



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE GUASAVE

TESIS DE LICENCIATURA

**EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE TRES VARIEDADES DE
CHILE EN INVERNADERO**

TESIS

PRESENTA
JAQUELINE MARTÍNEZ MARTÍNEZ

2025010383

PARA OBTENER EL GRADO DE
INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

DIRECTOR
Dr. Ramiro Maldonado Peralta

CO- DIRECTORA
Dra. Delfina Salinas Vargas



Guasave, Sinaloa, México. Febrero de 2026.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización y culminación de este proyecto. En primer lugar, agradezco profundamente a mis profesores Dr. Ramiro Peralta Maldonado y Dra. Delfina Salinas Vargas, por su valiosa orientación, conocimientos compartidos, apoyo constante y disposición para guiarme a lo largo de este proceso académico, los cuales fueron fundamentales para mi formación profesional.

De igual manera, agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Guasave, por brindarme las herramientas, los conocimientos y el espacio académico necesarios para desarrollar mis capacidades, así como por fomentar una formación integral basada en la calidad y el compromiso profesional.

Un agradecimiento muy especial a mis padres, quienes con su amor, esfuerzo, paciencia y apoyo incondicional han sido un pilar fundamental en mi vida y en cada una de mis metas. Gracias por motivarme a seguir adelante y creer en mí en todo momento.

A todos ustedes, gracias por ser parte importante de este logro.

RESUMEN

El cultivo de Chile (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia en México y en el mundo, además de ser esencial en la gastronomía, economía y cultura nacional, representa identidad, aportando sabor y valor nutricional. El objetivo de este trabajo fue determinar el rendimiento agronómico y biomasa de las diferentes variedades de chile cultivadas en invernadero. La investigación experimental se realizó en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave, el 2 de septiembre 2025, donde se transplantaron planas de chile cascabel, chile de árbol y pimiento. Las cuales se midieron las siguientes variables agronómicas altura de planta, número de hojas, número y peso de chiles, rendimiento y biomasa y se realizó un análisis completamente al azar. Los resultados muestran que la variedad chile de árbol presenta mayor altura de planta, número de hojas y número de frutos, la variedad cascabel presentó mayor rendimiento $1.7 \text{ kg planta}^{-1}$ y el pimiento presentó mayor biomasa. La conclusión donde la variedad chile de árbol produce más hojas y frutos pero son menos pesados comparados con las otras variedades. Este estudio me permitió comprender la importancia de evaluar de manera conjunta los parámetros morfológicos y productivos para tomar decisiones adecuadas en la selección de variedades y en el manejo del cultivo bajo condiciones de invernadero, reforzando la relación entre fisiología vegetal, rendimiento y eficiencia productiva.

Palabras claves: cascabel, chile de árbol, pimiento, rendimiento y biomasa.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
4. HIPÓTESIS	10
5. OBJETIVOS.....	10
5.2 Específicos.....	10
6. MARCO TEORICO	11
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
7.1 Área de estudio.....	20
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
Evaluación de variables agronómicas y de calidad	23
Altura de planta	23
Número de Hojas.....	24
Número de fruto	25
Peso de fruto	26
Rendimiento	28
Biomasa	29
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
10. REFERENCIAS.....	32

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Altura de planta de las variedades de chile producidos en invernadero.

Figura 2. Número de hojas de variedades de chile producidos en invernadero.

Figura 3. Numero de frutos por planta de variedad de chile.

Figura 4. Peso de fruto en variedades de chile producidas en invernadero.

Figura 5. Rendimiento por planta en las variedades de chile (*Capsicum annuum* L.) cultivada en invernadero.

Figura 6. Biomasa total por planta en las variedades de chile cultivadas en invernadero

1. INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial obliga principalmente al sector agrícola a generar nuevas tecnologías con la finalidad de aumentar el rendimiento hortícola por unidad de superficie y la calidad de productos alimenticios para el mercado demandante de alimentos (Requejo *et al.*, 2004).

El cultivo de Chile (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia en México y en el mundo. Además de su valor gastronómico y cultural, constituye un producto estratégico en términos económicos. De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2023), México es el segundo productor y principal exportador de chile (*Capsicum annuum* L.) a nivel mundial (FAOSTAT, 2022). En el ciclo 2022, los chiles con mayor producción en el país fueron el jalapeño, pimienta morrón y poblano, con 703 420.86, 562 075.10 y 414 656.54 t, respectivamente (SIAP, 2023). Los chiles verdes son ampliamente consumidos, principalmente en la región norte del país. Se han descrito como una buena fuente de vitamina C y E, además de provitamina A y otros carotenoides (Materska y Perucka, 2005).

El cultivo en condiciones de agricultura protegida ha permitido a los productores de la región noroeste, especialmente en Sinaloa, mejorar la calidad de los frutos, obtener rendimientos más altos y extender la temporada de producción. Los invernaderos brindan la posibilidad de controlar factores como temperatura, humedad y radiación, reduciendo riesgos por factores climáticos y aumentando la eficiencia en el uso de agua y fertilizantes (FAO, 2020).

Este proyecto tiene como propósito evaluar el rendimiento de tres variedades de chile: cascabel, chile de árbol y pimienta.

