, P, K, Ca y Mg. El riego se aplicó de manera manual, a partir del trasplante hasta la

iniciación floral se aplicaron tres litros cada quince días, de inducción floral hasta madurez fisiológica se regó con tres litros cada tercer día.

5.4. Diseño experimental

La investigación se estableció bajo el diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Los ocho tratamientos (Cuadro 2), resultaron de la combinación de los factores genotipos con dos niveles: chile criollo tipo Jalapeño y Mirasol y el factor proporción de sustratos con cuatro niveles relaciones 1:1:1, 2:1:1, 1:2:2 y 2:2:1 (v/v/v), de tierra de monte, turba y perlita (Figura 3), respectivamente. Tomando como unidad experimental una planta.

Cuadro 2. Tratamientos estudiados en la investigación.

Tratamiento	Factores	
	Genotipos	Sustrato
1	Criollo tipo Jalapeño	1:1:1
2	Criollo tipo Jalapeño	2:1:1
3	Criollo tipo Jalapeño	1:2:2
4	Criollo tipo Jalapeño	2:2:1
5	Chile Mirasol	1:1:1
6	Chile Mirasol	2:1:1
7	Chile Mirasol	1:2:2
8	Chile Mirasol	2:2:1

(Elaboración propia)

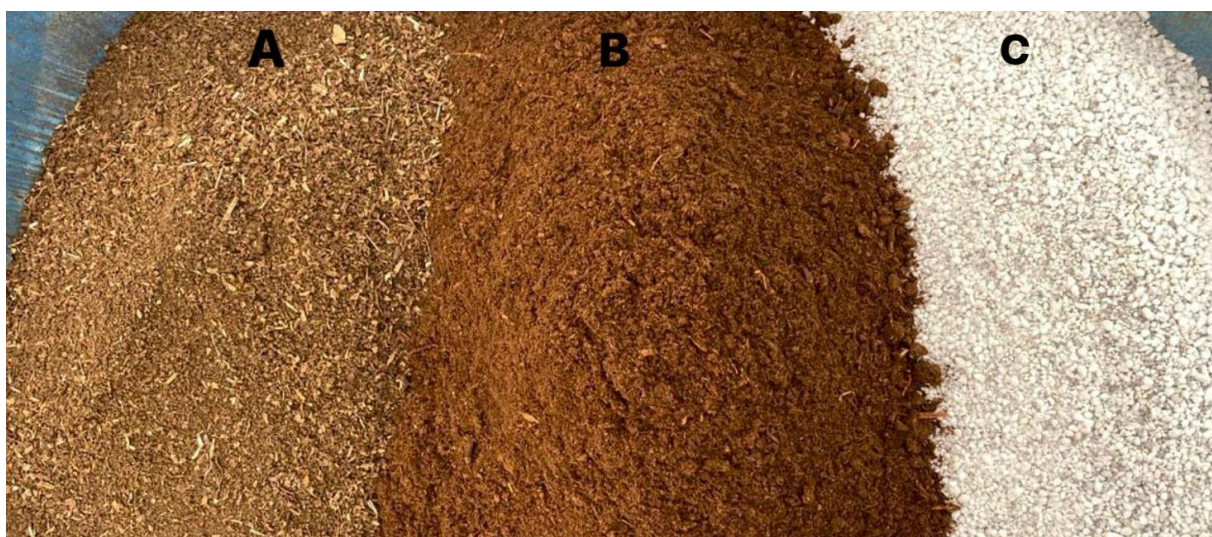


Figura 3. Sustratos manejados en la investigación. A) Tierra de monte, B) Turba y C) Perlita.

5.5. Variables evaluadas

El número de días y grados día (GD) se determinaron de acuerdo con la metodología propuesta por Morales-Fernández *et al.* (2020), a partir del trasplante de los genotipos en las bolsas y hasta el inicio de cada etapa fenológica. Para ello, a la temperatura media diaria se le restó la temperatura base del cultivo que en este caso fue de 10 ° C.

5.5.1. Días y grados días (GD) a iniciación floral

Se consideró como el momento en que se desarrolló el primer botón floral sin apertura de la flor en todas las unidades experimentales.

5.5.2. Días y grados días (GD) a amarre de fruto

Se determinó cuando se presentó un marchitamiento, secado y desprendimiento de la corola, permaneciendo solo el gineceo en desarrollo.

5.5.3. Días y grados días (GD) a madurez fisiológica

Momento en el que ocurrió la máxima acumulación de materia seca de los primeros frutos, acompañados de un color verde característico, y registraron el máximo crecimiento en longitud y grosor.

5.5.4. Días y grados días (GD) en los periodos vegetativo y reproductivo

El periodo vegetativo se determinó como el tiempo transcurrido desde el trasplante hasta la aparición del primer botón floral, mientras que, el reproductivo consideró el intervalo entre la aparición del primer botón floral hasta la madurez fisiológica de los primeros frutos.

5.6. Durante la cosecha

5.6.1. Peso del fruto por planta (PFP)

Se determinó en 30 frutos de cada unidad experimental, mediante una balanza digital marca High Power.

5.6.2. Número de frutos (NFR)

Se obtuvo al considerar los frutos cosechados de cada unidad experimental (Morales-Fernández *et al.*, 2020).

