

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Comportamiento Agronómico de Ocho Variedades de Chile (*Capsicum annum L.*)
Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

BELLANER ROBLERO CIFUENTES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo, 2023.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Comportamiento Agronómico de Ocho Variedades de Chile (*Capsicum annuum* L.)
Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

BELLANER ROBLERO CIFUENTES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Valentín Robledo Torres
Asesor Principal

Dr. Miguel Ángel Pérez Rodríguez
Coasesor

Dr. Armando Hernández Pérez
Coasesor

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Mayo, 2023.

Declaración de plagio

El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de cualquier uso distinto de estos materiales como lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Bellaner Roblero Cifuentes

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, te agradezco a ti **Dios** por darme vida, gracias por tu compañía en todo momento, por darme salud, fe, valor y la fuerza para poder salir adelante y hacer este sueño realidad.

A mi "**Alma Terra Mater**" por haberme recibido en su unidad Saltillo y permitirme hacer uso de todos los beneficios, que como su alumno obtuve durante los años de estudiante y por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A la **M.C. Francisca Ramírez Godina** por brindarme su apoyo en este trabajo.

Al **Ing. Juan Manuel Ramírez Cerda** por brindarme su apoyo y amistad, quien siempre estuvo al pendiente en la realización de la investigación.

Al **M.P. Felicito Ausencio Díaz Vázquez** por ser una gran persona y por brindarme su amistad sobre todo por el apoyo absoluto brindado en este trabajo.

Al comité de Asesores:

Al **Dr. Valentín Robledo Torres** por brindar su gran apoyo, amistad, conocimiento, por exhortarme a seguir adelante y haber sido parte fundamental para realizar esta investigación.

Al **Dr. Armando Hernández Pérez** por su valiosa amistad y que de alguna manera influyeron en la formación académica dentro del programa.

Al **Dr. Miguel Ángel Pérez Rodríguez** por su valiosa amistad y que de alguna manera influyeron en la formación académica dentro del programa.

Agradezco a cada una de las personas que hicieron posible este trabajo y que sin su ayuda de ustedes no hubiera sido posible hacer realidad este sueño.

DEDICATORIA

A mis padres:

Oliver Roblero González y Aida Monserrat Cifuentes Díaz

Por haberme dado la vida, por ser los autores principales de mi vida, por sus consejos, dedicación y apoyo incondicional que día a día llevaron a cumplir la más grande de mis metas y sobre todo por enseñarme que el amor es la fuerza más grande que existe.

A mis abuelos

Hilario Roblero (†), Sofía González (†), Felipe Cifuentes Morales (†) y Rosalba Díaz Roblero por apoyarme y aconsejarme en la vida.

A mis hermanos:

Oscar, Heberilda (†), Heriberta, Agustín, Blanca, Daniel, Diego y Kimberly porque siempre he contado con el apoyo incondicional, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido y por todo los momentos felices y difíciles que hemos compartido juntos y por ser parte de todos mis logros.

A mis Tíos y Tías que siempre han estado ahí para brindarme sus consejos para poder realizarme como profesionista.

A mis cuñadas, cuñados y sobrinos que han sido mi apoyo en todo momento y han confiado en mí, que siempre me motivaron para poder culminar mi carrera.

A mis amigos

Por qué ustedes siempre han estado ahí en las buenas y malas, porque me brindan su apoyo de forma incondicional y sincera.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE CUADROS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XIII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Origen e historia.....	4
2.2 Taxonomía	4
2.3 Fenología	5
Planta de semillero	5
Crecimiento vegetativo	5
Floración y fructificación	5
La polinización.....	6
Madurez fisiológica y cosecha.....	6
2.4 Descripción botánica.....	6
Raíz.....	6
Hojas	6
Flores	7
Fruto	7
Semillas.....	7
2.5 Propiedades nutraceuticas del chile.....	7
Composición química promedio del chile	8
2.6 Importancia económica a nivel mundial, nacional y regional.....	9
2.7 La producción de <i>Capsicum annuum</i>	11
Chile jalapeño.....	11

Chile serrano	12
Chile dulce.....	12
2.8 Preparación del suelo y labores culturales propias del cultivo	13
Barbecho	13
Rastreo.....	13
Nivelación.....	13
Surcado o bordeo	13
Suelo	13
Producción de plántulas en invernadero	14
Trasplante.....	14
Fertilización	15
Podas	15
Poda de formación	16
Poda de mantenimiento.....	16
Tutorado	16
Cosecha	17
Principales Plagas y Enfermedades	17
Densidad de población	22
2.9 Requerimientos climáticos y edáficos	24
Temperatura	24
Humedad.....	24
El Fertirriego	25
pH.....	25
Riego.....	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 Localización del experimento	27
3.2 Descripción del sitio experimental	27
3.3 Material vegetativo	27
3.4 Materiales, equipos, insumos y herramientas	28
3.5 Metodología	29
Preparación del terreno	30

Acolchado.....	31
Trasplante.....	31
Sistema de riego.....	31
Riegos y aplicación de la solución nutritiva	31
Deshierbes	32
Poda de formación	32
Poda de mantenimiento.....	33
Deshoje	33
Tutoreo	33
Control de plagas y enfermedades.....	34
Cosecha	35
3.6 Variables Evaluadas	35
Número total de frutos por planta (NTFP)	35
Peso total de frutos por planta (PTFP)	36
Largo de fruto (LDF).....	36
Ancho de frutos (ADF).....	37
Peso promedio del fruto (PPF)	37
Largo de hoja (LDH).....	38
Ancho de hoja (ADH).....	38
Densidad estomática del haz (DEH) y densidad estomática del envés (DEE) ..	39
Índice estomático del haz (IEH).....	41
Índice estomático del envés (IEE)	41
Largo de estomas del haz (LEH).....	41
Ancho de estomas del haz (AEH).....	42
Largo de estomas del envés (LEE)	42
Ancho de estomas del envés (AEE)	43
3.7 Diseño Experimental	43
3.8 Análisis estadístico.....	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
Componentes del rendimiento	44
Número total de frutos por planta	45

Peso total de frutos por planta.....	46
Largo de frutos	47
Ancho de frutos	48
Peso promedio del fruto	49
2.2 Características Foliares.....	50
Largo de hoja.....	50
Ancho de hoja.....	51
Densidad estomática adaxial y abaxial.....	52
Índice estomático adaxial y abaxial	53
Morfometría estomática en <i>Capsicum annuum</i>	54
Morfometría de estomas adaxiales.....	55
Morfometría de estomas abaxiales.....	55
V. CONCLUSIONES	57
VI. LITERATURA CITADA.....	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química, promedio de 100 g de chile.....	8
Cuadro 2. Temperatura y humedad promedio.....	24
Cuadro 3. Materiales y herramientas que se utilizaron.....	28
Cuadro 4. Fertilizante y dosis utilizada en 1000lts/agua en el experimento, primavera verano en saltillo, Coahuila, México 2022.....	32
Cuadro 5. Productos y dosis que se aplicaron en las plantas de chile para el control de plagas y enfermedades en Saltillo, Coahuila, México 2022.....	35
Cuadro 6. Análisis de varianza de las variables agronómicas de variedades de chile cultivadas en invernadero, en el 2022.....	44
Cuadro 7. Análisis de varianza de variables foliares de variedades de chile cultivadas en invernadero, en el 2022.....	50
Cuadro 8. Densidad e índice estomático observado en variedades de chile cultivado en invernadero, en Saltillo, Coahuila en 2022.....	54
Cuadro 9. Morfometría estomática adaxial (LEH, AEH) y abaxial (LEE AEE) en variedades de chile cultivado en invernadero, en Saltillo, Coahuila en 2022.....	54
Cuadro 10. Valores medios de la longitud y ancho de estomas adaxiales y abaxiales en el cultivo de chile cultivado en invernadero en Saltillo, Coahuila en el 2022.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Peso total de frutos por planta en el cultivo de chile en el laboratorio del campo experimental de la UAAAN Saltillo.....	36
Figura No. 2. Medición del largo de frutos, en la cual se utilizó un vernier steren en el laboratorio del campo experimental de la UAAAN Saltillo.....	36
Figura No. 3. Medición del ancho de frutos, en la cual se utilizó un vernier steren en el laboratorio del campo experimental de la UAAAN Saltillo.....	37
Figura No. 4. Medición de largo de hoja, se utilizó una cintra métrica, en el invernadero del campo experimental de la UAAAN Saltillo.....	38
Figura No. 5. Medición del ancho de la hoja, se utilizó una cintra métrica, en el invernadero del campo experimental de la UAAAN Saltillo.....	39
Figura No. 6. En el estudio de los estomas, se tomó una impresión epidérmica del haz y envés de la hoja, en la que fueron montados en un portaobjetos....	40
Figura No. 7. Conteo del número de estomas, para ello se utilizó un microscopio compuesto (Carl Zeiss) con cámara digital (Pixera Corporation) modelo No. PVC 100C.	41
Figura No. 8. Medición del largo de los estomas del haz de las hojas, para ello se utilizó el software (Axion Visión Rel. 4.8.2).	42
Figura No. 9. Medición del ancho de los estomas del haz de las hojas, para ello se utilizó el software (Axion Visión Rel. 4.8.....	42
Figura No. 10. Comparación de medias para la variable número total de frutos por planta de los ocho genotipos de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.), bajo condiciones de invernadero en el campo experimental en el ciclo primavera-verano en Saltillo, Coahuila, 2022.....	45
Figura No. 11. Comparación de medias para la variable peso total de frutos por planta (gramos) de los ocho genotipos de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.), bajo condiciones de invernadero, en Saltillo, Coahuila, 2022.....	46
Figura No. 12. Comparación de medias para la variable largo de frutos de los ocho genotipos de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones de invernadero en Saltillo, Coahuila, 2022.....	47

Figura No. 13. Comparación de medias para la variable ancho de frutos de los ocho genotipos de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.), bajo condiciones de invernadero en Saltillo, Coahuila, 2022.....	48
Figura No. 14. Comparación de medias para la variable peso promedio del fruto de los ocho genotipos de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.), bajo condiciones de invernadero en Saltillo, Coahuila, 2022.....	49
Figura No. 15. Comparación de medias para la variable largo de hoja (centímetros) de los ocho genotipos de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.), bajo condiciones de invernadero en Saltillo, Coahuila, 2022.....	51
Figura No. 16. Comparación de medias para la variable ancho de hoja (centímetros) de los ocho genotipos de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.), bajo condiciones de invernadero en Saltillo, Coahuila, 2022.....	52

RESUMEN

El chile (*Capsicum annuum* L.) en México es uno de los cultivos hortícolas más importantes, desde el punto de vista cultural, agronómico, nutricional y económico. El presente trabajo de investigación se realizó en un invernadero del Departamento de Horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro,” en Saltillo, Coahuila. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico de ocho genotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) con riego por goteo y bajo condiciones de invernadero. El diseño experimental que se utilizó fue bloques completamente al azar. Los tratamientos estuvieron conformados por ocho genotipos y tres repeticiones de cuatro plantas por cada tratamiento, siendo estas la parcela útil. En el invernadero se utilizaron cuatro camas de cultivo con una separación de 1.60 m y 0.30 m entre planta y planta, teniendo una longitud de 16.7 m con una superficie total de 106.88 m² en esta área se establecieron 96 plantas. Las variables que se evaluaron fueron: Número total de frutos por planta (NTFP), peso total de frutos por planta (PTFP), largo de frutos (LDF), ancho de frutos (ADF), peso promedio del fruto (PPF), largo de hoja (LDH), ancho de hoja (ADH), densidad estomática del haz (DEH), densidad estomática del envés (DEE), índice estomático del haz (IEH), índice estomático del envés (IEE), largo de estomas del haz (LEH), ancho de estomas del haz (AEH), largo del estoma del envés (LEE), ancho de estoma del envés (AEE). El análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey, demostró que la variedad 5 fue significativamente superior a la variedad 7, a la cual superó en 562.9%. De los resultados obtenidos se puede concluir que la variedad 5 de chile jalapeño fue la que exhibió el mejor comportamiento en cuanto a PTFP y en PPF, así mismo fue la que presentó los frutos de mayor longitud y diámetro fue fruto. En cuanto a características morfológicas y de la anatomía de la hoja no se encontraron diferencias significativas entre las variedades evaluadas.

Palabras claves: *Capsicum annuum* L., rendimiento de fruto, variedades de chile, anatomía foliar.

I. INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* es uno de los géneros que más se cultiva y se produce en todo el mundo (Camacho *et al.*, 2022) pertenece a la familia de las solanáceas, son plantas herbáceas de comportamiento anual o perenne, siendo originario de México y evidencias arqueológicas han permitido estimar que se cultiva desde el año 900 a.C. en las regiones de Tehuacán, Puebla y Ocampo, Tamaulipas. Para el año 2020 la producción del cultivo de chile a nivel mundial fue más de 40.2 Mt y México ocupó el segundo lugar con más de un 2.8 Mt siendo superado por China con más de 16.9 Mt.

México ha sido considerado como el centro de origen y domesticación de *Capsicum annuum* L. este cultivo es una de las especies que tiene diversas variantes silvestres y cultivadas, encontrándose ampliamente distribuido en toda la República Mexicana, siendo cultivado desde el nivel del mar, hasta 2,500 msnm (Hernández *et al.*, 2021).

Pérez Marroquín *et al.*, (2022) mencionan que en México cada año se siembran aproximadamente 150, 000 hectáreas con una producción de más de dos millones de toneladas de chile seco y verde. Lo que representa un valor comercial aproximadamente de 13,224 millones de pesos. Por lo que México se ubica como uno de los principales exportadores de chile verde a escala internacional y en segundo lugar como productor a nivel mundial.

En el país se han cultivado más de 40 variedades de chile, algunos son mayormente conocidos como el chile jalapeño, serrano, pimiento morrón, poblano, chilaca, anaheim, mirasol, soledad, de árbol y piquín (Camacho *et al.*, 2022).

Aunque el cultivo ha mantenido un continuo crecimiento en producción, como en superficie sembrada, no se ha logrado satisfacer la gran demanda del mercado, que cada vez es mayor y más exigente. Los rendimientos siguen siendo bajos con relación al potencial productivo de la especie. En los últimos años el cultivo ha sido afectado por diversos problemas fitosanitarios, predominando las enfermedades del suelo, ocasionadas por hongos, bacterias y nematodos, que son responsables en la reducción del rendimiento y la superficie de siembra, lo que ha generado pérdidas económicas para los productores, quienes no cuentan con paquetes tecnológicos para enfrentar dichos problemas (Hernández *et al.*, 2021).

Las especies de chile que mayor demanda comercial han tenido por su color, aroma, sabor o pungencia son: *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. pubescens* y *C. annuum*. Siendo el *C. annuum* el de mayor importancia a nivel mundial, y por ello se siembra en regiones templadas, tropicales y subtropicales de Europa, Asia, África y América (Lara *et al.*, 2020).

Por lo tanto es muy importante trabajar en el desarrollo de nuevas variedades de alto rendimiento y calidad de fruto, aprovechando los recursos genéticos de México, para, a mediano plazo lograr la solución a los principales problemas de bajo rendimiento y sobre todo desarrollar materiales con tolerancia a plagas y enfermedades.

Es de suma importancia la caracterización morfológica de las variedades vegetales, ya que es de mucha utilidad para identificar características útiles y de importancia agronómica, así como también para su clasificación e identificación de grupos genéticos. Se han realizado estudios sobre la diversidad del género *Capsicum*, basados en métodos descriptivos tomando como base las caracteres morfológicos de la planta, flor y fruto (Moreno *et al.*, 2011).