El chile cascabel es una variedad de chile seco de gran importancia en la gastronomía y cultura mexicana, reconocido por su forma esférica, su sabor peculiar a nuez y su capacidad para emitir un sonido característico (como un cascabel) cuando está seco (Patijinich, 2020).

Chile de árbol o “Yahualica” es el nombre de la región geográfica en la región Altos Sur de Jalisco, cuya agricultura se especializa en la producción de chile. El cultivo artesanal del chile Yahualica, que consiste en realizar todas las labores de forma manual, desde la selección de la semilla en campo, la plantación, cosecha y secado hasta la selección del chile y empaque, es un aporte que garantiza no sólo la calidad final del fruto, sino que además es un elemento de cohesión y tradición para los pobladores (SADER, 2020).

La variedad pimienta es un alimento que tiene su origen en el continente americano, principalmente en la zona Centro y norte de Sudamérica. Por su parte, Los pimientos tienen colores rojo, verde, naranja y amarillo los obtiene dependiendo del grado de maduración que tienen. En México, casi el 50 por ciento de su producción se realiza bajo la modalidad de agricultura protegida (invernadero, malla sombra o macro túnel). Sinaloa es el principal productor de pimienta a cielo abierto, al año aporta alrededor de 166 mil toneladas de este producto. Esto permite que lo encontremos en el mercado casi en cualquier época del año. En nuestro país, también contamos con producción orgánica de este alimento, la cual alcanza las 3,780 toneladas anuales, siendo Sinaloa el principal productor (SADER. 2019).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pregunta de investigación ¿Cuál de las variedades de chiles muestran la mayor producción en condiciones de invernadero en Guasave, Sinaloa? Responder a esta interrogante permitirá a los productores locales elegir el material genético más adecuado para optimizar sus recursos y obtener mejores rendimientos en agricultura protegida (López, 2019).

La riqueza constituida por la diversidad genética del chiles se encuentra distribuida a todo lo largo y ancho de México, tanto en formas cultivadas como silvestres. Hoy en nuestros días el problema al que nos enfrentamos es la pérdida de la biodiversidad (Erosión Genética): La producción de *Capsicum annuum* (cascabel, árbol y pimienta) se ha concentrado en pocas variedades comerciales de alto rendimiento. Esto genera una "erosión genética", donde las variedades locales y criollas (como el cascabel) pierden terreno frente a híbridos de pimienta, reduciendo la resiliencia del cultivo ante plagas y cambio climático (Kraft *et al.*, 2014; Aguilar-Rincón *et al.*, 2010).

Existe una paradoja: la demanda de chiles secos y pimientos crece por sus propiedades nutraceuticas (antioxidantes y capsaicina), pero la oferta nacional es errática. La falta de apoyo en la tecnificación sustentable provoca que el productor dependa de ciclos de precios volátiles y de intermediarios, lo que desincentiva la conservación de la biodiversidad local y se enfoque en la producción de chiles de mayor demanda, esto genera un problema porque se pierden las variedades de chile que no se demandan y no se conservan. Por lo tanto, surge la necesidad de investigar: ¿Cómo puede la innovación agrícola sustentable equilibrar la productividad comercial con la conservación de la biodiversidad en estas tres variedades?"

4. HIPÓTESIS

Hipótesis: Las diferentes variedades de chile cultivadas en invernadero muestran diferencias significativas en sus variables medidas.

Hipótesis Nula: No existen diferencias significativas en todas las variables medidas en las diferentes variedades de chile cultivadas en invernadero.

5. OBJETIVOS

- Determinar el rendimiento agronómico y biomasa de las diferentes variedades de chile cultivadas en invernadero.

5.2 Específicos

1. Evaluar el rendimiento agronómico de las variedades de chile en condiciones de invernadero, midiendo parámetros como altura de planta, número de hojas, el peso total de frutos por planta, rendimiento y biomasa por planta.
2. Realizar muestreo de plantas, para determinar las diferentes variables y obtener el peso seco de cada órgano de la planta y obtener la biomasa.

6. MARCO TEORICO

El chile es el condimento de la vida en diversas culturas del mundo. México es centro de origen y diversificación de la especie domesticada *Capsicum annuum* L, por lo que el chile se convirtió en elemento identitario y patrimonio biocultural de la nación. A pesar de la importancia de esta planta, se tienen pocos estudios integradores que analicen las complejas relaciones entre los chiles y los diferentes factores bióticos, abióticos y socioculturales que hacen posible su permanencia en el tiempo y el espacio (Aguilar-Meléndez *et al.*, 2019).

El estudio de los chiles en México, particularmente de las variedades comerciales y tradicionales como el chile cascabel, el chile de árbol y el pimiento, requiere una base teórica que reconozca al país no solo como un productor líder, sino como el centro de origen y domesticación de la especie *Capsicum annuum* L. (CONABIO, 2025). El género *Capsicum*, perteneciente a la familia *Solanaceae*, es un grupo diverso que comprende aproximadamente 37 especies, de las cuales solo cinco han sido domesticadas por las sociedades humanas a lo largo de milenios: *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. pubescens* y *C. baccatum*. De estas, *C. annuum* destaca como la especie de mayor importancia económica, cultural y gastronómica a nivel global, albergando la mayoría de los morfotipos consumidos en fresco y en seco en México (Aguilar-Meléndez *et al.*, 2019).