5.6.3. Peso promedio del fruto (PPF)

Se obtuvo al dividir el peso de cada unidad experimental entre el número de frutos cosechados.

5.6.4. Longitud del fruto (LFR)

La longitud del fruto se determinó en 30 frutos, medidos desde la parte basal hasta la parte apical, mediante un vernier digital marca Pie de Rey.

5.6.5. Diámetro del fruto (DFR)

Se realizó en la parte media de 30 frutos, entre la parte basal y apical, mediante un vernier digital marca Pie De Rey.

5.6.6. Altura final de la planta (AFP)

Se consideró desde la base del tallo hasta la última rama totalmente extendida de cada unidad experimental, mediante un flexómetro marca Pretul.

5.6.7. Materia seca total (MST)

De cada unidad experimental se colocaron las hojas, tallos, y raíces en bolsas de papel de 15 x 41 cm, las cuales se llevaron a una estufa de secado a 60 °C durante 72 horas, hasta peso constante.

Se registró el peso de la materia seca de hojas, tallos y raíz, mediante una balanza analítica marca Ohaus, con el cual se obtuvo la materia seca total.

5.7. Análisis estadístico

Los datos generados en todas las variables respuesta fueron sometidos a análisis de varianza y pruebas de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el programa estadístico SAS, versión 9.0 (SAS, 2004).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Temperatura

La temperatura del aire registrada en el interior del invernadero fue fluctuante durante el ciclo de crecimiento de las plantas (Figura 4). Las temperaturas máximas estuvieron en el rango de 25 a 45 °C, mientras que las mínimas de 15 a 20 °C. La temperatura media vario de 20 a 32 °C, condición que las ubica dentro del rango optimo reportado Mhadavi *et al.* (2016) para el crecimiento de chile, que son de 25 a 30 °C. En contraste, cambios de temperatura por debajo de 15 °C, afecta el periodo vegetativo y reproductivo, causando disminución en el rendimiento.

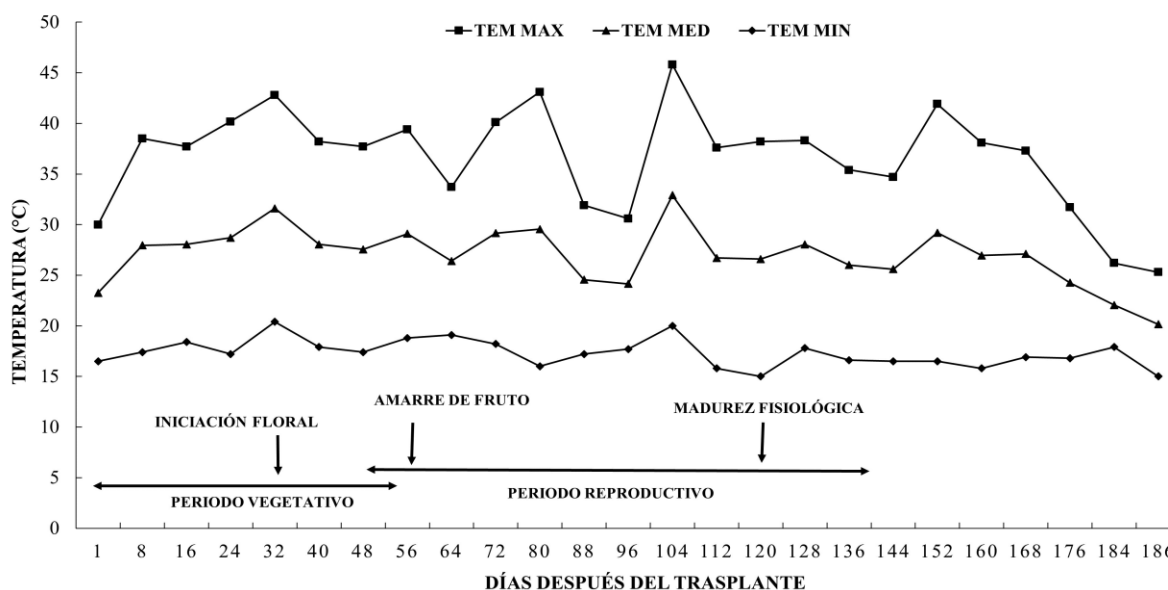


Figura 4. Comportamiento de las temperaturas del aire en condiciones de invernadero durante las etapas fenológicas del cultivo de chile.

6.2. Análisis de varianza de fenología, rendimiento y biomasa

Los análisis estadísticos de las variables fenológicas indicaron que para el factor genotipos y la interacción genotipos por sustratos, presentaron efectos altamente significativos en todas las variables analizadas. Un comportamiento similar se observó con el factor sustratos, ya que desde los días a iniciación floral (DIF) hasta grados día en el periodo vegetativo (GDPV) mostraron efectos significativos (Cuadro 3). Estos resultados indican que las diferentes relaciones de mezcla de sustrato afectaron de manera significativa el comportamiento de las variedades (Beltrán-Morales *et al.*, 2016).