En el año 2016, el género *Capsicum* representó un 3.5% del PIB agrícola nacional, por lo que es uno de los principales productos y que ha tenido un alto potencial en el mercado en el ámbito internacional. En cuanto a su producción anual es de aproximadamente de 3.2 millones de toneladas con un crecimiento de 4.8% de

promedio anual entre el 2003 al 2016. El 30% de la producción nacional en cuanto a chiles y pimientos son para los mercados internacionales, principalmente como: Estados Unidos, Canadá y Guatemala. Los chiles han tenido una alta demanda en 20 países, entre los cuales se incluyen integrantes del Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN), también con el Acuerdo Estratégico Trans-Pacífico de Asociación Económica (TPP) y sobre todo con el Tratado de Libre Comercio del Triángulo Norte (TLCTN); Turquía, Brasil y Hong Kong (Uzcanga *et al.*, 2020).

1.1 Objetivos

- Evaluar la producción y calidad de los frutos de ocho variedades de chile en la región de Saltillo, Coahuila.
- Determinar el comportamiento fenológico y rendimiento de ocho variedades de chile (*Capsicum annuum* L.), como respuesta al cultivo en invernadero.

1.2 Hipótesis

- Al menos una variedad de las ocho estudiadas presentará un rendimiento y calidad de fruto igual o superior al registrado en otros trabajos de investigación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen e historia

El género *Capsicum*, es de la familia de las solanáceas, cuyo centro de origen se sitúa en América del sur, dando comienzo en la zona de Perú y Bolivia y de estos lugares se distribuyó por el resto de los continentes (Giménez, 2019).

La especie de Chile que presenta gran diversidad morfológica es *C. annum*, siendo particularmente uno de los chiles domesticados, con un amplio rango en sus formas, colores de fruto y en el nivel de pungencia de los mismos. También se encuentran tres especies cultivadas como *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* que tienen representantes silvestres y el *C. pubescens* que solo se encuentra de forma cultivada. La gran mayoría de los chiles se ha ido extendiendo más allá de estas cinco especies, ya que actualmente se reconocen al menos otras 30 especies silvestres, que se encuentran distribuidas desde los Estados Unidos de América, pasando por México hasta Brasil y Paraguay, y el Centro de Argentina (Carrizo García *et al.*, 2016). En general los chiles son un recurso que posee un gran valor histórico y cultural para las culturas del territorio mexicano (Casas *et al.*, 2016).

2.2 Taxonomía

La clasificación botánica del Chile (Perez-Castañeda *et al.*, 2015) es la siguiente:

Reino: Plantae
Subreino: Tracheobionta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Asteridae
Orden: Solanales

Familia: Solanaceae
Género: *Capsicum* L.
Especie: *Capsicum annuum* L.

2.3 Fenología

Se menciona que el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) tiene varios estados de desarrollo en su ciclo de crecimiento: plántula, planta joven recién trasplantada, planta en crecimiento vegetativo, floración, cuajado, desarrollo de fruto y maduración. Pero cada una de sus etapas es diferente respecto a sus necesidades nutritivas, el tipo de variedad con que se esté trabajando, las condiciones ambientales y sobre todo con el manejo que se le dé al cultivo (Berríos Ugarte *et al.*, 2007).

Planta de semillero

En esta etapa desarrolla un fuerte sistema radical y la formación inicial de las partes aéreas de la planta.

Crecimiento vegetativo

Este proceso ocurre en los primeros 40 a 45 días y finaliza cuando comienza el desarrollo de los frutos.

Floración y fructificación

Dependerá del tipo de variedad, las condiciones ambientales y del manejo del cultivo, la floración y el cuaje empiezan aproximadamente de 20 a 40 días después del trasplante y continúan durante el resto del ciclo de crecimiento.

La polinización

Hay auto polinización y polinización cruzada. La polinización en los invernaderos también se puede llegar a efectuar por la intervención de las abejas o abejorros o sobre todo por aplicación del viento para mejorar los procesos de fructificación.

Madurez fisiológica y cosecha

En promedio, la madurez de la fruta se logra a los 80 DDT. La cosecha se continúa permanentemente, al menos que se detenga por condiciones climáticas (heladas) o bien por razones económicas.

2.4 Descripción botánica

El chile es una planta herbácea perenne, con ciclo de cultivo anual, de porte variable entre los 0.5 metros, en determinadas variedades de cultivo al aire libre y más de 2 metros (gran parte de los híbridos cultivados en invernadero) (Infoagro, 2014).

Raíz

El sistema de raíces es pivotante y llega a profundidades de 0.7 a 1.2 m y lateralmente hasta 1.2 m, pero la mayoría de las raíces están a una profundidad de 5 a 40 cm (Casilimas *et al.*, 2012).

Hojas

Son enteras, lampiñas y lanceoladas, con un ápice muy pronunciado acuminado y con un peciolo largo y poco aparente, su haz es glabro (liso y suave al tacto) con un color verde más o menos intenso (dependiendo de la variedad) y brillante. Su nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del peciolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja, la inserción de las hojas al tallo es de forma alterna y su tamaño va a depender de la variedad (Villota, 2014).

Flores

Aparecen de forma solitaria en cada nudo de los tallos, con inserción en las axilas de las hojas, son pequeñas y constan de una corola blanca o color púrpura, estas son de polinización autógama, en el cual suele presentarse cierto porcentaje de alogamia que no supera el 10% (Morales, 2013).

Fruto

Es una baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, el color es variable (verde, rojo, amarillo, naranja); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y después al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos (Aviléz, 2016).

Semillas

Se encuentran insertadas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y su longitud es variable entre 3 y 5 milímetros (Aviléz, 2016).

2.5 Propiedades nutraceuticas del chile

El fruto de los chiles de la especie *Capsicum annuum* son de suma importancia debido a que tienen efectos medicinales contra el cáncer, estimulan el sistema inmunológico, previene las enfermedades cardiovasculares y sobre todo retrasan el envejecimiento en el ser humano (Ramírez *et al.*, 2017).

Las composiciones químicas de los frutos dependen del estado de madurez. Los chiles tienen una gran importancia etnofarmacológica, sobre todo porque son utilizados tradicionalmente en diversos platillos, debido a su sabor, color y aroma distintivos. Los chiles tienen una gran diversidad de compuestos que poseen cadenas hidrocarbonadas denominadas capsaicinoides. Estos metabolitos se encuentran en el fruto, actuando como mecanismos de defensa contra factores abióticos y bióticos, también se ha propuesto que los capsaicinoides podrían ser

utilizados como un mecanismo de defensa en la planta, contra los animales frugívoros y también en hongos del género *Fusarium* (Rodríguez, 2020).

Composición química promedio del chile

La composición química promedio de 100 g de porción comestible del *Capsicum annuum* L se muestra a continuación.

Cuadro 2. Composición química, promedio de 100 g de chile.

Composición química*	Contenido
Agua	91 %
Carbohidratos	5.1 g
Proteínas	1.3 g
Grasas	0.3 g
Fibra	1.4 g
Vitamina A	1000 UI
Vitamina B1	0.03 mg
Vitamina B2	0.05 mg
Vitamina B5	0.20 mg
Vitamina B12	0.45 mg
Vitamina C	120 mg
Azufre	17 mg
Calcio	9 mg
Cloro	37 mg
Cobre	0.10 mg
Fósforo	23 mg
Hierro	0.5 mg
Magnesio	11 mg
Manganeso	0.26 mg
Potasio	234 mg
Sodio	58 mg

Yodo	0.001 mg
------	----------

Fuente: (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2010)

2.6 Importancia económica a nivel mundial, nacional y regional

Se menciona que a nivel mundial el chile es una de las hortalizas más importantes que se cultivan, teniendo una producción que ha alcanzado 36, 771,482 toneladas y actualmente registra un incremento del 2.17% con respecto al 2017, también actualmente se ha registrado un incremento del 1.4% en la superficie cosechada. Por lo que se puede decir que actualmente el cultivo ha tenido el mismo comportamiento o tendencia durante los últimos 11 años. De la misma forma, el rendimiento promedio mundial pasó de 15.5 t ha⁻¹ en 2008 a 18.5 t ha⁻¹ en 2018 (FOASTAT, 2020).

En el año 2018 los países productores de este cultivo fueron: China con el 49.45% de la producción mundial, en segundo lugar, se encuentra México con un (9.19%), Turquía (6.95%), Indonesia (6.91%) y España (3.47%). En total estos cinco países reunieron el 67.67% de la superficie cosechada que es poco más del 75% de la producción mundial de chile (FOASTAT, 2020).

En el año 2019, México produjo 60 706 t de chile seco posicionándose en el 14 lugar a nivel mundial, superado por la India, Tailandia y China. Mientras que en la producción de chile verde, México ocupó el segundo lugar con 3,238 245 t, en donde fue superado por China con una producción casi seis veces mayor (Ramírez, 2021).

En México, el chile se cultiva principalmente, en los estados del norte del país (Altiplano mexicano). Estos estados aportan el 96% de la producción nacional, destacando Zacatecas con el 48.9%; San Luis Potosí, 28.6%; Chihuahua, 14.5% y Durango, 4.4% (Ramírez, 2021).

El chile verde (*Capsicum annuum*) es una especie de gran importancia comercial y es cultivado para su consumo de forma fresco, seco y sobre todo en productos

procesados. Por otro lado, dentro de la gran variedad de tipos de chiles que se cultivan en México, el jalapeño es uno de los que han tenido mayor importancia económica, debido a su amplio consumo, alta rentabilidad y también por la gran demanda que tiene en mano de obra. Sin embargo, la producción comercial exitosa de chile jalapeño, requiere que el productor haga uso óptimo de los recursos disponibles, uno de los recursos de mayor importancia es la fertilización del cultivo, proporcionándole los nutrientes necesarios para obtener altos rendimientos y calidad, para cumplir con los requisitos que exige el mercado (Mancilla *et al.*, 2017)

Se ha informado que en el año 2016 se cultivaron 173,146 hectáreas de chile jalapeño en las cuales se produjeron 135,720 toneladas de chile seco y 2 millones 601, 308 toneladas de chile verde. De las cuales el 92% de la producción fue de chile verde, de los tipos jalapeños, morrón, poblanos, serranos, chilaca y anaheim. Por lo que los chiles secos de uso común en nuestro país son: ancho, mulato, chihuacle, chipotle, morita, colorado y sobre todo el de árbol (SIAP, 2017).

El principal estado productor de chile verde es Chihuahua, ya que en el año 2020 cosechó 723 mil toneladas, que generaron cinco mil 011 millones de pesos, lo que implicó un incremento de 18.5%, con respecto del 2019 (SIAP, 2020).

En cuanto a la producción de chile picante destacan los Estados de Sinaloa, con 648 mil 222 toneladas; Zacatecas, 458 mil 943 toneladas; San Luis Potosí, 327 mil 124; Sonora, 223 mil 432 y Jalisco, 189 mil 611 toneladas (SIAP, 2021).

Se considera a México como uno de los mayores productores de chile (*C. annuum*), colocándose en el segundo lugar en producción con 157 540 ha de superficie sembrada, generando 3 239 318 t, ocupando el primer lugar como exportador a nivel mundial (Luna *et al.*, 2021). Es un cultivo de suma importancia económica, social y productiva en el país, que cuenta con más de 12 mil productores que se dedican a este cultivo en la República Mexicana, que generan hasta 30 millones de jornales al año.

En cuanto a la producción de chile verde en invernadero, el estado de Coahuila cuenta con una superficie sembrada de 105.0 ha, obteniendo una cosecha de 136.83 ton/ha (SIAP, 2021).

2.7 La producción de *Capsicum annuum*

La mayor diversidad de usos que se le ha dado al chile jalapeño, es debido a que el fruto se utiliza en fresco, seco o polvo, siendo uno de los principales condimentos básicos para las familias mexicanas. En el país se han estado cultivando más de 40 variedades de chile, de las cuales destacan el chile jalapeño, serrano, pimiento morrón, poblano, chilaca, anaheim, mirasol, etc. (Camacho *et al.*, 2022).

Chile jalapeño

La mayor parte de los chiles en México pertenecen a la especie *Capsicum annuum* L. estos frutos se consumen principalmente en fresco, como el jalapeño o serrano, también secos como el pasilla o mirasol (Martínez, 2020).

Por otro lado, Aguilar *et al.*, (2010) mencionan que uno de los principales chiles que se siembran en México es el chile jalapeño, debido a la infinidad de usos que tiene el fruto. La superficie anual que se siembra en nuestro país es aproximadamente 30 mil hectáreas, las cuales se distribuyen prácticamente en todos los estados. Las siembras de este cultivo en México se dividen en dos grandes regiones: la que cubre los estados del golfo de México y sureste del país y sobre todo la región centro- norte. En la primera se ubican los estados de Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Quintana Roo, caracterizándose porque su producción es en agricultura temporal, con bajos rendimientos y sobre todo pobre calidad comercial del producto. Sin embargo, en la región Centro y Norte se incluyen los estados de Michoacán, Jalisco, Colima, Nayarit, Sinaloa, Sonora, Baja California, Chihuahua, San Luis Potosí, Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila, en éstas regiones la producción se caracteriza por el uso de alta tecnología, que se refleja por el volumen de producción que aporta.

Chile serrano

El chile serrano también es uno de los cultivos importantes en México, el cual se considera que es originario de las sierras del Norte de Puebla e Hidalgo. La forma de sus frutos es triangular y estas pueden tener distintos tamaños, desde 2 cm de longitud a más de 8 cm. Los chiles serranos han sido desplazados de la Sierra Norte de Puebla por otros chiles más comerciales (Aguilar *et al.*, 2010).

Su mayor consumo es en verde, salsas o encurtidos, también es uno de los chiles que más se ha consumido, la mayor parte de su producción se realiza con variedades mejoradas, de lo cual ha ocasionado la pérdida de la diversidad en diversos lugares. Estos se cultivan en el estado de Puebla, Hidalgo, Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí y Nayarit, así como en algunas regiones del estado de Guerrero.

Chile dulce

El chile dulce criollo se ha distribuido en los estados de Yucatán, Campeche, Tabasco y también en la parte norte del estado de Chiapas. El cultivo de chile dulce es de ciclo anual con un hábito de crecimiento erecto, sus tallos son cilíndricos y de color verde con poca pubescencia y antocianinas en los nudos de sus tallos, tomando un color morado cuando las presentan. Sus hojas son de forma oval con márgenes enteros y poca pubescencia. Su flor tiene una corola de color blanco con anteras verdes, moradas o azules y su filamento es de color verde, blanco o amarillo. La forma de sus frutos puede variar siendo frutos redondos ligeramente alargados, con sus extremos achatados (frutos campanulados y en forma de bloque) de tipo pimentón. En cuanto a la longitud de frutos varia de 4.4 a 9.6 cm con un promedio de 6.6 cm y su diámetro de 4.7 a 7.4 cm en donde su epidermis puede ser lisa, semirrugosa o rugosa. El fruto es de color verde cuando está en estado inmaduro y se cambia a color rojo cuando madura (Aguilar *et al.*, 2010).

2.8 Preparación del suelo y labores culturales propias del cultivo

El objetivo de la preparación del suelo es proporcionarle a la planta un medio propicio para un mejor desarrollo de la raíz, mayor aireación y sobre todo buena estructura del suelo (Berrones Morales *et al.*, 2013).

Barbecho

Se recomienda dar en el terreno un paso de arado que alcance de 25 a 30 cm de profundidad, para romper y aflojar el suelo, con el objetivo de tener mayor aireación y mayor capacidad de retención de agua.

Rastreo

Consiste en dar dos pasos de rastra con el objetivo de desmoronar terrones, este proceso se lleva a cabo entre los 20 a 30 días después del barbecho, si es necesario, realizar un tercer paso de rastra.