6.1 Clasificación taxonómica y descripción botánica de la especie *Capsicum annuum* L.

Capsicum annuum, es una especie vegetal conocida con el nombre común de “chile”. Su clasificación taxonómica de acuerdo a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2009) es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Asteridae
Orden: Solanales
Familia: Solanaceae
Género: Capsicum
Especie: Capsicum annuum L.

Las especies del género Capsicum son plantas herbáceas o arbustivas de forma variable (Hernández, 2010). Las plantas de ciclo de vida anual y perenne miden hasta 1.5 m de altura; tienen un sistema radical pivotante y profundo que llega a profundidades de 70 cm, y alcanzan lateralmente una longitud entre 50 cm y 1 metro (Mendía, 2000). Los tallos son erectos, ramificados, de color verde oscuro y circulares a la madurez en la sección media. Pueden ser glabros o pubescentes y de crecimiento determinado o indeterminado (Nuez *et al.*, 2003).

El chile es una planta con hojas planas, simples, enteras y lanceoladas, de forma ovoide alargada, de hasta 10 cm de largo y con tricomas, con un ápice pronunciado y un peciolo largo y poco aparente (CONABIO, 2009). Generalmente desarrollan entre 8 y 15 hojas antes de la floración. El número de estomas varía de 120-190 mm² para hojas que crecen bajo el sol y de 35-70 mm² para hojas que crecen en sombra (Mendía, 2000).

La planta de chile es monoica y autógama. Sus flores son pequeñas, de color blanco, hermafroditas y solitarias, se forman en las axilas de las ramas. Constan de un cáliz dentado, ausente o rudimentario, corola de color blanco a azul, sin manchas difusas en la base de los pétalos, pétalos usualmente rectos, anteras normalmente de color azul a violeta y filamentos cortos. Están constituidas por 5 sépalos, 5 pétalos y 5 estambres (Mendía, 2000).

El fruto es una baya hueca, con dos a cuatro lóbulos, constituida por un pericarpio grueso, succulento y un tejido placentario. De tamaño, forma y color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco; debido al contenido de carotenoides). Su característica principal, la pungencia, se debe a la presencia de capsaicinoides. Las semillas se encuentran adheridas a la planta en el centro del fruto, son numerosas, de color blanco crema, de forma circular-aplanada, lisas y con un diámetro que alcanza entre 3 y 5 mm (Mendía, 2000; CONABIO, 2009).

6.2 Variedades de chile

Dada la complejidad taxonómica existente en la especie *Capsicum annum* L., resulta complicado establecer una clasificación clara y concisa que agrupe a las distintas variedades, debido principalmente a que el pimiento se caracteriza por la gran heterogeneidad del fruto existente entre las variedades utilizadas. De manera más práctica y general se pueden dividir en tres grandes grupos: pimiento dulce, pimiento picante y pimiento de industria o pimentón.

Capsicum annum es la especie más ampliamente conocida y de mayor importancia económica debido a su distribución y diversidad. Dicha variedad se clasifica en tipos de acuerdo a características del fruto, como la pungencia, color, forma, sabor, tamaño y uso (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010).

De los 75 tipos de chile conocidos en México, al menos se cultivan comercialmente 15: el de árbol, ancho, guajillo, jalapeño, serrano, entre otros (Laborde y Rendón, 1989).

6.2.1 *Capsicum annum* var. cascabel

El chile cascabel o bola es una variedad mexicana de chile, pequeña y redonda (2-3 cm), conocida por su característico sonido al secarse, provocado por las semillas sueltas dentro del fruto seco. Posee un sabor a nuez, notas afrutadas y una

pungencia suave a media, ideal para salsas, caldillos y guisados tradicionales. La planta puede ser perenne pero generalmente se cultiva como anual, requiere climas cálidos y su producción puede verse afectada por temperaturas extremas.

6.2.2 *Capsicum annuum* var. Chile de árbol

La variedad “chile de árbol” pertenece a la variedad *Capsicum annuum*. Los frutos son largos y al madurar enrojecen. Su aroma lo obtienen al dejarlos secar. Las plantas se hacen grandes y dan muchos frutos. El chile de árbol es un ingrediente importante en la cocina mexicana, y es más popular en el norte de este país, donde se elabora la salsa de chile de árbol

6.2.3 *Capsicum annuum* var. Pimiento

Capsicum annuum, llamado comúnmente pimiento morrón, pimiento dulce, chile morrón, ají morrón, ají dulce, locote o en algunos países pimentón, entre una multitud de localismos, es la especie más conocida, extendida y cultivada del género *Capsicum*, de la familia de las solanáceas. Todas las innumerables formas, tamaños, colores y sabores de sus frutos, descritos y nombrados en la cultura popular, corresponden en realidad a esta misma especie.

Para el cultivo, es necesaria una temperatura ambiente media de 20 °C. Requiere gran cantidad de luz, sobre todo durante el primer período de crecimiento después de la germinación. Se puede cultivar en cualquier tipo de suelo con humedad. El suelo ideal es el que posee buen drenaje, con presencia de arenas y materia orgánica. Todos estos requerimientos hacen que sean cultivados en invernaderos, donde el manejo de las condiciones exteriores son más controlables.