El rendimiento expresado en peso de frutos por planta (PFP) y sus componentes (PPF, LFR y DFR) mostró efectos altamente significativos en el factor genotipos, en cuanto a la interacción genotipo por sustrato no se observaron evidencias significativas, situación similar para el factor sustrato. Estos resultados indican que la expresión genotípica de los materiales y las condiciones ambientales afectaron el comportamiento del PFP, PPF, LFR y DFR (Cruz-Crespo, 2014).

Cuadro 3. Cuadrados medios para las variables de fenología, rendimiento y sus componentes y biomasa total en el cultivo de chile (*Capsicum spp.*).

Variables	Fuentes de variación			Error	C.V (%)
	Genotipo	Sustrato	Genotipo*Sustrato		
DIF	731.8**	42.9*	225.5**	10.5	6.4
GDIF	313318.4**	15693.5*	76397.7**	3546.4	6.2
DAF	495.0**	63.7*	270.1**	15.0	6.1
GDAF	178313.3**	20017.7*	83717.7**	4931.2	5.9
DMF	2224.6**	184.7*	256.0**	30.0	3.7
GDMF	539000.6**	170887.4**	69485.2**	7832.8	3.3
DPV	731.8**	42.9*	225.2**	10.5	6.4
GDPV	313318.4**	15693.5*	76397.7**	3546.4	6.2
DPR	361.0**	96.8 ^{ns}	55.2 ^{ns}	35.6	6.1
GDPR	32100.6 ^{ns}	26849.8 ^{ns}	13902.4 ^{ns}	9351.8	5.7
PFP (g)	570742.2**	364.7 ^{ns}	142.1 ^{ns}	469.7	9.7
PPF (g)	634.8**	0.4 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.5	9.6
LFR (cm)	16.2**	0.05 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.2	11.2
DFR (cm)	29.9**	0.01 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.03	9.6
AFP (cm)	269.1 ^{ns}	1879.0**	475.2*	150.3	12.6
MST (g)	70.5 ^{ns}	155.8*	238.0**	18.2	20.2

^{ns}, *, **: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

CV: Coeficiente de variación.

DIF: días a iniciación floral; GDIF: grados días a iniciación floral; DAF: días a amarre de fruto; GDAF: grados días a amarre de fruto; DMF: días a madurez fisiológica; GDMF: grados días a madurez fisiológica; DPV: días a periodo vegetativo; GDPV: grados días a periodo vegetativo; DPR: días a periodo reproductivo; GDPR: grados días a periodo reproductivo; PFP: peso del fruto por planta; PPF: peso promedio del fruto; LFR: longitud del fruto; DFR: diámetro del fruto; AFP: altura final de la planta; MST: materia seca total.

6.3. Comparación múltiple de medias para las variables fenológicas, rendimiento y biomasa total

6.3.1. Genotipo

El análisis de la fenología y el rendimiento mostró diferencias entre genotipos (Cuadro 4), el chile Mirasol fue el más tardío ($P \leq 0.05$), puesto que requirió 12 días (DPV) y 249 grados día (GDPV) más durante el periodo vegetativo que criollo tipo Jalapeño, condición similar a lo reportado por Mendoza-Pérez *et al.* (2020), quienes obtuvieron 1116 GDPV, lo que pudo ser

debida a la carga genética de las especies (Mundarain *et al.*, 2005). Un comportamiento similar se observó para el número de días (DAF) y grados día (GDAF) a amarre de fruto, ya que también Mirasol fue el que requirió un mayor número de DAF (10) y GDAF (190) que el tipo Jalapeño, mientras que, para el periodo reproductivo (DPR), el chile Mirasol requirió 10 días más durante este intervalo, resultados que concuerdan con Toledo-Aguilar *et al.* (2011) quienes indican que para alcanzar los DPR, se requiere de 78 a 109 días.

El PFP fue 87 % mayor que criollo Jalapeño que en Mirasol, en donde el peso promedio de fruto (PPF), diámetro de fruto (DFR) y longitud de fruto (LFR) fueron los componentes que mayor contribución aportaron al rendimiento, lo que concuerda con lo reportado por Moreno-Pérez *et al.* (2011) al indicar que los componentes se encuentran directamente relacionados con el rendimiento.

Cuadro 4. Comparación de medias en las variables fenológicas, rendimiento y biomasa total para los factores genotipos y sustratos.