Nivelación

Consiste en nivelar el terreno, antes de colocar cualquier tipo de infraestructura de la casa-malla, favoreciendo cualquier tipo de labores posteriores al cultivo. La nivelación evita posibles encharcamientos y facilita las labores culturales.

Surcado o bordeo

Separación del surcado esto estará en función a las distancias en las que se encuentran los postes de la estructura, la distancia mínima recomendable es de 75 cm.

Suelo

Los principales suelos requeridos para el cultivo de chile son desde texturas ligeras a intermedias: suelos franco arenosos, francos, profundos y fértiles con

buena capacidad de retención del agua y un adecuado drenaje, evitando tener suelos muy arcillosos (Jaikel, 2010).

Producción de plántulas en invernadero

Las formas más adecuadas y recomendables para la producción de plántulas de Chile, es en charolas ya sea bajo condiciones de invernadero o casas sombras. Se utilizan charolas de 200 cavidades, en la que se llenan con material estéril, se puede utilizar sustrato importado o alguno de fabricación nacional (Sushine, Terralite, Cosmopeat, etc.). Una vez colocado el sustrato en las charolas, se procede a realizar la siembra, colocando de 1 a 2 semillas por cada una de las cavidades y se cubren con el mismo material, para favorecer la emergencia de las plántulas se estiban hasta de 20 charolas y se cubren con polietileno, para mantener alta humedad y alta temperatura y acelerar la germinación (Mata, 2010).

Trasplante

La fecha para el trasplante y el marco de plantación del cultivo de Chile, depende sobre el sistema de cultivo (invernadero o aire libre), también de la región y del mercado (fresco o industria) (Pino, 2018).

El trasplante se debe llevar a cabo cuando las plantas tengan una altura aproximadamente de 15 a 20 cm en los módulos de germinación, aproximadamente a los 35 días después de la siembra, cuando las plantas hayan alcanzado el tamaño apropiado para ser trasplantadas. El trasplante se realiza colocando de tres a cuatro plantas por metro en dos hileras establecidos a ambos lados de la cintilla y a unos 23 a 30 cm de una planta a otra (Mata, 2010).

Fertilización

La fertilización se debe realizar desde el trasplante, hasta después del primer corte de chile por medio de la fertirrigación y la dosis y fórmula va a cambiar, dependiendo de la etapa fenológica del cultivo y de los resultados del análisis del suelo (García *et al.*, 2022).

Muchos factores influyen en el comportamiento del cultivo de chile a la aplicación de los fertilizantes. Entre los más sobresalientes están la forma, época y el método de aplicación de los fertilizantes y sobre todo la disponibilidad del agua en el suelo y la variedad utilizada. El cultivo responde bien a las dosis de alrededor de 225 kilogramos por hectárea de nitrógeno, por lo que debe aplicarse en cuanto menos cuatro partes, por el alto riesgo de lavado que tiene el Nitrógeno con los riegos frecuentes que se aplican al cultivo. También se debe fertilizar con 100 kilogramos por hectárea de fósforo, que se incorpora al momento de la siembra (Báez *et al.*, 2015).

En siembras por trasplante se deben aplicar 200 kg de nitrógeno, 50 de fósforo y 50 de potasio por ha. Al momento de llevar a cabo el trasplante aplicar la fórmula 50-60-50, a los 30 días posteriores 50-00-00 y 100-00-00 al inicio de la floración (PANORAMA, 2018).

Podas

Según Gómez y Payares (2020) la finalidad de hacer podas en el cultivo de chile, es para tener alta ventilación de las plantas para disminuir el riesgo de enfermedades en el cultivo. Cuando se adelanta un plan de podas deficiente, se presenta un retraso en el desarrollo de las plantas, causando problemas como: caída de las flores y frutos jóvenes. Las podas en el cultivo de chile se pueden adelantar ya sea por el sistema holandés, con espaldera en V o mediante el sistema español.

Poda de formación

Esta labor se lleva a cabo después de dos a tres semanas después del trasplante, las plantas presentan una bifurcación en el eje principal dando origen a dos a tres tallos principales en donde se forma la primera horqueta en donde se desarrolla la primera flor.

Cuando se realice la primera poda se debe eliminar la primera flor antes que sea polinizada y sobre todo eliminar los brotes que se presentan por debajo de la primera bifurcación, debido a que estos aprovechan la mayor parte de las sustancias nutricionales que resultan de la fotosíntesis de las plantas, provocando un retraso en el crecimiento de los tallos principales que se generaron de la segmentación del eje principal (Dane, 2015).

Poda de mantenimiento

Después de haber realizado la poda de formación, se procede a adelantar las podas semanales de mantenimiento en el cultivo de chile debido a que las plantas continúan produciendo nuevos brotes en cada uno de los tallos principales. La finalidad de la poda de mantenimiento es obtener de dos a tres tallos principales por planta durante todo el ciclo productivo del cultivo, dejando solamente los tallos que tengan mayor vigor; cuando se eliminan los tallos más débiles se debe tener mucho cuidado en dejar una hoja por encima de la flor que se formó en la horqueta debido a que esta hoja le proporciona nutrientes para que se pueda formar el fruto una vez que la flor este polinizada y además para proteger el fruto de quemaduras de sol (Dane, 2015).

Tutorado

El tutorado es una práctica cultural que se realiza a varios cultivos hortícolas, consiste en dirigir el crecimiento de forma vertical, evitando que las plantas se inclinen y se caigan al suelo. Sirve para incrementar la producción, tener frutos de mayor calidad y propiciar una mejor ventilación de la planta, para evitar la

presencia de enfermedades. Para lo cual se requiere rafia jitomatera y soportes en las esquinas de las camas de crecimiento, hilos de rafia se colocan horizontalmente sobre las plantas a ambos lados de la misma y conforme la planta va creciendo se colocan más hilos de rafia, de tal manera que la planta está creciendo siempre erguida ya que tiene soporte a ambos lados. El primer hilo se coloca a los 25 a 30 días después del trasplante y de aquí cada 15 a 20 días hasta que la planta deja de crecer (Cedillo *et al.*, 2021).

Cosecha

La cosecha de frutos se lleva a cabo cuando tiene las características que exige el mercado, las cuales normalmente alcanza entre los 90 a 120 días después del trasplante (primera cosecha). El periodo de la cosecha estará sujeto a las condiciones climatológicas de la zona del cultivo, la cosecha se realiza de manera manual (Casilimas *et al.*, 2012).

Principales Plagas y Enfermedades

Araña roja (*Tetranychus urticae*)

Esta plaga se desarrolla en el envés de las hojas, las cuales son responsables de las decoloraciones, punteaduras o manchas amarillentas que pueden apreciarse en el haz, como principales síntomas. Si se presentan poblaciones mayores son capaces de producir desecación o incluso la defoliación, los ataques más graves se producen en los primeros estados fenológicos y los factores que agravan la situación, son las condiciones climáticas cuando se presentan temperaturas muy elevadas y la escasa humedad relativa (Barreto, 2019).

- El control biológico, existen algunos depredadores de esta plaga como: las crisopas, catarinas, tijerillas, algunas moscas e incluso algunos hongos que contribuyen a mantener a la araña roja en un nivel de población por debajo del umbral de daño económico (Jiménez Fonseca, 2022).

Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*)

Es una de las principales plagas que se presenta en el cultivo de Chile, colonizando en el envés de las hojas, depositando allí sus huevecillos, estos se podrán desarrollar entre los próximos 30 a 40 días, dependiendo de la temperatura. En el caso de las larvas y los adultos, provocan daños debido a que estas succionan la savia de la hoja, provocando un debilitamiento a la planta y luego se da el marchitamiento de esta.

- Las medidas preventivas o control que se ha empleado, es el uso de trampas amarillas, podas de limpieza de manera frecuente, eliminación de restos de cultivos, aplicaciones de productos químicos y también se puede usar un control biológico, este se da con *Amblyseius swirskii* el cual es un depredador y con *Eretmocerus mundus* que es un parasitoide que actúa de una manera más eficiente con altas temperaturas (Henao, 2018).

Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Son pequeños insectos que tienen un color marrón oscuro o amarillo claro. Estas succionan el contenido de las células vegetales, provocando en el sitio de ataque un color plateado y luego provoca su muerte. La postura de los huevos causa daños (heridas) provocando que se sequen los tejidos, este tipo de plaga transmite el virus bronceado del tomate, manifestándose en forma de manchas circulares en las hojas, flores y frutos.

- Las medidas de prevención o control. Para su prevención se debe de llevar a cabo la eliminación de hierbas y restos de cultivos que puedan servir como hospederos, también aplicaciones de productos químicos (Henao, 2018).

Marchitez por *Phytophthora*

Agente causal: *Phytophthora capsici* Leonian.

Este hongo ocasiona daños de hasta un 80% en las regiones productoras del cultivo de chile en México; en los estados como el Bajío, Aguascalientes, San Luis Potosí, Zacatecas, Nayarit, Jalisco, Puebla, Veracruz y Guanajuato.

El principal síntoma es una marchitez leve en la planta y en tres a cuatro días, se marchita completamente. En el tallo, en el área del cuello si se hace un corte a ese nivel, se puede apreciar una coloración café oscuro. Las plantas que ya están enfermas presentan una banda parda oscura en la que ciñe el cuello, lo cual provoca un marchitamiento y muerte de las plantas.

En las hojas y ramas se presentan lesiones como tizones de color verde amarillo y después de color café, en los frutos se pueden observar manchas acuosas de color verde claro cubiertas por micelio del hongo. Las semillas también son afectadas, al abrir el fruto se puede ver micelio en las semillas podridas.

Ciclo de la enfermedad y epidemiología. Bajo condiciones favorables de temperatura (11 a 35 °C, optima de 25 a 28 °C) y sobre todo la alta humedad, *P. capsici* es un hongo que es sumamente agresivo y puede destruir campos enteros debido a su rápido crecimiento y abundancia de esporulación.

La marchitez del chile, también está asociado a un complejo de hongos fitopatógenos, en la cual se incluye a *Phytophthora capsici*, *Fusarium spp* y *Rhizoctonia solani*.

Control

- Hacer rotación de cultivos por más de tres años
- Tener un buen manejo del agua de riego, por lo que es un factor importante para el control de la marchitez; se recomienda tener suelos con un buen drenaje, nivelar terrenos y formar surcos altos para evitar exceso de humedad, aplicar riegos ligeros y frecuentes.
- Eliminar residuos de cosechas, ya que en ellos quedan las esporas del hongo, al igual que en las semillas infectadas

- Tratar a las plántulas antes del llevar acabo el trasplante, de las cuales se sumergen las raíces por 1 a 3 min. Con una mezcla de los fungicidas Captan y Ridomil con una dosis de 1 g de cada uno por litro de agua.
- Tratar a las semillas y plantas con fungicidas
 - Captan (captan 50 PH)
 - Metalaxil-m (Ridomil Gold 4E)
 - Clorotalonil (Daconil 2787 W-75)
 - Fosetil-al (Aliette)

Mancha foliar por Alternaría

Agente causal: Esta enfermedad es ocasionada por un hongo fitopatógeno *Alternaría spp.*

Los síntomas se presentan como pequeñas lesiones circulares (0.5 mm de diámetro) con una apariencia acuosa que posteriormente se torna de color café oscuro, las cuales están rodeadas de un halo verde o amarillento. Estas manchas crecen muy rápido (20 mm más de diámetro) y estas cubren toda la hoja.

Esta enfermedad puede provocar defoliación muy severa, iniciando en las hojas basales, dejando a los frutos expuestos al sol, provocando una reducción en la calidad del fruto comercial.

Ciclo de vida y epidemiología. El micelio de este patógeno sobrevive de 1 a 2 años en los restos vegetales. Las esporas se dispersan a grandes distancias por el viento, en la ropa, herramientas y también por salpicadura de agua. La enfermedad se inicia cuando la humedad relativa es muy alta y cuando hay presencia de agua libre sobre las hojas con temperaturas entre 12 y 30 °C. su periodo de incubación es de 3 a 12 días.

Control

- Eliminar residuos del cultivo

- Realizar aplicaciones de fungicidas cada semana a partir de la floración. Los fungicidas que se apliquen deben cambiarse, para poder evitar resistencia del fitopatógeno.

Clorotalonil (Bravo 500)

Folpet (Foplan 48 SC)

Cobre (Cupravit)

Virus del Mosaico del Pepino (VMP)

Este virus pertenece al grupo de los cucumovirus, el cual ataca a más de 40 familias de plantas en todo el mundo. Esta enfermedad es más severa cuando los chiles son trasplantados cerca de plantaciones de cucurbitáceas como el pepino y calabaza. El virus del mosaico se dispersa y se transmite por más de 60 especies, pero los más eficientes en la dispersión son; *Aphis gossypii*, *A. fabae*, *Macrosiphum euphorbiae* y *Myzus persicae*. La eficiencia de transmisión depende de varios factores como el tipo de vector, razas del virus, condiciones ambientales y sobre todo la época del año.

Virus del Mosaico del Tabaco (VMT)

El virus del mosaico del tabaco pertenece al género Tobamovirus. Los síntomas se pueden ver cuando se presenta una aclaración emitida de las venas en las hojas jóvenes de la planta, en la que algunas hojas presentan abultamientos parecidos a ampollas. Se ve un achaparramiento, clorosis y mosaicos; sobre todo la caída prematura de las hojas que están más viejas. Se presenta el aborto de las flores y frutos. Se observa necrosis de las yemas, deformación de los frutos e irregularidad en la maduración del fruto.

Las principales fuentes de inóculo son residuos de plantas que ya están infectadas o sobre todo se puede transmitir mecánicamente.

Control de virosis

No existe un producto que controle a los virus, por lo que el manejo del cultivo y de los vectores es esencial para evitar pérdidas.

- Es de suma importancia eliminar cualquier tipo de residuos del cultivo, ya que estas son fuentes de inóculos al igual que las malezas dentro en el cultivo.
- Tener un programa de insecticidas para el control de los vectores (pulgones, mosquitas blancas, chicharras, escarabajos).
- El uso de productos alternativos como: agua con detergente, concentrado de algunas plantas, aceites, acolchado, superficies pegajosas y barreras vegetales, ya que estos ayudan a disminuir la población de vectores
- Utilizar semillas que estén libres de virus
- También se debe de tomar en cuenta la fecha de siembra, ya que en ciertas épocas del año la población de vectores se incrementa.

Densidad de población

Primero se lleva a cabo la siembra en charolas de germinación, donde permanecen de 30 a 45 días, periodo en el cual la plántula alcanza la altura y desarrollo para trasplante. La densidad de población en promedio es de 20,000 a 25,000 plantas por hectárea; la distancia entre surcos puede ser de 0.92, 1.00 y 1.20 m, tomando en cuenta el tipo de chile, la maquinaria que se utilice y la región, etc. La distancia entre las plantas varía de 40 a 50 cm (Mancilla *et al.*, 2017).

Rendimiento de chile (*Capsicum annuum* L.)

La importancia del número de frutos por planta es un factor muy importante, por lo que está influenciado significativamente por el cultivar y condiciones ambientales. En genotipos de frutos pequeños, cada planta puede desarrollar varios frutos. En cuanto al rendimiento, está influenciado por el carácter de número de frutos por planta y por el contrario en genotipos de frutos grandes, en la planta se producen

aborto de algunas flores a fin de que los demás lleguen a la maduración, por lo que es lógico pensar que la producción va a depender del peso de los frutos (Mata y Ramos, 2012).

El número de frutos por planta es uno de los principales componentes en la determinación del rendimiento de fruto y ha sido considerado por algunos investigadores como el componente de mayor efecto positivo en el rendimiento. Esta es una de las principales características que se pueden utilizar como índice de selección indirecta para identificar los genotipos más sobresalientes en campo (Pérez et al., 2013).