Densidad de plantación

Normalmente el cultivo se dispone en líneas orientadas Norte-Sur, y con un marco de plantación de 1 m entre líneas y 0,5 m entre plantas dentro de una línea, con una densidad de plantación de dos plantas por metro cuadrado. Según el número de tallos por planta, se puede variar la densidad de plantación hasta tres plantas por metro cuadrado (Urrestarazu-Gavilán, 2004).

Poda

En la poda de formación, se efectúa la supresión parcial de algunas ramas secundarias, con lo cual intentamos concentrar la producción en dos o tres ramificaciones casi exclusivamente, favoreciendo la ventilación y la calidad de los frutos. Aunque la planta de pimiento crece inicialmente con un único tallo, pronto se bifurca para formar dos e incluso tres tallos, y continúa produciéndolos a lo largo de todo su ciclo. Con la poda de formación, se efectúa la supresión parcial de ramas secundarias, con lo que concentramos la producción en dos o tres ramificaciones. La limpieza de tallos del tronco principal por debajo de la cruz de la planta, no es práctica habitual. Aunque la producción que dan estos brotes es más tardía y de peor calidad, suprimirla supondría un gasto añadido del cultivo y, a excepción de una mejor ventilación en la parte basal de las plantas, no parece mermar en absoluto la producción de la guía principal (Nuez *et al.*, 1996).

Tutorado

El sistema más frecuente es el denominado vertical o de “tipo holandés”. En este sistema solamente se dejan dos o tres ramas principales por planta, podándose todas las laterales que van apareciendo. Cada tallo, a medida que va creciendo, se va enredando en un hilo vertical que le sirve de soporte y que cuelga de un hierro o alambre sujeto a la estructura. Las ventajas que se obtienen con este tipo de entutorado y poda se derivan sobre todo de la mejor calidad de los frutos obtenidos. Estos frutos muestran una mayor homogeneidad, grosor y uniformidad de coloración, al estar la planta más ventilada y los frutos convenientemente distribuidos. Con este sistema se facilita también la recolección y los tratamientos son más cómodos y efectivos (Nuez *et al.*, 1996).

6.3 Distribución mundial de *C.annuum*

De todas las especies domesticadas de chile, *Capsicum annuum* es la más ampliamente distribuida. Se cultiva en los lugares templados, tropicales y subtropicales de América, Europa, Asia y África (Montes-Hernández *et al.*, 2010).

La especie *Capsicum annuum* agrupa la mayoría de las variedades cultivadas en el país, entre las que se incluyen: ancho, serrano, jalapeño, mirasol, pasilla, mulato, etc. Es de gran importancia por su amplia distribución y cultivo, que abarca desde cerca del nivel del mar, hasta los 2500 msnm, incluyendo diferentes regiones del país, razón por la cual se encuentran estos frutos en el mercado todo el año (Montes-Hernández *et al.*, 2010).

Capsicum annuum se encuentra distribuido en casi todos los estados de la República Mexicana. Con base en la información que se tiene dentro de las bases de datos del Sistema Nacional de Información de la Biodiversidad (SNIB) y de la Red Mundial de Información de la Biodiversidad (REMIB) (incluidas en la CONABIO), en 2010, Montes-Hernández y colaboradores, realizaron un mapa sobre la distribución puntual en México de esta especie (Fig. 1).



Figura 1. Mapa de distribución de *Capsicum annuum* en México

En el municipio de Guasave, Sinaloa, la producción hortícola es una actividad de alta importancia económica debido a sus condiciones agroclimáticas favorables, como temperaturas cálidas, alta radiación solar y disponibilidad de infraestructura agrícola. No obstante, estas condiciones también pueden presentar retos, como variaciones térmicas, periodos de estrés por calor y presión de plagas. Por ello, el uso de invernaderos se ha convertido en una herramienta clave para estabilizar el ambiente de crecimiento, mejorar la eficiencia en el uso del agua y optimizar el manejo agronómico de cultivos como el chile.

Dentro del invernadero, variables como temperatura, humedad relativa, radiación, ventilación y manejo del riego pueden controlarse parcialmente para favorecer el desarrollo vegetativo. Estas condiciones controladas permiten realizar mediciones más precisas del crecimiento, tales como altura de planta, número de hojas, número de ramas, diámetro del tallo.

6.4 Impacto e importancia del chile (*Capsicum annuum*)

El chile (*Capsicum annuum*) ha sido un fruto de gran importancia en la historia y cultura de México, ya que se ha mencionado su consumo en sus diversas variantes desde los tiempos prehispánicos y actualmente está arraigado en todos los estratos socioeconómicos del país; interviene en la dieta diaria de los mexicanos en diversas presentaciones, ya sea verde, seco, en polvo, encurtido y diversas recetas culinarias, postres y otros. Aunque es oriundo del continente americano, se ha convertido en un condimento popular en muchas partes del mundo, donde es apreciado por sus atributos de color, grado de picor y aroma, estimándose que el 25 % de la población mundial consume diariamente algún tipo de chile (Rodríguez *et al.*, 2003).

6.5 Crecimiento y morfogénesis de plantas

De acuerdo con Mauseth (2003), las plantas tienen sistemas compuestos por órganos, los cuales a su vez, están conformados por diferentes tejidos simples o complejos. En las plantas se reconocen dos sistemas de órganos:

- a) El sistema radical, que es la parte que típicamente se encuentra debajo de la tierra; compuesto por los órganos llamados raíces.
- b) El sistema de vástago es la parte ubicada generalmente encima de la tierra; compuesto principalmente por los tallos, hojas y yemas.