VARIABLES	GENOTIPOS			SUSTRATOS				
	C.JALAPEÑO	MIRASOL	DMSH	1:1:1	2:1:1	1:2:2	2:2:1	DMSH
DIF	45.4b ^Z	57.0a	2.9	49.8ab	48.0b	50.6ab	54.4a	5.7
GDIF	843.3b	1083.0a	54.6	946.9ab	898.8b	943.4ab	1022.8a	104.8
DAF	59.0b	69.0a	3.7	60.8a	62.0a	63.7a	68.0a	7.3
GDAF	1101.6b	1291.4a	68.7	1143.3a	1160.9a	1184.2a	1267.8a	133.2
DMF	140.0b	163.6a	6.0	154.6a	137.6b	141.6b	153.8a	11.2
GDMF	2489.2b	2856.3a	97.3	2728.2a	2447.7b	2497.8b	2708.0a	181.9
DPV	45.4b	57.0a	2.9	49.8ab	48.0b	50.6ab	54.4a	5.7
GDPV	834.3b	1083.0a	54.6	946.9ab	898.8b	943.4ab	1022.8a	104.8
DPR	94.6b	104.1a	6.5	104.2a	95.6a	93.8a	96.8a	12.2
GDPR	1645.9a	1735.5a	106.4	1777.2a	1669.6a	1609.6a	1644.2a	198.8
PFP (g)	369.5a	46.0b	19.7	184.7bc	374.4a	175.9c	218.0b	39.1
PPF (g)	12.3a	1.5b	0.6	6.1bc	12.4a	5.8c	7.2b	1.2
LFR (cm)	5.5a	3.8b	0.4	4.6b	5.7a	4.5b	4.6b	0.9
DFR (cm)	2.9a	0.6b	0.1	1.6b	3.0a	1.6b	1.7b	0.3
AFP (cm)	99.5a	93.6a	9.3	103.8ab	89.0bc	113.7a	79.2c	17.2
MST (g)	23.1a	18.9a	4.9	20.9ab	22.2ab	28.2a	13.0b	9.6

^Z Valores con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

DIF: días a iniciación floral; GDIF: grados días a iniciación floral; DAF: días a amarre de fruto; GDAF: grados días a amarre de fruto; DMF: días a madurez fisiológica; GDMF: grados días a madurez fisiológica; DPV: días a periodo vegetativo; GDPV: grados días a periodo vegetativo; DPR: días a periodo reproductivo; GDPR: grados días a periodo reproductivo; PFP: peso de fruto por planta; PPF: peso promedio de fruto; LFR: longitud de fruto; DFR: diámetro de fruto; AFP: altura final de la planta; MST: materia seca total; Tierra de monte: Turba: Perlita (1:1:1, 2:1:1, 1:2:2, 2:2:1).

6.3.2. Sustrato

Un sustrato adecuado para el crecimiento de las plantas resulta de la relación entre sus características físicas, químicas y biológicas. En la presente investigación, los genotipos de chile cultivados en el sustrato relación 2:1:1 (tierra de monte: turba: perlita) requirieron menor número ($P \leq 0.05$) de DIF y grados día a iniciación floral (GDIF) (Cuadro 4) en comparación con la mezcla de sustrato 2:2:1, ya que necesitó 11 y 12 % mayor número de DIF y GDIF para alcanzar la iniciación floral, lo que resultó en una mayor duración del periodo vegetativo. Resultados que ponen de manifiesto el efecto significativo que producen las mezclas de sustratos en el crecimiento de las plantas (Puerta *et al.*, 2012). La mezcla de sustratos 2:1:1 y 1:2:2 requirieron 9 % menor número de días (DMF) y grados día (GDMF) a la madurez fisiológica con respecto a los otros tratamientos, resultados que indican la importancia del tipo de sustrato y la proporción de éstos en el crecimiento y desarrollo de chile (Nafarrate-Ramos *et al.*, 2016).

El PFP en la mezcla de sustratos relación 2:1:1 fue 50 y 53 % mayor ($P \leq 0.05$) que en las mezclas 1:1:1 y 1:2:2, condición debida a un mayor PPF, DFR y LFR. Este comportamiento refleja la importancia del aporte nutrimental de los sustratos a las plantas que, aunado a un buen manejo del cultivo, el rendimiento podría incrementarse de manera significativa (Fortis-Hernández *et al.*, 2012).

6.4. Comparación de medias para la interacción genotipos por sustratos

6.4.1. Fenología

El análisis conjunto entre genotipos y sustratos indicó que Mirasol con los sustratos relación 1:2:2 y 2:2:1 tuvieron en general el ciclo de cultivo más tardío con respecto a los demás tratamientos, ya que requirieron 24 % mayor número de DMF y GDMF (Cuadro 5), lo que pudo atribuirse a un mayor tiempo (días y grados día) requerido en el inicio de las etapas de iniciación floral y amarre del fruto, además del factor genético de las variedades (Morales-Fernández *et al.*, 2020).

Cuadro 5. Efecto de la interacción genotipo por sustrato durante el periodo vegetativo y reproductivo.

GENOTIPO	SUSTRATO	DIF	GDIF	DAF	GDAF	DMF	GDMF
Criollo Jalapeño	1:1:1	51.6bcd ^Z	964.9bc	64.0bc	1190.0bcd	150.3abc	2666.3abc
Criollo Jalapeño	2:1:1	42.0de	778.1de	56.0cd	1050.7de	137.6cd	2447.7cd
Criollo Jalapeño	1:2:2	37.6e	688.8e	49.0d	914.5e	126.0d	2248.7d
Criollo Jalapeño	2:2:1	50.3cd	941.6cd	63.6bc	1188.8bcd	146.3bc	2594.3bc
Mirasol	1:1:1	48.0cd	928.8cd	57.6cd	1096.6cde	161.0ab	2821.0ab
Mirasol	2:1:1	57.0abc	1079.9abc	71.0ab	1326.1abc	-	-
Mirasol	1:2:2	63.6a	1198.1a	78.5a	1453.9a	165.0a	2869.5ab
Mirasol	2:2:1	60.5ab	1144.6ab	74.5ab	1386.4ab	165.0a	2878.5a
DMSH		9.9	181.9	12.8	232.0	17.5	283.1

^Z Valores con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

DIF: días a iniciación floral; GDIF: grados días a iniciación floral; DAF: días a amarre de fruto; GDAF: grados días a amarre de fruto; DMF: días a madurez fisiológica; GDMF: grados días a madurez fisiológica; Tierra de monte: Turba: Perlita (1:1:1, 2:1:1, 1:2:2, 2:2:1).