El riego es un factor muy importante debido a que cuando disminuye el agua de riego, la transpiración del cultivo disminuye, la cual da como resultado en un incremento de la temperatura foliar y aumento del índice de estrés del cultivo y como consecuencia se da una reducción del rendimiento del cultivo; logrando obtener rendimientos máximos de 30.2, 13.9 y 12.9 t ha⁻¹ con índice de estrés hídricos de cultivos 0.50, 0.62 y 0.54 en *C. bacatum*, *C. annuum* y *C. chinense*, respectivamente (Duran et al., 2021).

Varios procesos fisiológicos vegetales pueden resultar afectados por la disminución del riego, en este caso la conductancia estomática se reduce a medida que aumenta el estrés hídrico en las hojas, causando el cierre de los estomas y el incremento de la temperatura de la hoja puede causar daños por el calor. Lo que provoca la reducción de la transpiración foliar y el aumento de la resistencia estomática (Quintal et al., 2012).

Cada uno de los procesos fisiológicos que conlleva al crecimiento de los diferentes órganos de la planta dependen directamente de la fotosíntesis, la respiración, la división celular, la elongación, la diferenciación, entre otros procesos, que generan el incremento irreversible de la materia seca, las cuales con acompañados de cambios morfológicos (Martínez et al., 2023).

El crecimiento de las plantas, la floración y fructificación en los diversos cultivos, son fases interrelacionadas cuyo comportamiento alcanza a tener un impacto en el rendimiento de los frutos. De forma general, las plantas formarán un número excesivamente más alto de flores que el número final de frutos cosechados, aunque no obstante, este tipo de expresión, el número de frutos establecidos o cuajados constituyen el parámetro que determina el rendimiento (Amador *et al.*, 2018)

2.9 Requerimientos climáticos y edáficos

Temperatura

El cultivo de chile es de clima cálido, por lo cual no resiste las heladas, para que la planta se desarrolle bien requiere de una temperatura media de 24 °C, por debajo de los 15 °C su crecimiento se ve afectado (lento) y con 10 °C el desarrollo del cultivo se detiene, si se encuentra con temperaturas superiores a los 35 °C su fructificación es muy débil o nula (Cuadro 2). En condiciones óptimas debe haber por lo menos de 2 a 5 meses para que pueda tener un adecuado desarrollo (Lesur Esquivel, 2018).

Humedad

Para tener un desarrollo normal en el cultivo de chile se requiere entre 50 a 70% de humedad relativa, debido a que este es uno de los rangos adecuados para las etapas de floración y cuajado, por lo que si se presentan valores elevados de humedad, estos favorecen al desarrollo de las enfermedades criptogámicas, por lo cual se dificulta a la fecundación y si es demasiado baja se causa la caída de las flores y frutos que están recién cuajados (Cobeña, 2015).

Cuadro 3. Temperatura y humedad promedio.

Fase	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)		
	Mínima	Óptima	Máxima	Mínima	Óptima	Máxima

Crecimiento	14°	20°-25°	35°	40	70%
Cuajado	18° a 20°	25°	35°	50	75%
Suelo	13°				
Cero vegetativo	10		35° Si		
Luminosidad	Poco	Alto	40° Si		
	fotoperiodo	fotoperiodo	HR>70°		

Fuente: (Juárez A, 2014)

El Fertirriego

Es uno de los avances tecnológicos que se ha aplicado a la producción agrícola con la finalidad de resolver dos requerimientos fundamentales de las plantas: la fertilización y el riego, básicamente, es un proceso por el cual los fertilizantes son aplicados junto con el agua de riego, con una gran ventaja para que los nutrientes sean aprovechados de manera más rápida e íntegramente por las plantas. Su uso ofrece mejorar cada vez más la producción de frutas, hortalizas, flores y plantas ornamentales (Bareiro, 2014).

pH

El chile se adapta y se desarrolla con un pH de 6.0 a 6.5, por lo que el cultivo es sensible a la salinidad. Si esta se encuentra en concentraciones altas se obtienen semillas necróticas (Álvarez, F. y Pino, 2018).

Riego

El agua es uno de los recursos de mayor importancia y más limitante para la producción de cultivos, por eso es necesario utilizar el sistema de riego por goteo que eficiente el suministro de la humedad de manera adecuada y uniforme en el momento oportuno a lo largo de todo el ciclo. El cultivo de chile exige gran cantidad de agua, por lo que una baja humedad del suelo reduce considerablemente los rendimientos y la calidad en la producción, mientras que un

exceso puede retrasar la maduración y sobre todo tiende a provocar enfermedades (Anguiano, 2010).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

La presente investigación se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano del año 2022, en el área de invernaderos del Departamento de Horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se ubica al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila. En las coordenadas 101° 02' 04' de longitud Oeste y 25° 21' 24'' de latitud Norte, con una altitud de 1763 m.s.n.m. (Google Earth, 2023) contando con un clima seco, con un verano cálido y sobre todo presencia de lluvias y temperaturas muy altas.

3.2 Descripción del sitio experimental

La evaluación agronómica se realizó en un invernadero con cubierta plástica de polietileno, extractores, calefactores, pared húmeda y también tiene regulación de temperatura, el área del invernadero es de 1200 m² de superficie.

Los surcos (camas) se acolcharon con polietileno negro y riego por goteo con cintilla. Las temperaturas mínimas registradas fueron de 18 °C y las máximas de 36 °C y con una humedad relativa promedio de 60%.

3.3 Material vegetativo

Las variedades de chile (*Capsicum annuum* L.) que se utilizaron en el experimento fueron; tratamiento 1(CJYW1), 2 (CJGN3), 3 (SCJGN10-1), 4 (SCJGN10-4), 5 (1SCJGN-1), 6 (SCPGN-10), 7 (SCPGN20) y la variedad 8 (SCJRF). Se establecieron ocho variedades para estudiar el comportamiento respecto a caracteres morfológicos de la planta, ya que es una de las principales actividades que nos permite la selección de las variedades más sobresalientes de un cultivo y

sobre todo conocer su potencial para competir en el mercado nacional en cuanto a rendimiento, a campo abierto o bajo condiciones de invernadero.

3.4 Materiales, equipos, insumos y herramientas

Cuadro 4. Materiales y herramientas que se utilizaron, para la evaluación de ocho genotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de Invernadero.

Materiales	Equipos	insumos	Herramientas
Libreta de campo	computadora	Semillas de chile	Pala
Trampas de insectos	Balanza analítica	fertilizantes	Azadón
Charolas de 200 cavidades	microscopio	insecticidas	Rastrillo
Sustrato (peat moss y perlita)	vernier		Carretilla
Estacas			Cinta métrica
Rafia			Mochila de aspersión
Bolsas de papel traza			
Marcadores y lápices			
Portaobjetos (de vidrio)			
Etiquetas			

3.5 Metodología

Desinfección del invernadero

El 19 de enero se realizó la limpieza general del invernadero, con la finalidad de eliminar malezas con el azadón y restos de cultivos anteriores. Se realizó la desinfección del interior del invernadero para eliminar cualquier tipo de insecto, para la aplicación se utilizó un insecticida de diclorvos (D.D.V.P. 50% C.E), con una dosis de 3 ml L⁻¹ de agua, se realizaron dos aplicaciones en todo el interior del área del invernadero, la dosis total aplicada fue de 120 ml de diclorvos 40 L⁻¹ de agua, para aplicar dichos productos químicos se utilizó una mochila aspersora con una capacidad de 20 L, siempre y cuando siguiendo las medidas de seguridad; una vez terminada la desinfección del invernadero se restringió el paso al interior del área del invernadero cerrándolo por un tiempo de ocho días para tener una desinfección segura sobre plagas y enfermedades.

Lavado de charolas

Se lavaron las charolas con detergente y posteriormente se colocaron en agua y cloro, dejando las charolas sumergidos por 24 horas (para eliminar cualquier hongo).

Preparación de sustrato

La preparación del sustrato, consistió en la mezcla de Peat Moss y Perlita con una proporción 50:50. A la mezcla realizada se le agregó 4 litros de agua, para que tuviera humedad suficiente y favorecer el proceso de germinación de la semilla, el uso de este sustrato permitió un buen soporte, drenaje, aireación y buen desarrollo de las raíces de las plantas.

Llenado de charolas

Se utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades, en cuyas cavidades se colocó el sustrato previamente humedecido, dándole unos golpecitos a la charola para que se acomode la mezcla hasta lograr obtener un buen llenado, y se dio una adecuada compactación y uniformidad del sustrato en la charola.

Siembra de charolas

La siembra se realizó el 27 de enero de 2022 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, colocando una semilla por cavidad y cubriéndola con 0.5 cm de sustrato. Una vez realizado la siembra en las charolas, se establecieron en un invernadero para después taparlos con un polietileno, para aumentar la temperatura y favorecer la germinación y el desarrollo de las plantas.

Durante el desarrollo de las plántulas se realizó la aplicación de nutrientes fertidrip 20-30-10 con una dosis de 1 g L⁻¹ de agua, enraizador (fax) con una dosis de 5 g L⁻¹ en 20 L de agua y aplicación de insecticida (Confidor) con una dosis de 1.5 ml por 1 L de agua para que las plantas crecieran sanas y vigorosas hasta al momento de ser trasplantadas en el invernadero.

Preparación del terreno

Un mes antes del trasplante se realizó la preparación del terreno, utilizando azadón con la finalidad de aflojar y voltear el suelo para disminuir la presencia de plagas. Y luego se procedió a la nivelación del terreno para evitar encharcamientos de agua; el levantamiento de los surcos se realizó manualmente con azadones, utilizando hilos de rafia como guías para poder alinearlos y que estuvieran bien trazados. La altura de los surcos fue de 35 cm y el largo de la cama fue de 16.7 m, el ancho de la cama fue de 1.60 m, teniendo como área experimental 106.8 m². La instalación del sistema de riego consistió en la colocación de la cintilla de riego con 30 cm de distancia entre goteros y por último se acolcharon las camas con polietileno bicolor negro/plateado.

Acolchado

El acolchado que se utilizó en este experimento fue de color negro por la parte de arriba y plata por debajo, la distancia entre orificios fue de 30 cm. El lado de color negro del polietileno impide el paso de la luz, evitando que se desarrolle maleza y sobre todo tiene la finalidad de retener mayor humedad en el suelo.

Trasplante

Esta actividad fue realizada el 7 de abril de 2022 a hilera sencilla (70 días después de la siembra; DDS) cuando la planta tenía una altura entre 12 y 14 cm y con cuatro a cinco hojas verdaderas, el lote experimental constó de tres repeticiones de cuatro plantas por genotipo, se sembró a una distancia 30 cm entre planta y planta con una separación de 1.60 cm entre cama y cama.

Sistema de riego

La colocación del sistema de riego fue manual; se utilizó cinta de riego calibre 4000 con emisores espaciados a 30 cm con dos líneas de riego por cama, con un gasto de 1 L hr⁻¹ por gotero, la cantidad de agua aplicada fue igual para los 8 tratamientos y la frecuencia de los riegos fue en base al requerimiento del cultivo.

Riegos y aplicación de la solución nutritiva

Se aplicaron dos riegos por día en la etapa inicial del desarrollo de las plantas, tomándose en cuenta desde el trasplante donde se inició las aplicaciones de los riegos de 0.250 L de agua por planta por día. dando un riego de 15 minutos en la mañana y otro en la tarde. Cuando la planta llegó a la etapa de floración y fructificación, se aplicaron 1.5 L de agua por planta por día. se aumentó el riego a 50 minutos con una aplicación de 500 L de agua diariamente en la cual fue dividida en dos riegos (25 min en la mañana y 25 min en la tarde). Con los fertilizantes mencionados se aportó la concentración en (ppm) de cada uno de los elementos siguientes: N (200), P (80), K (300), Ca (253.3), Mg (75), Fe (1.5) y Zn

(0.78) todo esto se aplicó en vía de riego de lunes a sábado, y los domingos solo se aplicaba un riego sin fertilización. Antes de agregar los fertilizantes al tinaco se medía la conductividad eléctrica y el pH del depósito, la cual se utilizó un potenciómetro y un conductímetro. La solución nutritiva fue preparada a partir de fosfonitrato (NH_4NO_3), Nitrato de magnesio $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ y MKP. El pH de la solución se ajustó a 6.5 con ácido nítrico (HNO_3). La fertilización se realizó conforme a las necesidades del cultivo a través del riego con los productos que se indican en el cuadro 4.

Cuadro 5. Fertilizante y dosis utilizada en 1000 litros de agua en el experimento, primavera-verano en saltillo, Coahuila, México 2022.

Fertilizantes	Cantidad (g/1000 L de agua)
Fosfonitrato (NH_4NO_3)	500 g
Nitrato de magnesio $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	500 g
MkP	125 g
Hierro	25 g
zinc	5 g
Ácido nítrico	180 mL

Nota: se agregaron 5 litros de agua en un recipiente en la que se agregaron los fertilizantes en el orden mencionado, después se mezcló hasta que se disolvieron por completo y posteriormente se procedió a agregar la solución concentrada en los 1000 L de agua del tinaco.

Deshierbes

Se realizaron de forma manual eliminando la maleza que se encontraba alrededor de la planta, también se utilizó el azadón para eliminar la maleza que estaba alrededor de la parcela y sobre todo en el interior del invernadero, esta labor se realizaba cada vez que el cultivo lo requería, durante el ciclo.

Poda de formación

Se realizó una poda de formación a las tres semanas después del trasplante, las plantas ya presentaban en el eje principal una bifurcación, dando origen a dos o tres tallos principales donde se forma la primera horqueta y lugar en donde se

genera la primera flor. Se podó la primera flor y también se podaron los demás tallos, dejando a la planta a dos tallos principales; también se podaron los brotes que se encontraban por debajo de la primera bifurcación de la planta.

Poda de mantenimiento

Después de realizarse la poda de formación, se llevó acabo la poda de mantenimiento cada semana, ya que las plantas de chile continúan produciendo nuevos brotes en cada tallo principal. Esta poda nos permite mantener a dos tallos principales por planta durante todo el ciclo productivo, dejando a los tallos que tengan mayor vigor; para evitar competencias entre las plantas, para la producción de frutos de mejor calidad, al eliminar los tallos más débiles se dejaron una hoja por encima de la flor con la finalidad de que la hoja brindara nutrientes al fruto en desarrollo y sobre todo proteger el fruto de quemaduras de sol.

Deshoje

Después que se llevó acabo la primera cosecha de los primeros frutos desarrollados en la parte inferior de la planta, se podaron las hojas viejas.

Esta es una de las principales labores que permite mejorar la aireación al interior del cultivo, permitiendo que disminuya la ocurrencia de plagas y enfermedades causadas por hongos y el ataque de mosca blanca.

Tutoreo

Esta labor se realiza para proveer a la planta de un soporte o punto de apoyo, con el fin de sostener el peso, a medida que se avanza en el desarrollo de la planta. Se tutoró cuando las plantas ya tenían 50 días después del trasplante, el material que se utilizó como soporte de la planta fueron hilos de rafia enrollados en ganchos de alambre, en la cual se sujetó con clips de plástico a la base del tallo y así enredándose en la planta, para conducir verticalmente los tallos de la planta y sujetarlos a los alambres galvanizados que están colocados en el invernadero.

Control de plagas y enfermedades

El cultivo de chile es bastante sensible a problemas fitosanitarios desde la emergencia en el almácigo hasta la poscosecha de los frutos. Para tener un buen control de plagas y enfermedades en el cultivo de chile, se estuvo monitoreando la planta de manera constante desde el inicio de su crecimiento, para identificar cualquier problema fitosanitario oportunamente y tomar las medidas preventivas, ante cualquier plaga o enfermedad que pudiese presentarse durante el ciclo del cultivo. Se hicieron aplicaciones de insecticidas y fungicidas de acuerdo al comportamiento del cultivo, los productos químicos que se utilizaron fueron disueltos en una mochila aspersora con una capacidad de 20 litros, los productos y dosis que se utilizaron se describen en el cuadro 5.