6.5.1 Sistema de órganos

Las raíces son órganos multicelulares con funciones de anclaje de la planta, absorción de agua y minerales y almacenamiento de nutrientes. De la raíz principal surgen las raíces laterales.

El tallo es un órgano para el soporte de los demás órganos del vástago. La estructura del tallo incluye: nudos (estructuras de las cuales surgen hojas y/o ramas vegetativas o reproductivas); y los entrenudos, que son segmentos de tallo entre los nudos sucesivos.

La hoja es el principal órgano fotosintético en la mayor parte de las plantas vasculares.

Generalmente tiene una porción plana que se denomina lámina y un pecíolo, que une la lámina al tallo. La yema axilar sirve para determinar si la hoja es simple o compuesta.

Las yemas son órganos para crecimiento longitudinal. Las plantas tienen yemas de dos tipos: apicales, que causan el alargamiento de la rama las axilares, que dan origen a ramas laterales nuevas.

El fruto protege las semillas y las ayuda a dispersarse. Los frutos pueden clasificarse en dos categorías principales: secos, si el ovario se seca cuando está maduro o carnosos, si el ovario es grueso y suave cuando está maduro (Mauseth, 2003).

6.5.2 Sistemas de Tejidos

Conforme a Campbell y Reece (2007), en las plantas se reconocen tres sistemas de tejidos:

- a) Sistema de tejidos dermales: tienen la función de protección, soporte, secreción y regulación de intercambio de gases. El sistema de tejidos dermales está constituido por la epidermis e hipodermis.
- b) Sistema de tejidos vasculares: transportan materiales entre raíces y tallos. Está formado por xilema, que transporta agua y minerales de las raíces hacia los tallos y hojas y el floema, que transporta los productos de la fotosíntesis desde donde se producen hasta donde se requieran o se vayan a almacenar.
- c) Sistema de tejidos basales o fundamentales: incluye s los tejidos de reserva (parénquima) y de soporte o sostén en la planta (colénquima y esclerénquima).

Organización de tejidos en tallos

En las monocotiledóneas, el tejido vascular está formado por numerosos haces vasculares discretos (venas), dispersos a través del tejido fundamental. En las eudicotiledóneas, el tejido vascular forma un anillo, formado por haces vasculares, separados por regiones estrechas de tejido fundamental.

6.5.3 Organización de tejidos en las hojas

En la hoja se reconoce una epidermis superior y una inferior. La epidermis está interrumpida por los estomas, estructuras que permiten el intercambio de gases para la fotosíntesis y respiración celular. Cada estoma incluye dos células oclusivas, que regulan la apertura y cierre del mismo. El tejido fundamental de la hoja se llama mesófilo. Una parte del mesófilo se denomina mesófilo de empalizada y se especializa en la captación de luz solar para llevar a cabo la fotosíntesis, mientras que la porción denominada mesófilo esponjoso, está especializado en el intercambio de gases. El tejido vascular forma las “venas” o nervaduras en las hojas (Campbell y Reece, 2007).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Área de estudio

La investigación experimental se realizó durante 150 días (septiembre del 2025 a enero 2026) en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave ubicado en el ejido Burrioncito, Guasave, Sinaloa, entre las coordenadas 25°31'20"N 108°22'59"W.



Figure 2. Ubicación de donde se llevó a cabo el proyecto en el campo experimental.

7.2 Preparación del terreno

La preparación de terreno se llevó a cabo unas semanas antes de hacer el trasplante, con ayuda de un equipo rotor se aflojo el suelo y dejar la cama lista.

7.3 Manejo agronómico

El transplante se realizó el 2 de septiembre 2025 colocando una plántula de chile a 0.40 m entre plantas y se colocaron cuatro plantas por dos repeticiones, a una separación de 1.20 m entre hileras. Se colocaron los tutores con estacones a una distancia de 1.5 m, estos se pusieron con ayuda de "el niño" el cual es una herramienta la cual ayuda a clavar los estacones al suelo y se colocó la rafia para sostener la planta y se pusieron como fue creciendo las plantas. Los riegos se dieron según la edad de la planta al menos cada 4 días se daba un riego por inundación, la fertilización se aplicó una solución nutritiva Steiner (1961) al 50 % y se aplicaba después del riego una vez por semana.

7.4 plagas y enfermedades

Una vez establecidas las plantas en el suelo, se realizó un monitoreo constante para detectar las principales plagas y enfermedades asociadas al cultivo. Para su prevención y control, se aplicaron productos químicos y biológicos. La plaga más común fue la araña roja. Para su manejo, se utilizó abamectina a una dosis de 1 ml/L. La polinización se realizó manualmente golpeando suavemente los cables de soporte de las plantas.

7.5 Variables medidas

En este trabajo se midieron las siguientes variables: Altura de planta: se midió con una cinta métrica desde la base de planta hasta la el ápice tallo más alto. Numero de hojas: consistió en contar todas las hojas de la planta. Numero de frutos: se cosecharon todos los frutos de la planta y se contaron. Peso de frutos: se pesaron todos los frutos en una báscula digital. Rendimiento por planta: Para determinar cuánto rendimiento por planta, se tomó una planta totalmente al azar de ambos tratamientos y contar frutos y floración de cada una de ella para sacar un promedio de rendimiento. La biomasa se obtuvo diseccionando la planta en hojas, tallo, raíz

y frutos en una mesa y se coló en bosas de papel y se metió a un horno de secado para obtener su peso seco.