El PPF mostro un comportamiento diferencial al comparar el efecto de la interacción de genotipos por sustratos (Cuadro 7). El genotipo criollo Jalapeño en la mezcla 2:1:1 tuvo 7% mayor longitud del fruto (LFR) que en la mezcla 2:2:1, resultados que concuerdan con Galeote-Cid *et al.* (2022), quienes obtuvieron en longitud de fruto entre 5.6 a 6.4 cm en sustratos orgánicos, y 5.3 cm en sustrato inerte, sin embargo, Mirasol con la mezcla 1:2:2 tuvo 2% mayor altura final de la planta (AFP) que criollo Jalapeño, resultados que difieren de lo reportado por Moreno *et al.* (2014), obteniendo alturas de 46.4 a 50.8 cm.

La duración de los periodos vegetativo y reproductivo fue fluctuante entre los diferentes tratamientos (Cuadro 6), el genotipo criollo tipo Jalapeño con la mezcla de sustrato 1:2:2 fue quien registró los intervalos de DPV, GDPV, DPR y grados día en el periodo reproductivo (GDPR) más corto entre todos los genotipos, situación que lo ubica como un tratamiento fenológicamente precoz y que muestra el efecto diferencial de los sustratos en el crecimiento y desarrollo de las plantas de chile (Cabanzo-Atilano *et al.*, 2020).

Cuadro 6. Efecto de la interacción genotipo por sustrato en los periodos vegetativo y reproductivo del cultivo de chile (*Capsicum* spp.).

GENOTIPO	SUSTRATO	DPV	GDPV	DPR	GDPR
Criollo Jalapeño	1:1:1	51.6bcd ^z	964.9bc	98.6ab	1701.6ab
Criollo Jalapeño	2:1:1	42.0de	778.1de	95.6ab	1669.6ab
Criollo Jalapeño	1:2:2	37.6e	688.8e	88.3b	1559.6b
Criollo Jalapeño	2:2:1	50.3cd	941.6cd	96.0ab	1652.6ab
Mirasol	1:1:1	48.0cd	928.8cd	112.5a	1890.5a
Mirasol	2:1:1	57.0abc	1079.9abc	-	-
Mirasol	1:2:2	63.6a	1198.1a	102.0ab	1684.5ab
Mirasol	2:2:1	60.5ab	1144.6ab	98.0ab	1631.5ab
		9.9	181.9	19.1	309.3

^z Valores con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

DPV: días a periodo vegetativo; GDPV: grados días a periodo vegetativo; DPR: días a periodo reproductivo; GDPR: grados días a periodo reproductivo; Tierra de monte: Turba: Perlita (1:1:1, 2:1:1, 1:2:2, 2:2:1).

6.4.2. Rendimiento y biomasa total

El análisis de los dos genotipos en las cuatro mezclas de sustrato indicó que, sin importar la relación de las mezclas de sustrato, el genotipo criollo Jalapeño presentó 87 % mayor PFP que Mirasol, atribuido a un mayor PPF, LFR y DFR (Cuadro 7). Al respecto, algunas investigaciones destacan la importancia del peso promedio y el diámetro del fruto (Moreno-Pérez *et al.*, 2011; Morales-Fernández *et al.*, 2020), además del número de frutos por planta (López-Gómez *et al.*, 2020) como los principales caracteres que mejoran el rendimiento de chile, lo que en la presente investigación ocurrió con el genotipo criollo Jalapeño.

La altura final de la planta (AFP) tuvo un comportamiento diferencial entre tratamientos, en general, las mezclas de sustrato en las proporciones 2:1:1 y 2:2:1 sin considerar al factor genotipos, fueron los que mostraron una tendencia ($P \leq 0.05$) a reducir la altura de planta, lo que indica el grado de adaptabilidad que pueden exhibir los genotipos cuando son evaluados en diferentes tipos y proporciones de sustrato (Moreno *et al.*, 2014).

Cuadro 7. Efecto de la interacción genotipo por sustrato sobre las variables de rendimiento y sus componentes y biomasa total en el cultivo de chile (*Capsicum spp.*).