Trips (*Frankliniella occidentalis*). Esta plaga se presentó en el inicio de la floración, y provoca un daño directo a la planta (lesiones en fruto, hojas y flores) produciendo pérdidas graves. Para su control los productos químicos que se utilizaron fueron: (Actara^{MR} y Deltapyr^{MR}) cambiándolos en cada aplicación que se realizaba. La aplicación de los productos se realizó con una mochila aspersora. Las aplicaciones se realizaban en la mañana o en tarde para tener mayor eficacia, debido a que los trips se esconden de la luz.

Mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Esta plaga se presentó en la etapa de floración y fructificación del cultivo, causando daño por su tipo de alimentación en la planta (succión de savia) provocando un debilitamiento en la planta. Para su control se hicieron aplicaciones de insecticidas (Confidor^{MR}, Actara^{MR} y Confidel^{MR}). En las soluciones también se le agregó jabón líquido como adherente y sobre todo también se utilizaron trampas amarillas como apoyo para el control o eliminación de plagas (Cuadro 5).

Minador de la hoja (*Liriomyza trifolii* Burgess), Esta plaga se presentó en la primera cosecha a los 107 días después del trasplante, para su control se aplicó (Actara^{MR}).

Cuadro 6. Productos y dosis que se aplicaron en las plantas de chile para el control de plagas y enfermedades en Saltillo, Coahuila, México 2022.

Producto	Ingrediente activo	Producto	Dosis
Insecticidas	Imidacloprid	Confidor	1.5 g/L
	Abamectina	Abamectina	1 ml/L
	Thiametoxam	Actara	0.3 g/L
	Dimetoato	Deltapyr	0.5 mL/L
	Imidacloprid	Confidel	1mL/L
	Tiametoxan	Engeo	1mL/L
Fungicidas	Metalaxil	Ridomil Gold	1.5 mL/L

Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, cada ocho días aproximadamente o bien cuando los frutos por planta presentaban cierto grado de madurez para cada variedad y la forma de identificar un fruto maduro fue a través de simple observación de la coloración, consistencia y tamaño de frutos. Se realizaron cinco cortes durante el ciclo, la cosecha se realizó en las siguientes fechas, 24 de julio, 31 de julio, 8 de agosto, 17 de agosto y 25 de agosto del 2022. Una vez cosechado se pesó el fruto cada uno de los tratamientos.

3.6 Variables Evaluadas

Número total de frutos por planta (NTFP)

Se contó el número total de frutos por planta en cada uno de los tratamientos, realizando una sumatoria de los frutos obtenidos en todas las cosechas y luego se dividió entre el número de plantas de cada tratamiento y entre el número de cosechas.

Peso total de frutos por planta (PTFP)

Se determinó realizando el pesado de todos los frutos de todas las plantas de cada tratamiento, posteriormente fue realizada la sumatoria de todos los frutos obtenidos en todas las cosechas y luego se dividió entre el número de plantas de cada tratamiento y entre el número de cosechas (Figura 1).



Figura 1. Peso total de frutos por planta en el cultivo de chile en el laboratorio del campo experimental de la UAAAN Saltillo.

Largo de fruto (LDF)

Se midió desde el cáliz hasta el ápice del fruto con un vernier esteren^{MR}, tomando cuatro frutos por tratamiento y las mediciones se realizaron a los 107, 114, 122, 131 y 139 días después del trasplante, con la finalidad de poder conocer el largo promedio de fruto, como un parámetro de calidad (Figura 2). Los resultados fueron expresados en centímetros.



Figura 2. Medición del largo de frutos, en la cual se utilizó un vernier esteren^{MR} en el laboratorio del campo experimental de la UAAAN Saltillo.

Ancho de frutos (ADF)

Para esta medición se utilizó un vernier esteren^{MR}, colocando el vernier en la parte media del fruto y así obtener los datos en cm (Figura 3), de igual forma tomando cuatro frutos por tratamiento y las mediciones se realizaron a los 107, 114, 122, 131 y 139 días después del trasplante con la finalidad de saber el ancho promedio del fruto. Los resultados fueron expresados en centímetros.



Figura 3. Medición del ancho de frutos, en la cual se utilizó un vernier steren^{MR} en el laboratorio del campo experimental de la UAAAN Saltillo.

Peso promedio del fruto (PPF)

Para obtener el peso de cada uno de los frutos se utilizó una báscula digital. Se determinó realizando una sumatoria del peso en gramos de todos los frutos registrados durante todas las cosechas realizadas a los 107, 114, 122, 131 y 139 días después del trasplante y luego se dividió entre el número de frutos totales, esta variable se determinó para cada uno de los tratamientos; los datos obtenidos se expresaron en gramos (g).

Largo de hoja (LDH)

Se midió el largo de la hoja utilizando las hojas intermedias de la planta, se realizaron las mediciones con una cinta métrica (cm), llevándose a cabo una sola medición a los 131 después del trasplante (Figura 4), tomándose en cuenta 2 plantas por tratamiento, realizando 2 mediciones en cada planta, con 4 plantas por tratamiento para estimar la longitud promedio por tratamiento. Los resultados fueron expresados en centímetros.



Figura 4. Medición de largo de hoja, se utilizó una cintra métrica, en el invernadero del campo experimental de la UAAAN Saltillo.

Ancho de hoja (ADH)

Se midió el ancho de la hoja utilizando las hojas intermedias de la planta, lo cual se realizaron las mediciones con una cinta métrica (cm), llevándose a cabo una sola medición a los 131 después del trasplante tomándose en cuenta 2 plantas por tratamiento (Figura 5), realizando 2 mediciones en cada planta, con 4 plantas por tratamiento, siendo 88 mediciones por las tres repeticiones. Los resultados fueron expresados en centímetros.



Figura 5. Medición del ancho de la hoja, se utilizó una cintra métrica, en el invernadero del campo experimental de la UAAAN Saltillo.

Densidad estomática del haz (DEH) y densidad estomática del envés (DEE)

Para el estudio de las estomas, se tomaron las muestras a los 140 días después del trasplante, dos hojas maduras totalmente expandidas y con la misma orientación, de la primera rama, considerando dos plantas por tratamiento.

En cada una de las hojas, de su parte media, se tomó una impresión epidérmica del haz (adaxial) y otra del envés (abaxial) se utilizó esmalte para uñas, aplicando una capa delgada sobre la superficie foliar con un pincel. Dejando secar la película del esmalte por 10 segundos, una vez seca la película, fue removido con un trozo de cinta adhesiva transparente y se montó sobre un portaobjetos (Figura 6). En cada uno de las impresiones se observaron al azar dos campos del microscopio a 40X, analizando 88 campos del microscopio por tratamiento, de la superficie adaxial y 88 de la superficie abaxial. De cada uno de los campos se tomó una microfotografía, en las que se procedió a contar las estomas bajo el microscopio y las células epidérmicas, después se midió el largo y ancho (μm) de las células oclusivas de dos estomas en cada uno de los campos obtenidos en el microscopio, de tal forma que se midieron 176 estomas de la superficie adaxial y 176 de la superficie abaxial por tratamiento.



Figura 6. En el estudio de los estomas, se tomó una impresión epidérmica del haz y envés de la hoja, en la que fueron montados en un portaobjetos.

La densidad estomática se obtuvo de la siguiente forma:

$DE = \text{Número de estomas} / 0.02479 \text{ mm}^2$ (área de la imagen fotografiada) = estomas por mm^2 .

Para sacar el índice estomático se utilizó la siguiente fórmula:

$IE = \text{N}^\circ \text{ de estomas} / \text{células epidérmicas} + \text{N}^\circ \text{ de estomas} \times 100$ (Wilkinson, 1979). Se utilizó un microscopio compuesto (Carl Zeiss) con cámara digital (Pixera Corporation) modelo No. PVC 100C y también un software de medición (Axion Visión Rel. 4.8.2)

Para saber cuál era la densidad estomática de la parte adaxial de la hoja se contaron el número de estomas que se observaba en el campo de la imagen y luego se midió el largo y ancho del área de la imagen con el software (Axion Visión Rel. 4.8.2) (Figura 7) para obtener un promedio en cuanto a la densidad estomática (del número de estomas por mm^2).



Figura 7. Conteo del número de estomas, para ello se utilizó un microscopio compuesto (Carl Zeiss) con cámara digital (Pixera Corporation).

Para saber cuál era la densidad estomática de la parte abaxial de la hoja se contaron el número de estomas que se observaba en el campo de la imagen y luego se midió el largo y ancho del área de la imagen con el software (Axion Visión Rel. 4.8.2) para obtener un promedio, en cuanto a la densidad estomática (del número de estomas por mm²).

Índice estomático del haz (IEH)

Para obtener el IE de la parte (adaxial) de la hoja se consideró el número de estomas / células epidérmicas + número de estomas X 100. Se utilizó un microscopio compuesto (Carl Zeiss) con cámara digital (Pixera Corporation). Para obtener un promedio en cuanto IE.

Formula: $IE = \frac{N^{\circ} \text{ de estomas} \times 100}{\text{células epidérmicas} + N^{\circ} \text{ de estomas}}$.

Índice estomático del envés (IEE)

Para obtener el IE de la parte abaxial de la hoja se consideró el número de estomas / células epidérmicas + número de estomas X 100. Se utilizó un microscopio compuesto (Carl Zeiss) con cámara digital (Pixera Corporation). Para obtener un promedio en cuanto IE.

Formula: $IE = \frac{N^{\circ} \text{ de estomas} \times 100}{\text{células epidérmicas} + N^{\circ} \text{ de estomas}}$.

Largo de estomas del haz (LEH)

Se midieron el largo de dos estomas en la parte (adaxial) de la hoja, en cada uno de los tratamientos con la finalidad de saber cuál fue el tamaño en promedio de estomas en cada uno de los tratamientos; el software de medición que se utilizó fue (Axion Visión Rel. 4.8.2), por lo que los resultados fueron expresados (µm).



Figura 8. Medición del largo de los estomas del haz de las hojas, para ello se utilizó el software (Axion Visión Rel. 4.8.2).

Ancho de estomas del haz (AEH)

Se midieron el ancho de dos estomas de la parte (adaxial) de la hoja, en cada uno de los tratamientos con la finalidad de estimar el ancho promedio de estomas de todos los tratamientos; el software de medición que se utilizó fue (Axion Visión Rel. 4.8.2), por lo que los resultados fueron expresados (μm).



Figura 9. Medición del ancho de los estomas del haz de las hojas, para ello se utilizó el software (Axion Visión Rel. 4.8.2).

Largo de estomas del envés (LEE)

Se midieron el largo de dos estomas de la parte (abaxial) de la hoja, en cada uno de los tratamientos con la finalidad de estimar la longitud promedio de estomas de todos los tratamientos; el software de medición que se utilizó fue (Axion Visión Rel. 4.8.2), por lo que los resultados fueron expresados (μm).

Ancho de estomas del envés (AEE)

Se midieron el ancho de dos estomas de la parte abaxial de la hoja, en cada uno de los tratamientos con la finalidad de saber cuál fue el mejor tamaño en promedio de estomas de todos los tratamientos; el software de medición que se utilizó fue Axion Visión Rel. 4.8.2, por lo que los resultados fueron expresados (μm).

3.7 Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó fue bloques completos al azar, los tratamientos en este experimento estuvieron conformado por ocho genotipos, en la que cada genotipo tuvo tres repeticiones de cuatro plantas por tratamiento, siendo estas la parcela útil.

3.8 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza bajo un modelo estadístico de bloques completos al azar, el cual se basa en la ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \phi_k + T_i + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor observado en el i-ésimo bloque, con efecto del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

ϕ_k = Efecto del K-ésimo bloque

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento, $i=1,2,3\dots t$ tratamientos

E_{ij} = Error experimental.

Para el análisis de las variables se utilizó el paquete estadístico (SAS), en la que se realizó un análisis de varianza y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con una probabilidad de $p \leq 0.05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes del rendimiento

Los resultados de los análisis de varianza (cuadro 6) para la variable NTFP no mostró diferencias significativas entre tratamientos indicando que todas las variedades tienen la misma capacidad productiva, aunque si se encontraron diferencias significativas en la variable PTFP, no se encontraron diferencias significativas en la variable LDF y ADF, aunque si se encontraron diferencias significativas en la variable PPF.

Cuadro 7. Análisis de varianza de las variables agronómicas de variedades de Chile cultivadas en invernadero, en el 2022.

Fuente de Variación	Grados De libertad	Cuadrados medios				
		NTFP	PTFP	LDF	ADF	PPF
Variedades	7	51.89 ^{NS}	82160.21*	2.71 ^{NS}	1.95*	643.26*
Bloques	2	36.12 ^{NS}	105076.06*	3.54 ^{NS}	1.41 ^{NS}	208.27 ^{NS}
Error	14	56.94	24,775.69	1.50	0.71	156.59
Media		13.26	270.95	4.98	3.18	24.06
C.V. (%)		56.90	58.09	24.59	26.55	51.99

*=Diferencia significativa ($P \leq 0.05$), NS= no significativo; C.V.= Coeficiente de variación; NTFP=número total de frutos por planta; PTFP=peso total de frutos por planta; LDF=largo de frutos; ADF=ancho de frutos; PPF=peso promedio del fruto.

Número total de frutos por planta

La media de la variable NTFP fue de 13.26, sin embargo, la variedad 1 fue la que exhibió el valor más alto, que superó en 183% al tratamiento 4, que fue el que presentó el valor más bajo. Lo antes expuesto es probable a errores de muestreo o bien a que durante el desarrollo del cultivo se presentó una enfermedad fungosa que indujo altos coeficientes de variación (Figura 10).

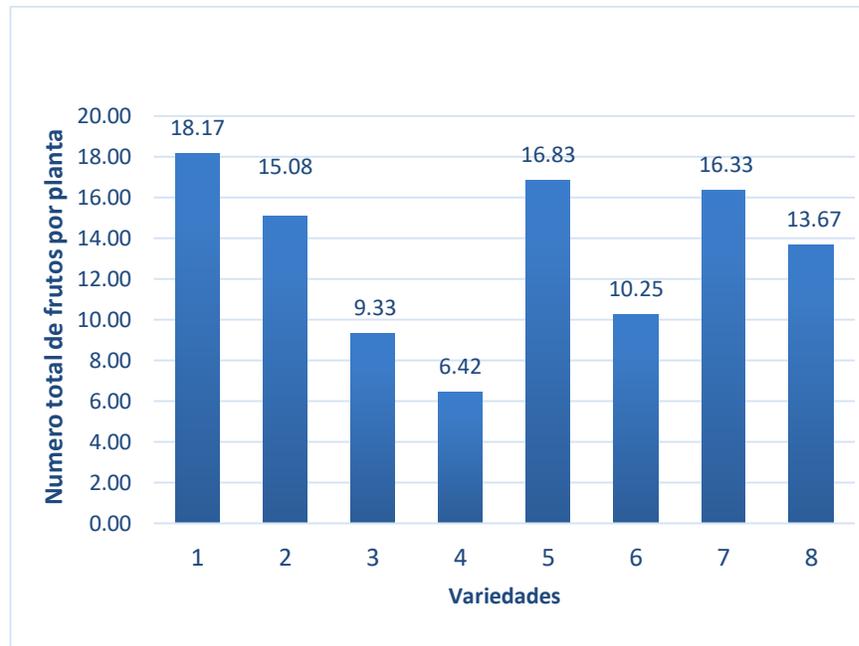


Figura 10. Frutos por planta de las ocho variedades de chile (*Capsicum annum* L.), desarrollado en invernadero en Saltillo, Coahuila, 2022.