7.6 Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se realizó el análisis de varianza; al obtenerse diferencias entre las medias, se implementó la prueba de separación de medias por el método Tukey ($p \leq 0.05$), mediante el programa estadístico SAS (versión 9.0).

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de variables agronómicas y de calidad

Se presentan los resultados obtenidos para cada variable agronómica y de rendimiento medida en las tres variedades de chile.

Altura de planta

Los resultados muestran que el genotipo chile de árbol presento la altura mayor 1.4 m y el chile pimiento presento la altura menor con 1.2 m (figura 3). Según Ahmed *et al.*, (2023) menciona que la altura de la planta de chile es una variable morfológica fundamental con una alta importancia fisiológica, ya que actúa como indicador directo de su vigor, capacidad fotosintética y adaptación al ambiente. Una mayor altura generalmente se traduce en un mejor desarrollo vegetativo, lo cual está ligado al potencial de rendimiento productivo. La altura de las plantas de pimiento varía considerablemente, lo que influye en su rendimiento final, como se deduce del factor climatológico: la altura de la planta se midió a los 190 días después del trasplante. La altura de las plantas de pimiento varía considerablemente, lo que influye en su rendimiento final, como se deduce del factor climatológico: la altura de la planta se midió a los 190 días después del trasplante (Patil *et al.*, 2022).

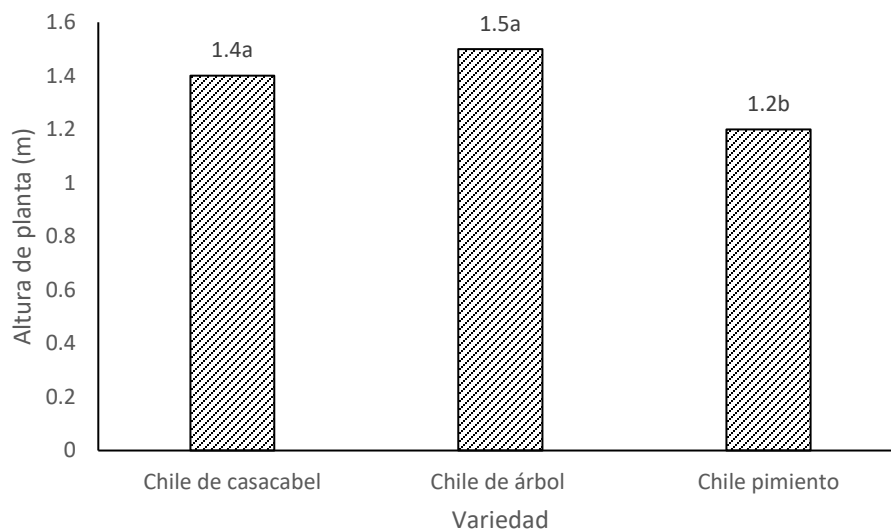


Figura 3. Altura de planta de las variedades de chile producidos en invernadero.

Número de Hojas

Los resultados muestran una diferencia significativa entre que las variedades de chile, donde la variedad de chile de árbol presentó el mayor número de hojas con 408 con respecto a la variedad de chile cascabel 370 (Figura 4). Según Camacho-Rodríguez *et al.*, (2022) mencionan el número de hojas en la planta de chile es un indicador fisiológico crítico que determina la capacidad fotosintética, el potencial de rendimiento y la eficiencia en el uso de recursos de la planta. Un mayor número de hojas, generalmente asociado a un mayor índice de área foliar, permite una mayor captura de energía solar y, por ende, una mayor producción de asimilados.

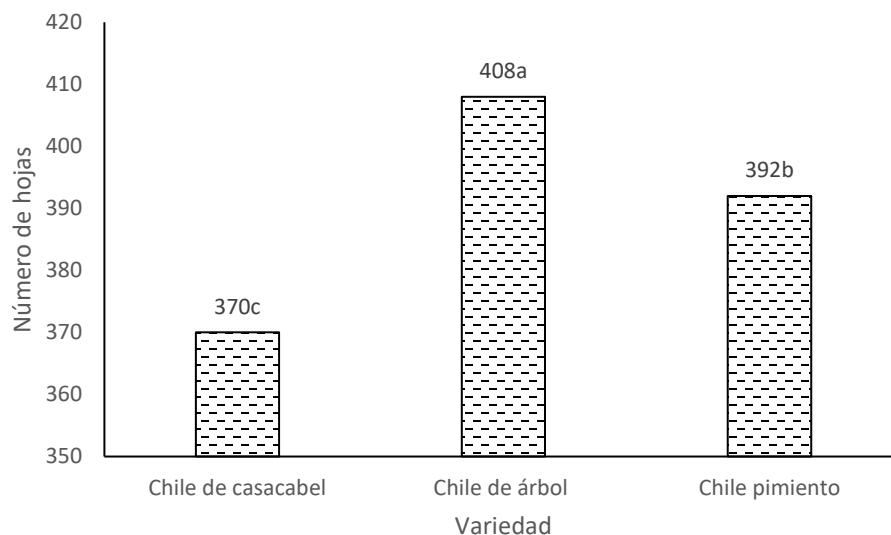


Figura 4. Numero de hojas de variedades de chile producidos en invernadero.