GENOTIPO	SUSTRATO	PPF (g)	PPF (g)	LFR (cm)	DFR (cm)	AFP (cm)	MST (g)
Criollo Jalapeño	1:1:1	367.0a ^z	12.2a	5.5a	3.0a	99.0ab	15.3bcd
Criollo Jalapeño	2:1:1	374.4a	12.4a	5.7a	3.0a	98.7ab	34.6a
Criollo Jalapeño	1:2:2	355.0a	11.8a	5.5a	2.9a	112.2a	26.9abc
Criollo Jalapeño	2:2:1	385.2a	12.8a	5.3ab	2.9a	88.2ab	15.8bcd
Mirasol	1:1:1	48.0b	1.5b	3.8bc	0.6b	108.7a	26.5abcd
Mirasol	2:1:1	-	-	-	-	76.0b	9.7d
Mirasol	1:2:2	41.7b	1.3b	3.8c	0.6b	115.2a	29.4ab
Mirasol	2:2:1	50.8b	1.7b	3.8bc	0.5b	70.2b	10.2cd
DMSH		60.8	2.0	1.5	0.5	29.4	16.9

^z Valores con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

PPF: peso de fruto por planta; PPF: peso promedio de fruto; LFR: longitud de fruto; DFR: diámetro de fruto; AFP: altura final de la planta; MST: materia seca total; Tierra de monte: Turba: Perlita (1:1:1, 2:1:1, 1:2:2, 2:2:1

En el contenido de materia seca total (MST) fue significativamente mayor ($P \leq 0.05$) en chile criollo tipo Jalapeño con la mezcla 2:1:1, debido a una mayor acumulación de materia seca en la parte aérea, ya que se relaciona las hojas con la calidad y cantidad sobre la adaptación de las plantas (Puerta *et al.*, 2012), datos que indican que la materia seca se ve afectada por el tipo de sustrato (Valles *et al.*, 2009).

VII. CONCLUSIONES

Los grados día en las etapas fenológicas se ven afectados por la expresión genética de las variedades y las mezclas de sustratos, en la presente investigación, la mayor duración en el ciclo biológico del genotipo Mirasol, no repercutió en un mayor rendimiento, ya que criollo tipo Jalapeño fue el que presentó el mayor peso de frutos por planta.

La mezcla de sustratos relación 2:1:1 fue la que presentó el mayor peso de frutos por planta, siendo el peso promedio, diámetro y longitud de frutos los componentes que más contribuyeron con el rendimiento.

En general, el genotipo criollo tipo Jalapeño, fue el que presentó mayor precocidad durante su ciclo biológico y mayor rendimiento, independientemente de la mezcla de sustratos.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aldana A. 2001. Enciclopedia Agropecuaria Terranova. Bogotá: Terranova.
- Arellano-Rodríguez L. J., García-López, J. C., Rodríguez-Guzmán, E y Padilla-García, J. M. 2018. Evaluación de cuatro sustratos sobre la producción de plántula de chile jalapeño (*Capsicum annuum*). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 5 (16):18-21.
- Baixauli S. C y Aguilar J. M. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos Prácticos y Experiencias. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. 1a ed. Valencia, España. 110 p.
- Beltrán-Morales F. A., García-Hernández J. L., Ruiz-Espinoza F. H., Valdez-Cepeda R. D., Preciado-Rangel P., Fortis-Hernández M y González-Zamora A. 2016. Efecto de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 3 (7):143-149.
- Bobadilla-Larios V., Esparza-Ibarra, E., Delgadillo-Ruíz L., Gallegos-Flores P y Ayala-Lujan J. L. 2017. Variedades de chile (*Capsicum annuum* L.) identificadas mediante marcadores RAPD. Tropical and Subtropical Agroecosystems 20 (3):465-473.
- Bosland P. W and Votava E. J. 2000. Peppers: Vegetable and Spice *Capsicums*. Crop Production Science in Horticulture 12. CAB International Publishing. Wallingford, Inglaterra, Reino Unido, 204
- Cabanzo-Atilano I., Rodríguez-Mendoza M. N., Almaraz-Suarez J. J y Gutiérrez-Castorena M. 2020. La biofertilización y nutrición en el desarrollo de plántulas de chile serrano. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 11 (4):699-712.
- Castañón-Nájera G., Latournerie-Moreno L., Mendoza-Elos M., Vargas-López A., y Cárdenas-Morales H. 2008. Colección y caracterización de chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. Phyton-Revista Internacional de Botánica Experimental 77:189-202.
- Clay P. A., K. M. Young and E. R. Taylor. 2006. Effects of heat unit accumulation on cotton defoliation, lint yield and fiber quality. Arizona Cotton Report. pp:245-250.
- Cruz-Crespo E., Can-Chulim A., Bugarín-Montoya R., Pineda-Pineda J., Flores-Canales R., Juárez-López P y Alejo-Santiago G. 2014. Concentración nutrimental y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. Revista Fitotecnia Mexicana 37 (3):289-295.
- Evans L. T. 1993. Crop Evolution, Adaptation and Yield. Cambridge, University Press. pp:71.