Estos resultados difieren de los encontrados por Sánchez (2017) que al evaluar variedades de pimiento morrón, obtuvieron 5.98 frutos por planta y encontraron que el número de frutos por planta se redujo con la mayor densidad de población. Se sabe que existen situaciones de estrés que pueden provocar el aborto de flores y frutos en el cultivo del pimiento, como cambios de luz, temperatura, déficit de presión de vapor o competencia por asimilados y relaciones de dominancia entre frutos, debido a efectos hormonales; estos factores no necesariamente actúan por separado sino que pueden actuar conjuntamente y en poco tiempo provocar la disminución en el número de frutos (Reséndiz *et al.*, 2010).

Zuñiga *et al.* (2022) mencionan que en pimiento encontraron diferencias en cuanto al rendimiento de frutos por planta, lo que podría deberse a la amplia diversidad genética entre las poblaciones y dentro de las poblaciones estudiadas.

Peso total de frutos por planta

La variedad 5 fue el que presentó el mayor PTFP con un valor de 641.92, fue significativamente igual a los tratamientos 1, 3, 6 y 8, y superó significativamente (Tukey, $P \leq 0.05$) a los tratamientos 2, 4 y 7. El tratamiento 5 superó en 562.9% al tratamiento 7 que fue el tratamiento con el menor peso de fruto por planta (Figura 11).

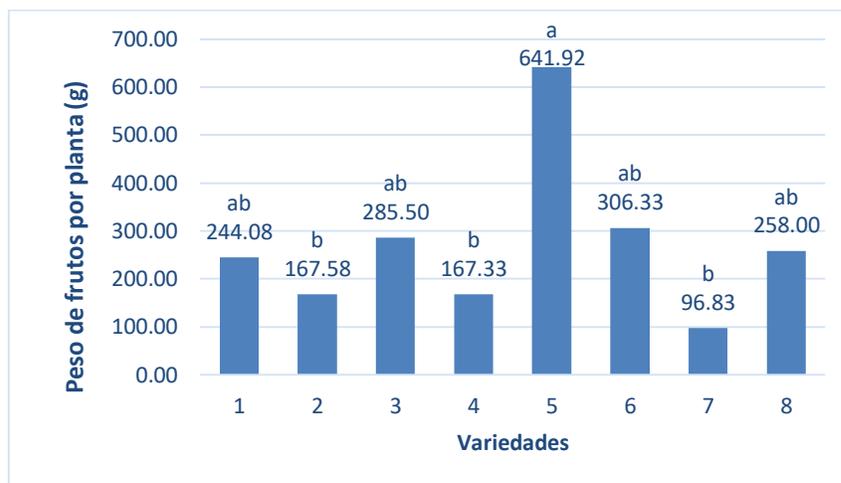


Figura 11. Peso total de frutos por planta de las variedades de chile (*Capsicum annuum* L.), cultivado en invernadero, en Saltillo, Coahuila, 2022.

Los resultados obtenidos difieren a los reportados por Ortega *et al.* (2022) en el cultivo de pimiento (híbridos) establecido en invernadero, en la cual observaron diferencias entre los híbridos. El híbrido que presentó mayor rendimiento de pimiento en invernadero fue el Macantro con un peso promedio de 143.75 g. Mientras que en este experimento el tratamiento 5 tuvo un PTFP de 641.92 g. Las diferencias encontradas en cuanto al PTFP en este experimento se debieron a que se trabajaron con variedades contrastantes en rendimiento y genéticamente diferentes y fueron afectados de forma diferente por el ambiente de invernadero.

Ortega *et al.* (2022) indican que es muy importante conocer el hábito de crecimiento de cada tipo de pimiento que se quiere sembrar, ya que las plantas son diferentes unas de otras en su poder de absorción, debido a que las plantas que se encuentran cultivadas en un mismo suelo pueden obtener una alimentación mineral diferente desde un punto de vista cualitativo como cuantitativo.

El crecimiento y desarrollo del cultivo puede tener variabilidad según los genotipos y sobre todo el potencial de rendimiento será mejor expresado en un ambiente protegido, en la cual se tiene mayor control del ambiente de producción con un mejor manejo por tutorado, riego y manejo de fertilizantes.

Largo de frutos

En la variable LDF no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, el tratamiento 5 fue el que presentó la mayor longitud, con frutos de 6.7 cm, superando a los frutos del tratamiento 4, en 74%, que fueron los frutos de menor longitud (Figura 12).

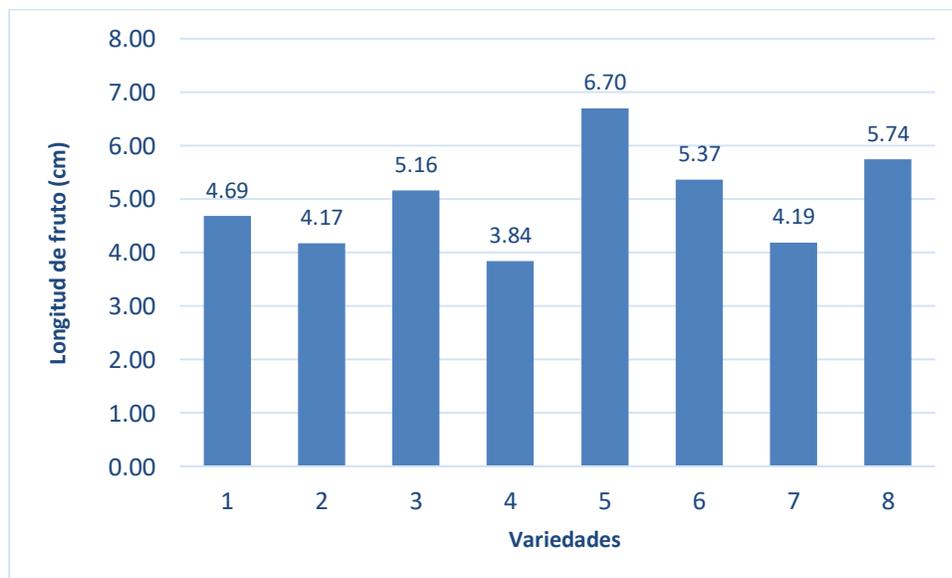


Figura 12. Longitud de fruto de ocho variedades de chile (*Capsicum annuum* L.) producido en invernadero en Saltillo, Coahuila, 2022.

Los resultados observados, son similares a los reportados por Monge-Pérez *et al.* (2022) en el cultivo de chile pimiento (híbridos), quien no encontró diferencias

significativas entre híbridos, mientras que el pimiento cuadrado presentó una LDF de 8.46 cm significativamente menor en relación con los otros tipos de pimiento.

Parra *et al.* (2008) menciona que los frutos que se llegan a formar después de la primera floración, incrementan en número pero se reduce la longitud del mismo, también se debe considerar que cuando la planta tenga menor carga de fruto, mayor será la longitud del fruto.

Ancho de frutos

El tratamiento 5 presentó el mayor ancho de fruto (4.78 cm) y fue significativamente igual a seis tratamientos, pero fue significativamente (Tukey, $P \leq 0.05$) superior al tratamiento 7, al cual superó en 140%.

Se puede ver la alta variabilidad en cuanto al ADF entre las variedades estudiadas, indicando la variabilidad genética de los materiales bajo estudio (Figura 13).

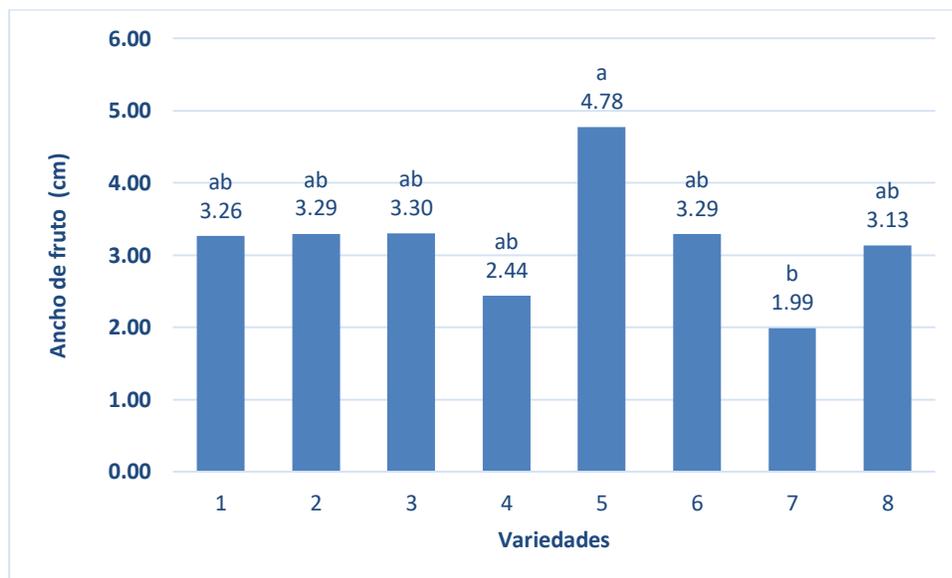


Figura 13. Ancho de frutos de ocho variedades de chile (*Capsicum annuum* L.), cultivados en invernadero en Saltillo, Coahuila, 2022.

Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Monge-Pérez *et al.* (2022) en el cultivo de chile pimiento (híbridos), quienes observaron que el pimiento cuadrado presentó frutos (8.45 cm) significativamente más anchos que

los pimientos rectangulares (7.46 cm) y cónicos (5.76 cm), mientras que el pimiento rectangular mostró frutos significativamente más anchos que el pimiento cónico.

Peso promedio del fruto

La variedad 5 presentó un PPF significativamente superior a las variedades T1, T2 y T7, superando en 76.5% a la variedad T6 que ocupó el segundo mayor PPF y en 166.2% al que ocupó el quinto lugar, pero fue significativamente igual a la variedad T5, a la variedad T7 la superó en 538.3%, la cual ocupó el PPF más bajo (Figura 14). Lo antes expuesto muestra la amplia variabilidad genética de los materiales utilizados en el presente trabajo de investigación.

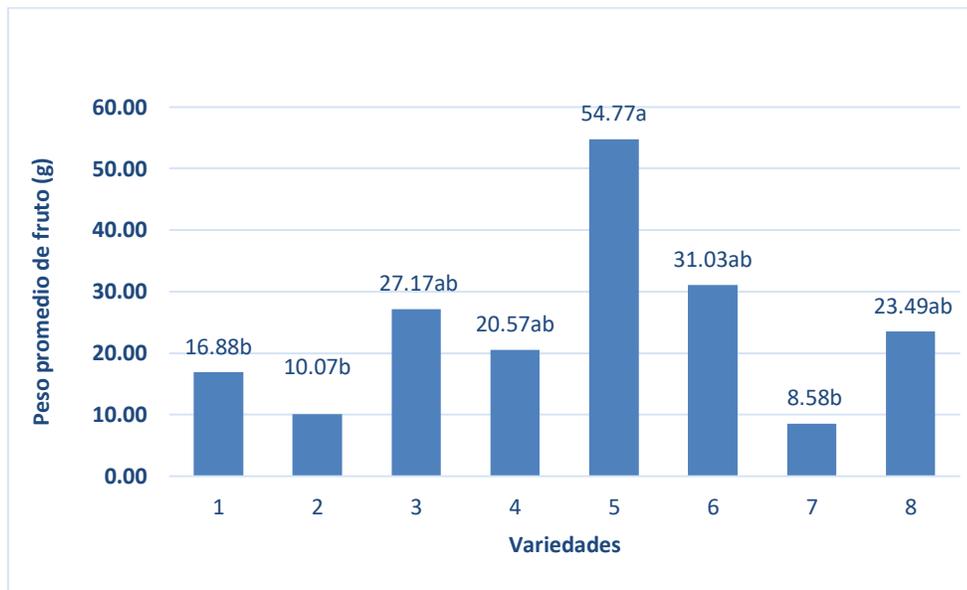


Figura 14. Peso promedio del fruto de los ocho genotipos de chile (*Capsicum annuum* L.), cultivados en invernadero en Saltillo, Coahuila, 2022.

El peso promedio del fruto puede ser afectado por el número de tallos secundarios de la planta, afectando negativamente el número de frutos y favoreciendo sobre todo el peso medio de fruto, pero sobre todo por la diversidad genética de las variedades estudiadas, y se debe de considerar la interacción de las variedades con factores ambientales como la temperatura. Villa *et al.* (2009) mencionan que la variación del peso promedio del fruto puede deberse principalmente a la

diversidad de los materiales genéticos y a la diferencia en cuanto a condiciones micro meteorológicas dentro de los invernaderos. Monge & Loria (2018) reportan que el peso promedio del fruto puede variar entre 25.5 y 323.0 g, además mencionan que el peso promedio del fruto de chile dulce es mayor conforme disminuye el número de tallos por planta.

2.2 Características Foliare

El análisis de varianza realizado a variables foliares exhibió diferencias significativas entre variedades en las variables LDH y ADH, pero no se encontraron diferencias significativas entre variedades en las variables DEH, DEE, IEH e IEE, como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 8. Análisis de varianza de variables foliares de variedades de chile cultivadas en invernadero, en el 2022.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios					
		LDH	ADH	DEH	DEE	IEH	IEE
Variedades	7	2.77 ^{NS}	0.84 [*]	4067.32 ^{NS}	36118.73 ^{NS}	4.41 ^{NS}	40.90 ^{NS}
Bloque	2	6.97 [*]	1.59 [*]	18505.92 ^{NS}	36418.67 ^{NS}	11.09 ^{NS}	19.00 ^{NS}
Error	14	1.16	0.27	9209.56	27258.34	4.75	21.23
Media		4.78	2.43	302.51	626.03	25.52	39.64
C.V. (%)		22.58	21.68	31.72	26.37	8.53	11.62

*=Diferencia significativa ($P \leq 0.05$), NS= no significativo; C.V.= Coeficiente de variación; LDH=largo de hoja (cm); ADH=ancho de hoja (cm); DEH=densidad estomática del haz; DEE=densidad estomática del envés; IEH=índice estomático del haz; IEE=índice estomático del envés.

Largo de hoja

La prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) muestra que la variedad 5 tuvo hojas significativamente más largas que la variedad 7, a la cual superó en 119.5%. Loseñara y Ylanan (2019) indican que el medio ambiente es un factor muy importante, principalmente la altitud, ya que tiene una gran influencia en la

morfología de las plantas de *C. annuum*. Por su parte Khan *et al.*, (2020) reportaron, que en sus investigaciones han demostrado que las variaciones en el carácter de la hoja, son el resultado de la adaptación al hábitat de crecimiento. Por lo tanto, las diferencias observadas indican que las plantas respondieron de forma diferente debido a la constitución genética de las variedades bajo estudio.

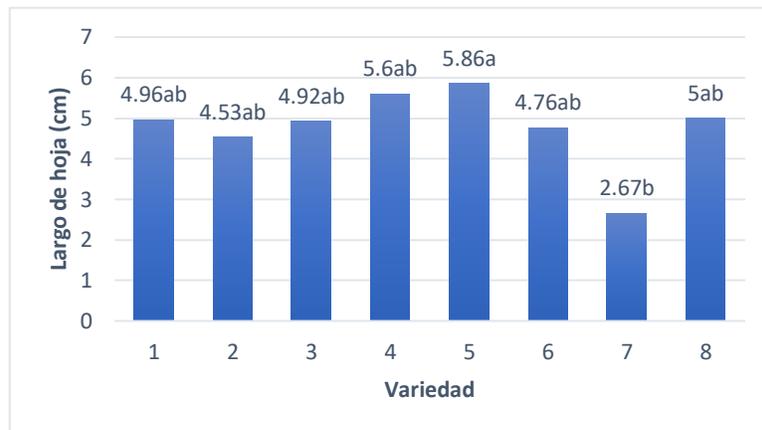


Figura 15. Comparación de medias para la variable largo de hoja (centímetros) de las ocho variedades de chile (*Capsicum annuum* L.), bajo condiciones de invernadero en Saltillo, Coahuila, 2022.