Número de fruto

La variable número de frutos y presentó una diferencia significativa entre las variedades de chile evaluadas en invernadero (Figura 3). La variedad chile de árbol registró el mayor número de frutos con 136 frutos por planta, seguida por chile cascabel con 65 frutos, mientras que chile pimiento presentó el menor valor con 16 frutos por planta.

Estas diferencias se asocian principalmente por las características genéticas de cada variedad y a su capacidad de floración y cuajado de frutos. De acuerdo con Bosland y Votava (2012), el número de frutos en *Capsicum* está determinado por el hábito de crecimiento y la eficiencia en la asignación de fotoasimilados hacia los órganos reproductivos. Asimismo, Ryłski y Spigelman (1986) señalan que variedades con frutos pequeños, como el chile de árbol, tienden a producir un mayor número de frutos en comparación con aquellas de frutos grandes, como el chile morrón.

El mayor número de frutos observado en el chile es un mayor potencial productivo en términos de cantidad, mientras que el menor número en chile pimienta responde a una estrategia fisiológica orientada a la producción de frutos de mayor tamaño (Marcelis *et al.*, 2004).

Según Wien y Stützel (2020) y Ayala-Tafoya *et al.* (2015), menciona que el número de frutos en cada uno de los pimientos podría suceder por a la absorción de botones florales que ocurre en algunos materiales de frutos grandes de acuerdo con los agentes precursores de la caída de las flores son alta temperatura, y la baja intensidad de la radiación, esto es trascendente en la agricultura protegida dado que la humedad relativa interviene en varios procesos como el amortiguamiento de los cambios de temperatura, transpiración, crecimiento de tejidos, viabilidad del polen para la fecundación del ovario de las flores y desarrollo de enfermedades.

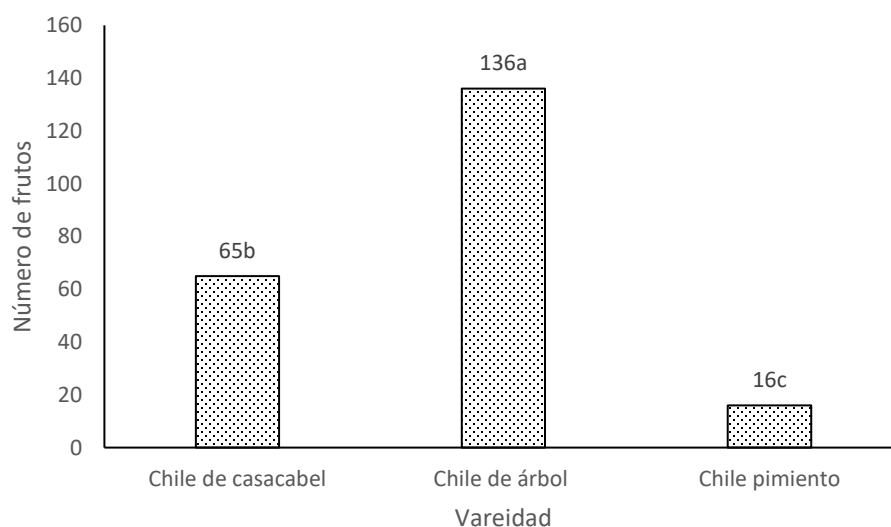


Figura 5. Numero de frutos por planta de variedad de chile.

Peso de fruto

Presentó diferencias entre las variedades de chile evaluadas en condiciones de invernadero (Figura 4). La variedad chile morrón registró el mayor peso promedio de fruto con 97 g, seguida por chile cascabel con 27.5 g, mientras que chile de árbol presentó el menor peso con 4.5 g por fruto, esto se debe a que cada fruto es diferente y están relacionadas con las características morfológicas y genéticas propias de cada variedad. Según Bosland y Votava (2012), menciona que el peso del fruto en *Capsicum annuum* L. depende principalmente del tamaño, grosor del pericarpio y forma del fruto. Marcelis colaboradores (2004) muestran que variedades con menor número de frutos, como el chile morrón, tienden a producir frutos de mayor peso individual debido a una mayor asignación de fotoasimilados por fruto. El chile de árbol se asocia a su tipo de fruto pequeño, el cual prioriza la producción de un mayor número de frutos con menor peso individual (Rylski y Spigelman, 1986).

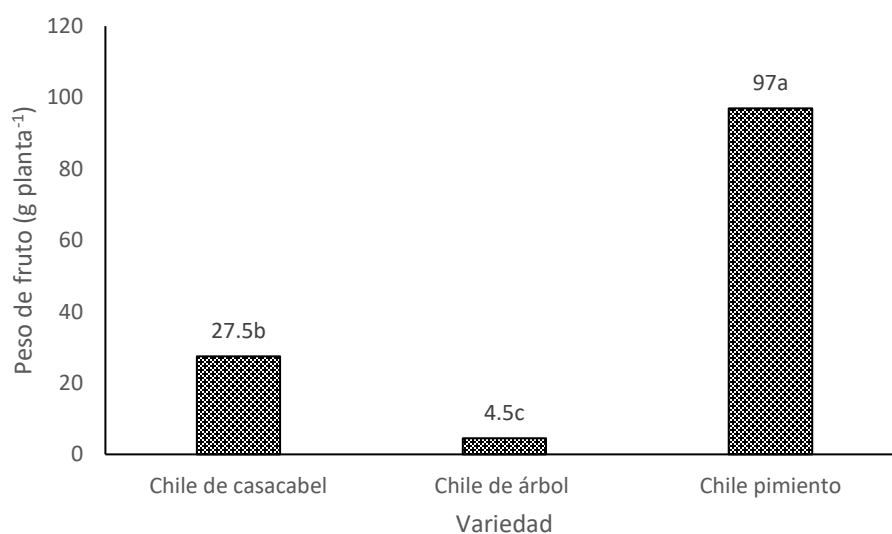


Figura 6. Peso de fruto en variedades de chile producidas en invernadero.