- Fernández M. M., Aguilar M. I., Carrique J. R., Tortosa J., García C., López M y Pérez J. M. 1998. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. 5a. ed. Sevilla. pp:84-87.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization). 2021. Países productores de Chile. En línea: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>. Consultado el 07/09/2023.
- Fortis-Hernández M., Preciado-Rangel, P., García-Hernández J. L., Navarro A., Antonio-González J y Omaña J. M. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de Chile morrón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3 (6):1203-1216.
- Galeote-Cid G., Cano-Ríos P., Ramírez-Ibarra J. A., Nava-Camberos U., Reyes-Carrillo J. L y M. G. Cervantes V. 2022. Comportamiento del Chile Huacle (*Capsicum annuum* L.) con aplicación de compost y *Azospirillum* sp. en invernadero. *Terra Latinoamericana* 40:1-12.
- González-Chavira M. M., Guerrero-Aguilar B. Z., Pons-Hernández J. L., Escobedo-Landín M. D. L. Á., García-Reyna J. F y Mora-Avilés M. A. 2023. Inducción de embriones androgénicos y regeneración de plantas haploides en genotipos experimentales de Chile poblano a través de cultivo de anteras. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 14 (2):277-287.
- Gurung T., Techawongstien S., Suriharn B. and Techawongstien S. 2011. Impact of environments on the accumulation of capsaicinoids in *Capsicum* spp. *HortScience* 46(12):1576- 1581.
- Hernández F y Jiménez, O. 2003. Uso de la tierra de hoja en la producción de planta ornamental: caso Xochimilco. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Estado de México. 106 p.
- Hernández-Verdugo S. 2018. El Chile silvestre ecología, evolución y genética. Colegio de Postgraduados. 1a (ed), Texcoco, Estado de México. 158 p.
- Hernández-Verdugo S., P. Dávila A y K. Oyama. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64:65-84.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2023. Carta topográfica. E14B15 Teziutlán. Escala 1:50 000. Dirección General de Geografía, México. En línea: <https://www.inegi.org.mx/temas/topografia/#descargas>. Consultado el 12/11/2023.

- Lannes S. D., Finger, F. L., Schuelter, A. R and Casali W. D. 2007. Grown and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. *Scientia horticulturae* 112 (3):266-270.
- Long-Solis J. 1986. *Capsicum* y Cultura: La historia del Chilli. Fondo de Cultura Económica. México. 203 p
- López-Baltazar J., Méndez-Matías A., Pliego-Marín L., Aragón-Robles E y Robles-Martínez M. L. 2013. Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4 (6):1139-1150.
- López-Gómez J. D., Sotelo N., Villegas-Torres O. G y Andrade M. 2020. Rendimiento y calidad de chile habanero en respuesta a la poda de conducción y régimen nutrimental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11 (2):315-325.
- López-Riquelme G. O. 2003. Chilli: La Especie del Nuevo Mundo. *Ciencia* 69:66-75.
- Mhadavi R. K., Shivashankara K.S., Geetha G. A and Pavithra K. C. 2016. Capsicum (Hot pepper and bell pepper). *In: Abiotic stress physiology of horticultural crops*. Srinivasa, N. K., Shivashankara, K. S and Laxman, R. H. (eds). Springer, India. pp: 151-166.
- Machado B., M. R. Prioli., A. B. Gatti and V. J. Mendes. 2006. Temperature effects on seed germination in races of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Scientiarum Agronomy* 28 (2):155-164. .
- Martínez P. F y Roca, D. 2011. Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. *In: Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo*. Universidad Nacional de Colombia (ed). 1a. pp: 37-77.
- Martínez V. R. 2000. Estudio morfológico de 34 poblaciones de chile (*C. annuum* y *C. chinense*) en Yucatán. Tesis de licenciatura. ITA No. 2. Conkal, Yucatán. 44 p.
- Mejía P. M. A., Beltrán M. P. I., Pérez N. D., Morales R. C., Núñez P. H. G y G. M. Ruiz A. 2023. Sustratos y soluciones nutritivas en la producción de plántulas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Jóvenes En La Ciencia*. 21. 1-8.
- Mendoza-Pérez C., Ramírez-Ayala C., Ojeda-Bustamante W y Flores-Magdaleno H. 2017. Estimación del índice de área foliar y rendimiento del cultivo del chile poblano cultivado en invernadero. *Ingeniería agrícola y biosistemas* 9 (1):37-50.
- Montes H. S., M. Ramírez M., H. Villalón M., T. Medina M., A. Morales C., E. Heredia G., J. M. Soto R., R. López de L., A. Cardona E y H. L. Martínez T. 2006. Conservación y

- aprovechamiento sostenible de chile silvestre (*Capsicum* spp., *Solanaceae*) en México. In: López L. P y S. Montes H. (eds). Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto. México. (Libro Científico Núm. 1. pp:71-134.
- Montes-Hernández S., P. López- López, S. Hernández-Verduzco y M. Ramírez-Meraz. 2010. Recopilación y análisis de la información existente de las especies del género *Capsicum* que crecen y se cultivan en México (informe final). Campo Experimental Bajío, Campo Experimental Valles Centrales, Campo Experimental Sur de Tamaulipas INIFAP- Escuela de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Dentro del Proyecto “Generación y recopilación de información de las especies de las que México es centro de origen y diversidad genética”, financiado por la Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables (DGSPRNR), perteneciente a la SEMARNAT y coordinado por la CONABIO. CONABIO. México D.F.
- Morales-Fernández S. D., Moreno Velázquez D., Trinidad de Jesús S., Vázquez-Cruz F., Ibáñez-Martínez A., y Tobar-Reyes J. R. 2020. Fenología y contenido de capsaicinoides en chile producidos en condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11 (3):663-675.
- Moreno-Pérez E., Mora., Sánchez C y García-Pérez V. 2011. Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 17 (SPE2): 5-18.
- Moreno R. A., Rodríguez N., Reyes J. L., Márquez-Quiroz C y Reyes 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.
- Mundarain M. C. S., Coa M y Cañizares A. 2005. Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de ají dulce (*Capsicum frutescens* L.). *Revista Científica UDO Agrícola* 5 (1):62-67.
- Nafarrate-Ramos D., Sánchez-Soto B. H., Núñez-Ramírez F., Lugo-García G. A., Sarabia-Perea V. R y Buelna-Tarín S. 2016. Anaheim Pepper (*Capsicum annuum* L.)