Ancho de hoja

En la variable ADH se encontró que la variedad 5 fue significativamente superior a la variedad 7, a la cual superó en 133.8%. La variedad 5 también fue la que presentó la mayor longitud de hoja (Figura 16). Esta variable es importante porque en este órgano es donde se realiza la actividad fotosintética más importante de las plantas, y que está relacionada con la acumulación de reservas. Estos procesos están relacionados con el rendimiento de fruto, como en el presente caso, donde esta variedad fue la que presentó el mayor peso de fruto y el mayor tamaño de fruto. En cambio, la variedad 7 fue la que presentó el menor peso promedio de fruto y el menor tamaño de fruto, indicando la importancia del área foliar en el rendimiento de fruto. Ramírez *et al.* (2018) reportan que existe una fuerte variabilidad en caracteres vegetativos, como el hábito de crecimiento y tamaño de hojas. En cambio Alabi *et al.* (2014) señalan que altas densidades de plantas

afectan la formación y desarrollo de las hojas, en respuesta a la competencia por los recursos físicos (suelo, humedad y nutrientes) por espacios disponibles que influyen en el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas.

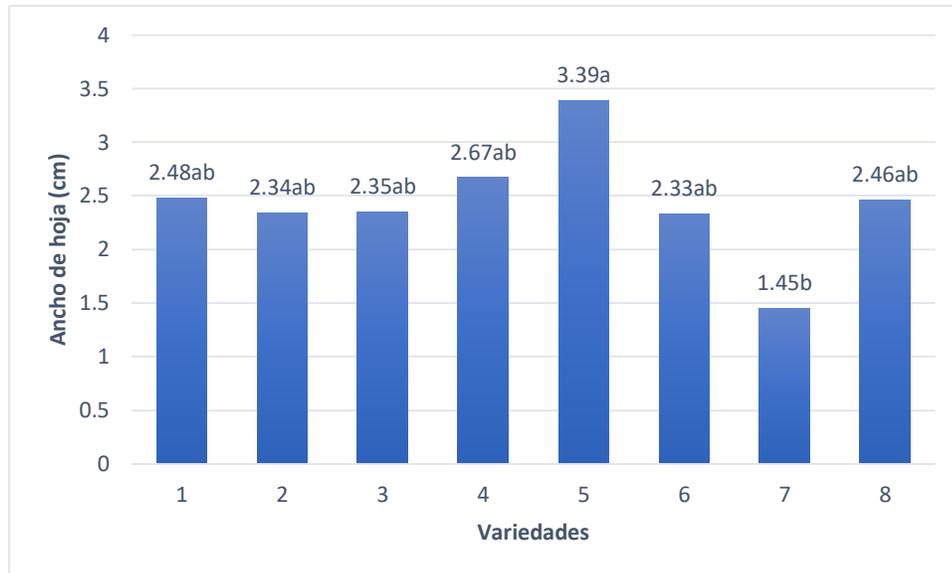


Figura 16. Ancho de hoja (centímetros) de ocho variedades de chile (*Capsicum annuum* L.), cultivado de invernadero en Saltillo, Coahuila, 2022.

Densidad estomática adaxial y abaxial

La cantidad de estomas por unidad de área foliar en el haz y envés de las hojas no exhibió diferencias significativas entre variedades. Al respecto, Ayala *et al.* (2010) señalan que al incrementar la densidad estomática de las hojas en los injertos, estos incrementan su tasa de asimilación de CO₂, la transpiración y conductancia estomática. Lo anterior trae como consecuencia respuestas metabólicas en las plantas, al modificarse en función del genotipo y de la incidencia de variaciones en los factores ambientales. Sin embargo, en el presente caso no se presentaron diferencias significativas entre las variedades estudiadas.

Los resultados obtenidos son diferentes a los reportados por Olatunji y Afolayan (2020) donde describen que las variedades cultivadas de *C. annuum* y *C. frutescens* obtuvieron una densidad estomática media que difirió entre las variedades que van desde 69.01 estomas mm⁻² en *C. annuum* var. *abbreviatum* a

103,53 estomas mm^{-2} en *C. annuum* var. *acuminatum*. Teniendo una menor cantidad en el haz de las hojas que en el envés. Olatunji & Afolayan (2020) también señalan que las variedades cultivadas de *C. annuum* y *C. frutescens* tuvieron una densidad estomática media que difirió entre las variedades que van desde 134.27 estomas mm^{-2} en *C.annuum* var. *abreviatum* a 106.01 estomas mm^{-2} en *C. annuum* var. *Acuminatum*, obteniendo una menor cantidad en cuanto a densidad estomática en el envés de las hojas. En cambio, en el presente trabajo se encontraron mayor cantidad de estomas en el envés de las hojas que en el haz.

Índice estomático adaxial y abaxial

La densidad estomática es una variable de importancia en el intercambio gaseoso, que es de relevancia en procesos fisiológicos, sin embargo, es una característica que puede cambiar en función de la posición de la hoja o de la orientación de la misma, o bien por efecto de factores climáticos. En cambio, el índice estomático considera además del número de estomas por unidad de área, también las células epidérmicas, por lo tanto, es una variable más adecuada a considerar al momento de estudiar especies o variedades de una determinada especie. En éste sentido Barrientos-Priego *et al.* (2003) indican que el índice estomático resulta un buen indicador para diferenciar plántulas con fines de selección. Este índice tiene la ventaja de compensar cambios en la densidad estomática con cambios en la densidad de células epidérmicas y en el área foliar. Aunque en la presente investigación no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el índice estomático adaxial o abaxial entre las ocho variedades estudiadas (Cuadro 8), se infiere que las diferencias genéticas entre las variedades estudiadas no son lo suficientemente grandes para encontrar diferencias, además el ambiente de producción fue en invernadero, donde no hubieron condiciones extremas en temperatura o humedad relativa que podrían haber inducido la expresión génica a nivel de estomas y células epidérmicas. Los resultados obtenidos en el presente trabajo fueron diferentes a los reportados por Zhigila (2015) en el índice estomático adaxial de *Capsicum annuum* variedad *Glabriusculum* (13.69%) mientras que en la variedad *Annuum* reportan un valor de 1.94%. En cambio, el

índice estomático abaxial reportado por éste mismo autor en *Capsicum annum* variedad *Glabriusculum* fue de 51.54%, mientras que en la variedad *Annum* reportan un valor de 56.60%.

Cuadro 9. Densidad e índice estomático observado en variedades de chile cultivado en invernadero, en Saltillo, Coahuila en 2022.

Variedad	DEH (%)	DEE (μm)	IEH (%)	IEE (%)
1	289.07	658.81	24.99	38.76
2	309.24	477.30	26.36	31.78
3	275.62	799.98	23.91	42.95
4	376.46	726.03	25.80	41.34
5	336.13	685.70	24.31	40.12
6	282.35	524.36	26.29	38.01
7	282.35	557.97	27.58	43.53
8	268.90	578.14	24.95	40.63

Morfometría estomática en *Capsicum annum*

En la morfometría estomática se midió el largo y ancho de estomas adaxiales y abaxiales de ocho variedades de *Capsicum annum*, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en las variables LEH, AEH, LEE y AEE (Cuadro 9). Esto indica que las variedades estudiadas no son muy diferentes genéticamente y el ambiente bajo invernadero no indujo cambios significativos en las variables antes citadas.

Cuadro 10. Morfometría estomática adaxial (LEH, AEH) y abaxial (LEE AEE) en variedades de chile cultivado en invernadero, en Saltillo, Coahuila en 2022.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		LEH	AEH	LEE	AEE
Variedades	7	46.38 ^{NS}	20.55 ^{NS}	434.05 ^{NS}	188.09 ^{NS}

Bloques	2	59.44 ^{NS}	22.40 ^{NS}	225.57 ^{NS}	83.23 ^{NS}
Error	14	39.70	11.68	374.90	150.58
Media		28.72	15.15	31.39	20.22
C.V. (%)		21.93	22.55	61.68	60.67

C.V= Coeficiente de variación; LEH=largo de estomas del haz (μm); AEH=ancho de estomas del haz (μm); LEE=largo del estoma del envés (μm); AEE=ancho de estoma del envés (μm).

Morfometría de estomas adaxiales

El tamaño de los estomas puede ser afectado por condiciones climáticas estresantes como altas o bajas temperaturas o condiciones de estrés por sequía o salinidad y estos cambios pueden modificar procesos fisiológicos vitales para las plantas, Strasburger *et al.* (1986) y Aasaman *et al.* (2001), indican que el tamaño de los estomas es un factor clave en el proceso de aclimatación al estrés hídrico, y existe una relación inversa entre el tamaño del estoma y la resistencia a la sequía. Sin embargo, en el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas entre variedades, el rango en la LEH fue de 20.07 a 32.93 μm , mientras que en el AEH fue de 10.92 a 19.02 μm . Los resultados obtenidos en la presente investigación no coinciden con los reportados por Serrano *et al.* (2022), ya que ellos reportan una longitud de 110.57 μm en el cultivo de chile jalapeño. Los valores en la longitud de estomas adaxiales observados en el presente trabajo y los reportados por el autor antes citado, puede ser el resultado de que fueron cultivados en condiciones climáticas contrastantes. El ancho de los estomas del haz reportados por Serrano *et al.* (2022), fue de 20.015 μm , similar al observado en el presente trabajo, aunque de acuerdo a lo reportado en el LEH, se debería de esperar un valor muy diferente.

Morfometría de estomas abaxiales

En la longitud de estomas abaxiales no se encontraron diferencias significativas entre las variedades bajo estudio, el valor más bajo fue 20.53 μm , mientras que el valor más alto observado fue de 59 μm , en general se observó una media de

31.39 μm . Por su parte Hayati *et al.*, (2021) mencionan que observaron estomas abaxiales de 28.34 μm e longitud en hojas de pimiento, este valor es similar a la media observada en el presente trabajo de investigación (Cuadro 10). Mientras que el ancho de estomas abaxiales fue similar a la variable anterior, no se encontraron diferencias significativas entre variedades en el ancho de estomas abaxiales, donde el valor más bajo observado fue de 18.12 μm , y el valor más alto fue de 38.06 μm , con una media de 20.22 μm . En otro trabajo de investigación Hayati *et al.* (2021) encontró que en el cultivo de pimiento el ancho de estomas del envés fue de 22.52 μm , valor similar al observado en el presente trabajo de investigación.

Cuadro 11. Valores medios de la longitud y ancho de estomas adaxiales y abaxiales en el cultivo de chile cultivado en invernadero en Saltillo, Coahuila en el 2022

Variedad	LEH (μm)	AEH (μm)	LEE (μm)	AEE (μm)
1	30.88	17.48	31.09	20.06
2	29.51	19.02	28.16	18.12
3	30.75	14.99	59.00	38.06
4	32.93	16.81	30.17	19.82
5	30.60	15.20	29.78	19.58
6	27.33	12.76	20.53	12.73
7	20.07	10.92	20.53	12.53
8	27.77	14.08	31.88	20.89

V. CONCLUSIONES

La variedad 5 de chile jalapeño fue la que exhibió el mejor comportamiento en cuanto a peso total de fruto y peso promedio de fruto, aunque fue significativamente igual a las variedades 6, 3 y 8, así mismo fue la que presentó los frutos de mayor longitud y diámetro.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación sugieren evaluar nuevamente las mismas variedades, considerando más repeticiones o mayor tamaño de parcela útil, para reducir el coeficiente de variación y definir más claramente la mejor variedad.

En cuanto a características morfológicas de la hoja no se encontraron diferencias significativas entre variedades.

No se encontraron diferencias significativas a nivel de anatomía foliar en las variedades de chile evaluadas.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguilar R. V. H., Corona T. T., López L. P., Latournerie M. L., Ramírez M. M., Villalón M. H. y Aguilar C. J. A. 2010. Los chiles de México y su distribución. [file:///C:/Users/User/Desktop/informacion de tesis/Libro los chiles de México conversion final.pdf](file:///C:/Users/User/Desktop/informacion%20de%20tesis/Libro%20los%20chiles%20de%20mexico%20conversion%20final.pdf).
- Alabi E. O., Ayodele O. J. and Aluko M. 2014. Growth and yield responses of bell pepper (*Capsicum annuum*, Rodo' Variety) to in-row plant spacing. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 9(11), 389–397.
- Álvarez, F. y Pino, M. T. 2018. Aspectos generales del manejo agronómico del pimiento. En: Chile. Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes.
- Amador R. M. D., Velásquez V. R., Sánchez T. B. I. y Acosta D. E. 2018. Floración y fructificación de chile mirasol (*Capsicum annuum* L.) con labranza reducida, labranza convencional o incorporación de avena al suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(6), 1001-1013. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/885>.
- Anguiano B. J. C. 2010. Comparación en la respuesta fisiológica en plantas de chile bajo el efecto de tres temperaturas nocturnas. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Nuevo León (ed.). <https://cd.dgb.uanl.mx/bitstream/handle/201504211/5086/20223.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ascencio C. D. O. 2013. Evaluación del rendimiento de variedades de chile poblano (*Capsicum annuum* L.) en campo abierto y en macro túnel. Tesis de licenciatura. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/3481/IAF1EVA01301.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Fecha de consulta:14 de febrero 2023.
- Aviléz A. A. A. 2016. Evaluación agronómica de híbridos de pimiento, con la aplicación de fertilizantes de liberación controlada más activadores fisiológicos, en la zona de Baba. Tesis de licenciatura. Universidad Técnica De Babahoyo (ed.). <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/10258/E-UTB-FACIAGING-AGRON-000334.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ayala A. J., Barrientos P. A. F., Colinas L.M.T., Sahagún C.J. y Reyes, A. J. C. 2010. Relaciones injerto-interinjerto y características anatómicas y fisiológicas de la hoja de cuatro genotipos de aguacate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16, 147-154.
- Báez I. F., Orozco H. G., García N. G., Uribe M. H. R y Aldaba J. L. 2015. Paquete Tecnológico para Chile jalapeño. En Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. <https://www.producechihuahua.org/paqs/PT-0003Chile1.pdf>.
- Bareiro J. F. 2014. Fertirriego. <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/fertirriego-1300794.html>

- Barreto S. S. J. 2019. Estudio comparativo de un producto Co-formulado con base en CO₂ foliar en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), Milagro, Guayas. Tesis de licenciatura. Universidad Agraria Del Ecuador. [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Barreto Silva Shirley Juliana.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Barreto%20Silva%20Shirley%20Juliana.pdf).
- Barrientos-Priego A. F., Borys M. W., Trejo C. y López-López L. 2003. Índice y densidad estomática foliar en plántulas de tres razas de aguacatero. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26 (4), 285 – 290.
- Berríos Ugarte M. E., Arredondo Belmar C. y Tjalling Holwerda., H. 2007. Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Especialidad Pimiento (SQM S.A.). <https://universidadagricola.com/wp-content/uploads/2018/05/Nutricion-Vegetal-en-pimiento.pdf>. Consultado:24/01/2023.
- Berrones Morales, M., Garza Urbina, E., Vázquez García, E., Y., y Méndez Aguilar, R. 2013. Producción de Pimiento Morrón en Casa-Malla para el Sur de Tamaulipas. En Inifap (primera ed., p. 62). <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/942.pdf>.
- Camacho R. M., Almaraz S. J. J., Vázquez V. C., Angulo C. A., Ríos V. M. E. y González M. A. 2022. Efecto de Rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el desarrollo y rendimiento del chile jalapeño. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 28, 185-196.
- Carrizo-García. C., J. Barfuss. M. H., M. Sehr. E., E. Barboza. G., Rosabelle S., A. Mascone. E. and Ehrendorfer F. 2016. Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, *Solanaceae*). *Annals of Botany*, 118, 35–51. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw079>.

- Casas A., Parra F., Blancas J., Rangel L. S., Vallejo M., Figueredo C. J. and Moreno C. A. I. 2016. Origen de la domesticación y la agricultura: cómo y por qué. *Domesticación En El Continente Americano*, 188-233 pp. <https://www.researchgate.net/publication/314090020>.
- Casilimas H., Bojaca C. R., Monsalve. O. and Lozano J. T. 2012. Desarrollo e implementación de un modelo de producción para los cultivos de pepino y pimentón bajo invernadero. En *Manual de producción de pimentón bajo invernadero* (p. 33). <http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/handle/123456789/302>.
- Casilimas, H., Monsalve, O., Bojacá, C. R., Gil, R., Villagrán, E., Arias, L. A. y Fuentes L. S. 2012. *Manual de producción de pimentón bajo invernadero*. <https://universidadagricola.com/wp-content/uploads/2018/05/Manual-de-produccion-de-pimiento-en-invernadero.pdf>.
- Cedillo P. E., Martínez H. L. P., Casiano H. H., Hernández A. D. L., Padilla M. C. M. y Rodríguez T. M. A. 2021. *Manual de producción de chile jalapeño y poblano (Capsicum annuum) bajo invernadero*. [https://planificacionfesaragon.com/sites/default/files/manuales/Manual de Producción de Chiles Jalapeño y Poblano Bajo Invernadero.pdf](https://planificacionfesaragon.com/sites/default/files/manuales/Manual%20de%20Producci3n%20de%20Chiles%20Jalape3o%20y%20Poblano%20Bajo%20Invernadero.pdf). Fecha de consulta: 14 de febrero 2023.
- Cobeña C. G. B. 2015. Respuesta del pimiento (*Capsicum annum* L.) a seis dosis de bioinsecticida de cedro rojo (*Cedrela odorata*) para controlar pulgón verde (*Myzus persicae*).
- Dane. 2015. El cultivo del pimentón (*Capsicum annum* L.) bajo invernadero. 37, 1–74. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insu mos_jul_2015.pdf.

Duran M., Ramos F. L., Alvarado R. y Altamirano L. 2021. Evaluación del índice de estrés hídrico de cultivos (IEHC) en ají (*Capsicum*) bajo riego por goteo en las condiciones áridas de la costa norte del Perú. *Scientia Agropecuaria*, 12, 481-489. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.052>.

FOASTAT. 2020. Obtenido de (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura): <https://www.fao.org/faostat/es/#home>.

García R. M., Pio L. R., Vargas M. J. J., Salas C. J. M., Lastra R. C. A. y Corbalá B. J. A. 2022. Cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en tubos de recirculación acuapónica. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 9, 68–77. <https://doi.org/2334-2501>.

Giménez C. 2019. comportamiento morfológico de plántulas de *Capsicum annuum* en sustrato de champiñón. <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/resi/article/view/1789/1591>, 2, 270–283p.

Gómez y Payares. 2020. Estudio agronómico del cultivo de ají pimentón (*Capsicum annuum* L.) en municipio de Valledupar, Cesar (proyecto de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/34790/bmgomezgu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Google Earth. 2023. <https://earth.google.com/web/@25.3568041,-101.03455797,1763.31640424a,130.35486329d,35y,-0h,0t,0r/data=ck0asxficiuwedg2odg3mzlhzjzjnjq3mdu6mhhmztawy2i4zjcwndg3mwq4khxezxbhcnrhbwvudg8kzgu9ydgldwx0dxjhgaigaq>.

- Hayati B., Nur A. F., Arefe Y. M., Sebnem E. S. and Comlekcioglu N. 2021. Ploidy estimation in pepper and eggplant via stomata characteristics. *International Journal of Agriculture, Forestry and Life Sciences*. 5(, 139–146p.
- Henao G. G. E. 2018. El cultivo de pimiento amarillo (*Capsicum annum*) bajo dos entornos de producción en el oriente antioqueño.
- Hernández H. B. N., Tornero C. M. A., Sandoval C. E., Rodríguez M. M. N., Taboada G. O. R. and Peña O. B. V. 2021. Crecimiento, rendimiento y calidad de chile poblano cultivado en hidroponía bajo invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12, 1043–1056.
- Hernández S. G., Arenas L. A. E., Luna C. M., Ramírez R. E. J., Purroy V. R., Sotelo L. C. y Castillo Z. R. 2021. Composición proximal en morfo tipos de chile Comapeño (*Capsicum annum* L.) de Oaxaca y Veracruz, México, y su relación con factores climáticos. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7, 1-11. <https://doi.org/10.30973>.
- Infoagro. 2014. infoagro.com/hortalizas/pimiento.asp – 146. 2014. Las hortalizas es una actividad importante por sus bondades que presenta para la alimentación humana dentro de esta gama de hortaliza. <https://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento>.
- Jaikel, I. L. F. B. 2010. Manual de recomendaciones en el Cultivo de chile, pimentón o ají (*Capsicum sp.*) (p. 4). <https://doi.org/978-9968-586-05-4>.
- Jiménez Fonseca, V. H. 2022. Alternativas para el control de la araña roja. <https://idp.cimmyt.org/alternativas-para-el-control-de-la-arana-roja/>.
- Juárez A, J. 2014. Evaluación del Rendimiento de tres Variedades de chile poblano (*Capsicum annum* L.), en Macro túnel. Universidad Autónoma de

San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista.

- Khan N., Jamil A. M., Ali S. S. Z., Shehzad T., Ahmed M., Bashir S. and Hamid A. 2020. Morphological and agronomic characterization of (*Capsicum annuum* L.) germplasm in Pakistán. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 9(2): 1603–1612. <https://doi.org/10.19045/bspab.2020.90168>.
- Lara C. L., Zulueta R. R., Murillo A. B., Romero B. M., Rivas G. T. and Hernández M. L. G. 2020. Respuesta agronómica del chile dulce (*Capsicum annuum* L.) a la aplicación de *Bacillus subtilis* y lombricomposta en invernadero. *Terra latinoamericana*, 38, 694.
- Lesur Esquivel, L. 2018. Manual del cultivo del chile (Editorial Trillas).
- Luna G. L. R., Robledo T. V., Ramírez G. F., Mendoza V. R., Pérez R. M. A. y Gordillo M. F. A. 2021. Comportamiento agronómico y *nutracéutico* de poblaciones F2 desarrolladas de cruzas interraciales de chile. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12, 1-24.
- Loseñara M., Ylanan L. 2019. Morphological variability of the chili, (*Capsicum annuum* L.) grown within cebú province. *Journal of Agriculture and Technology Management (JATM)*, 22(2), 13-18.
- Macías D. R., Grijalva C. R. L. and Robles C. F. 2012. Respuesta de la aplicación de estiércol y fertilizantes sobre el rendimiento y calidad de chile jalapeño. *Biotecnia*, 14 (3), 32-38. <http://biotecnia.ojs.escire.net/index.php/biotecnia/article/view/127>.

- Mancilla A. C., Fuente I. G., Pimental R. J.G., Prieto C. J., Moreno C. F. y Pérez R. J. C. 2017. El Chile (*C. annuum* L.), cultivo y producción de semilla. 5, 19-31.
- Martínez A. N., Castro B. R., Pérez G. M. y Rodríguez P. J. E. 2023. Análisis de crecimiento y dinámica nutrimental de chile poblano (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* sendt), bajo invernadero. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*, 7, 1950-1970. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4536.
- Martínez J. S. 2020. Características Vegetativas y de Frutos de tres tipos de Chiles de Oaxaca producidos en invernadero (Vol. 4). [file:///C:/Users/User/Desktop/informacion de tesis/cccto_vol4_num4.pdf](file:///C:/Users/User/Desktop/informacion%20de%20tesis/cccto_vol4_num4.pdf).
- Mata y Ramos. 2012. Comportamiento agronómico de siete cultivares de pimentón (*Capsicum annuum* L. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(1), 32-44.
- Mata, V. y R. 2010. Fertirrigación de Chile Serrano con riego por goteo en el sur de Tamaulipas. [file:///C:/Users/User/Desktop/informacion de tesis/854.pdf](file:///C:/Users/User/Desktop/informacion%20de%20tesis/854.pdf).
- Monge & Loria. 2018. Producción de chile dulce (*Capsicum annuum*) en invernadero: efecto de densidad de siembra y poda. *Revista Posgrado y Sociedad*, 16(2), 19–38. <https://doi.org/2215-2172>.
- Monge-Pérez. J.E., Elizondo C. E. and Loria C. M. 2022. Producción de pimiento (*Capsicum annuum*): comparación entre tipos de pimiento. *Revista de ID Tecnológico*, 18(1), 100–107. <https://doi.org/1680-8894>.
- Morales G. J. 2013. Evaluación de la producción y calidad de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cv 'Cannon' obtención mediante biofertilización. Tesis de posgrado, Universidad Autónoma de Querétaro.

- Moreno P. E. C., Avendaño A. C. H., Mora A. R., Cadena I. J., Aguilar R. V.H. y Aguirre M. J. F. 2011. Diversidad morfológica en colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) del Centro-Norte de México. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 17, 23-30.
- Olatunji, T. L., & Afolayan, A. J. 2020. Comparative foliar epidermal studies in *Capsicum annuum* L. and *Capsicum frutescens* L. *Journal of Tropical Agriculture*. 60–67.
- Ortega G. J., Erazo C. E., Vera V. R., Narváez C. W. y Castro P. C. 2022. Selección de tres híbridos de pimiento (*Capsicum annum* L.) para puerto la boca, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(2): 63–72.
- PANORAMA. 2018. Guía de manejo del chile, de Revista de Agricultura website: https://panorama-agro.com/?page_id=2321. Fecha de consulta: 8 de abril 2023.
- Parra Q. R. A., Robinson T. L., Osborne J. y Parra B. L.B. 2008. Efecto de carga de fruto y déficit hídrico en la calidad y producción de manzana. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(1), 49–54. [https://revistas.chapingo.mx/horticultura/?section=articles&subsec=issues &numero=1&articulo=6](https://revistas.chapingo.mx/horticultura/?section=articles&subsec=issues&numero=1&articulo=6).
- Pérez G. A., Tun S. J. M., Ayora R. G., Mijangos C. J. O., Castañón N. G., López V. J. S. y Montes H. S. 2013. Valor agronómico de germoplasma de chile dulce (*Capsicum Annuum* L.) en Yucatán, México. *Universidad y Ciencia*, 29(3): 231-242.

- Pérez-Castañeda. L. M., Castañón N. G., Ramírez M. M. and Mayek P. N. 2015. Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética de *Capsicum ssp.* *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2 (4), 117-128.
- Pérez-Marroquín. G. J., Berdeja A. R., Méndez G. J., Escobar H. R. y Fermín S. H. 2022. Productividad del agua en chile “Jalapeño” (*Capsicum annuum*) bajo invernadero en cuatro sustratos. *Artículo Comell*, 1-11.
- Pino M. T. 2018. [file:///C:/Users/User/Desktop/informacion de tesis/INIA_Libro_0065.pdf](file:///C:/Users/User/Desktop/informacion%20de%20tesis/INIA_Libro_0065.pdf).
- Quintal O. W. C., Pérez G. A., Latournerie M. L., May L. C., Ruiz S. E. y Martínez C. A. J. 2012. Uso de agua, Potencial hídrico y Rendimiento de Chile Habanero (*Capsicum Chínense Jacq.*). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(2), 155-160.
- Ramírez I. J. A., Troyo D. E., Preciado R. P., Fortis H. M., Gallegos R. M. A., Vázquez V. C., Ríos P. J. L. and García H. J. L. 2017. Diagnóstico de nutrimento compuesto e interacciones nutrimentales en chile Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en suelos semiáridos. *Artículo Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4, 233-242pp. <https://doi.org/10.19136/era.a4n11.1047>.
- Ramírez N. U. I., Cervantes O. F., Montes H. S., Raya P. J. C., Cibrián J. A. y Andrio E. E. 2018. Diversidad morfológica del chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) de Querétaro y Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(6), 1159–1170.
- Ramírez, M. y M. 2021. Impacto del cambio climático sobre los requerimientos térmicos y número de generaciones de mosquita blanca (*Bemisia tabacci*).

Revista Chapingo Series Zonas Áridas 20, 1-15pp.
<https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2021.04.002>.

Reséndiz-Melgar. R. C., Moreno P. E. C., Sánchez C. F., Rodríguez P. J. E. y Peña L. A. 2010. Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(3): 223–229.

Rodríguez, R. y R. 2020. Metabolómica y cultivo del chile habanero (*Capsicum Chinense Jacq*) de la península de Yucatán. CIATEJ.

Salazar y Juárez. 2012. Requerimiento macronutricional en plantas de chile (*Capsicum annuum* L). *Revista Bio Ciencias*, 2, 27-34.
<http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/Biociencias/article/view/32/30>.

Sánchez, M. y R. 2017. Producción de Pimiento Morrón (*Capsicum annuum* L.) en Ciclos Cortos. *Agrociencia*, 51, 437-446. <https://doi.org/1405-3195>.

Serrano-Mejía. C., Bello B. R., Arteaga M. C. y Castillo G. R. 2022. Does domestication affect structural and functional leaf epidermal traits? A comparison between wild and cultivated mexican chili peppers (*capsicum annuum*). *Artículo Plants*. 11, 3062.
<https://doi.org/10.3390/plants11223062>.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2010. Un panorama del cultivo del chile. En Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

SIAP, 2017. El chile, corazón de la gastronomía mexicana _ Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera _ Gobierno _ Gob. <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-chile-corazon-de-la-gastronomia-mexicana>.

SIAP, 2021. Creció 2.7 por ciento la producción de chile verde en México en 2020 y registra mayor demanda en los mercados internacionales. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-2-7-por-ciento-la-produccion-de-chile-verde-en-mexico-en-2020-y-registra-mayor-demanda-en-los-mercados-internacionales?idiom=es>.

SIAP. 2020. Producción anual agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Strasburger E, F Noll, H Schenck, A Schimper. 1986. Tratado de Botánica. Barcelona, España, EM Marin. 1098 p.

Uzcanga P. G. N., Cano G. A. J. and Vega A. I. P. 2020. Indicadores básicos para el análisis de la producción de chile jalapeño a nivel nacional en Quintana Roo. *Revista Mexicana De Agronegocios*, 47, 523-532.

Villa C. M., Catalán V. E. A., Insunza I. M. A., Román L. A., González L. M. L. and Valdéz A. J. 2009. Cultivares y nutrición de chile pimiento (*Capsicum annuum* L.) en invernadero de clima controlado. *Investigación, Biotecnia* 11(2), 13–20.

Villota P. J. D. 2014. "Comportamiento agronómico de dos híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) con tres niveles de nitrógeno. Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias (1–101).

Zhigila, S. & A. 2015. Leaf Epidermal Anatomy in Five Varieties of *Capsicum annuum* L. Solanaceae. *American Journal of Experimental Agriculture*, 5, 392-399. <https://doi.org/10.9734/ajea/2015/12825>.

Zúñiga O. A. y Carrodegua G. A. 2022. Evaluación de poblaciones híbridas de chile (*Capsicum annuum*) en Cartago, Costa Rica Evaluation. *Artículo Científico*, 25, 10–19.