- Production on Substrates under Greenhouse conditions. Open Access Library Journal 3 (6):1-6.
- Nuez V. F., Ortega G. R y Costa G. J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajés. Mundi-Prensa. 1a (ed). pp.23- 26.
- Olmstead R. G., Bohs L., Migid H. A., Santiago-Valentin E., García V. F y Collier S. M. 2008. A molecular phylogeny of the *Solanaceae*. *Taxon* 57 (4):1159-1181.
- Pastor-Sáez J. 1999. Utilización de sustratos en viveros. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo, A. C. 17 (3):231-235.
- Pérez-Castañeda L. M., Castañón-Nájera G., Ramírez-Meraz M y Mayek-Pérez N. 2015. Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética de *Capsicum* spp. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 2 (4):117-128.
- Pérez-Grajales M. y Castro-Brindis R. 2008. El chile manzano. Universidad Autónoma de Chapingo (UACH). 1a ed. Texcoco, Estado de México. 128 p.
- Phadnawis B. N and Saini A. D. 1992. Yield models in wheat base don sowing time and phenological developments. *Ann. PI Physiol.* 6:52-59.
- Pozo-Campodónico O., S. Montes H. y E. Redondo J. 1991. El chile (*Capsicum* spp.). *In: Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México, pp. 217-238*
- Prabhakar B. N., Halepyati A. S., Desai B. K and Pujari B. T. 2007. Growing degree days and photo thermal units accumulation of wheat (*Triticum aestivum* L. and *T. durum* Desf.) genotypes as influenced by dates of sowing. *Karnataka. Journal of Agricultural Sciences* 20 (3):594-595.
- Puerta A. C. E., Russián L. T y C. A. Ruiz S. 2012. Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) en sustratos orgánicos a base de mezclas de fibra de coco. *Revista científica UDO Agrícola* 12 (2):298-306.
- Qadir M., Wichelns, D., Raschid-Sally L., Minhas P. S., Drechsel P., Bahri A and McCornick P. 2007. Agricultural use of marginal-quality wáter-opportunities and challenges. *In: 26 D. Molden (ed). Water for food, Water for a life: A Comprehensive Assessment the wáter Managemen in Agricultura. Earthcan, London, Uk.*
- Reddy U. K., Almeida A., Abburi V. L., Alaparathi S. B., Unselt D and Hankins G. 2014. Identification of gene-specific polymorphisms and association with capsaicin pathway

- metabolites in *Capsicum annuum* L. Collections. En línea: e86393.doi:10.1371/journal.pone.008639. consultado el 28/11/2023.
- Ríos G. 2012. Evaluación de la productividad del cultivo de pimiento nathalie f1 (*Capsicum annuum* L.) utilizando dos densidades de plantación y tres tipos de fertilización orgánica, en la parroquia de Checa cantón Quito provincia de Pichincha. Tesis de Licenciatura. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador. 105 p.
- Romero-Viacava M y Tenorio-Bautista S. M. 2023. Evaluación de diferentes sustratos en el cultivo de dos variedades de *Capsicum chinense* Jaq. “chile habanero” ají mexicano, en ambiente controlado. Journal of the Selva Andina Biosphere 11 (1):33-46.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Producción anual agrícola. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado el 07/09/2023.
- SAS (Statistical Analysis System). 2004. *SAS/STAT 9.1 user's guide*. Cary, NC, USA: Author
- Soto-Ortiz R and Silvertooth J. C. 2008. A crop phenology model for irrigated New Mexico chile (*Capsicum annuum* L.) type varieties. College of Agriculture and Life Sciences. University of Arizona. p:152.
- Tewari S. K. and Sing M. 1993. Yielding ability of wheat at different date of sowing-a temperatura development performance. Indian J. Agron 38 (2)204-209.
- Toledo-Aguilar R., López-Sánchez H., López P. A., Guerrero-Rodríguez J. G., Santacruz-Valera A y Huerta-de la Peña A. 2011. Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de chile “poblano”. Revista Chapingo. Serie Horticultura 17 (3):139-150.
- Valles R. G. J., J. G. Lugo G., Z. G. Rodríguez G y L. T. Díaz T. 2009. Efecto del sustrato y la distancia de siembra entre plantas sobre el crecimiento de plantas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) en un sistema hidropónico sin cobertura. Revista de la Facultad de Agronomía 26 (2):159-178.
- Vela E. 2009. El chile: una breve historia. In: Los chiles de México. Catalogo visual. Arqueología Mexicana. pp:7-20.