Rendimiento

El rendimiento presentó diferencias significativas entre las variedades de chile evaluadas en condiciones de invernadero (Figura 7). La variedad chile cascabel registró el mayor rendimiento con 1.7 kg por planta comparada con el chile de árbol presentó el menor rendimiento con 0.45 kg por planta. Estas diferencias se explican por la interacción entre el número de frutos y el peso individual del fruto. Bosland y Votava (2012), el rendimiento en *Capsicum annum* L. depende del equilibrio entre la cantidad de frutos producidos y su tamaño. Asimismo, Marcelis et al. (2004) indican que variedades con frutos de mayor peso, como el chile morrón, pueden alcanzar altos rendimientos aun con un menor número de frutos, mientras que variedades con frutos pequeños, como el chile de árbol, requieren una alta carga frutal para incrementar su rendimiento total.

El mayor rendimiento observado en el chile cascabel sugiere una mejor relación entre número de frutos y peso promedio del fruto bajo las condiciones de cultivo evaluadas. En México ocupa el segundo lugar en el mundo como productor de chile (*Capsicum spp.*) por su importancia económica como fruto fresco en el mercado internacional o como materia prima para procesamiento industrial (Luna-Ortega et al., 2025). Alrededor del 90.0% del chile que se consume a nivel mundial es de origen mexicano, otros países productores son China, Indonesia, Turquía, España, Estados Unidos y Nigeria (Rodríguez et al., 2024).

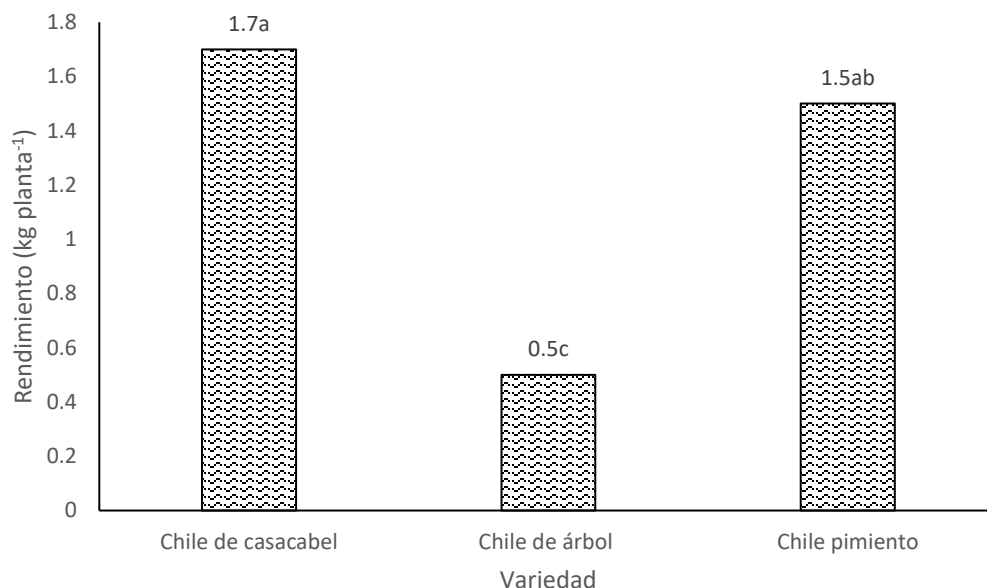


Figura 7. Rendimiento por planta en las variedades de chile (*capsicum annuum* L.) cultivadas en invernadero.

Biomasa

La biomasa total presentó diferencias entre las variedades de chile evaluadas en condiciones de invernadero (Figura 8). La variedad chile morrón registró la mayor biomasa con 272 g por planta y mientras que chile cascabel presentó el menor valor con 180 g por planta. Estas diferencias se relacionan con el vigor vegetativo y la capacidad de acumulación de materia seca de cada variedad. De acuerdo con Taiz *et al.* (2015), una mayor biomasa está asociada con una mayor eficiencia fotosintética y un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles. Asimismo, López *et al.* (2017) señalan que variedades con mayor desarrollo vegetativo, como el chile pimienta, tienden a acumular mayor biomasa, lo que puede influir positivamente en su desempeño productivo.

En este sentido, el mayor valor de biomasa observado en el chile pimiento indica una mayor capacidad de crecimiento vegetativo bajo las condiciones de cultivo evaluadas.

El fruto representa una pequeña parte del peso total de la planta, casi el 50% de la misma se compone de tallos, raíces y hojas, los cuales al final de la producción son descartados (Zabot y Cárdenas-Toro, 2017).

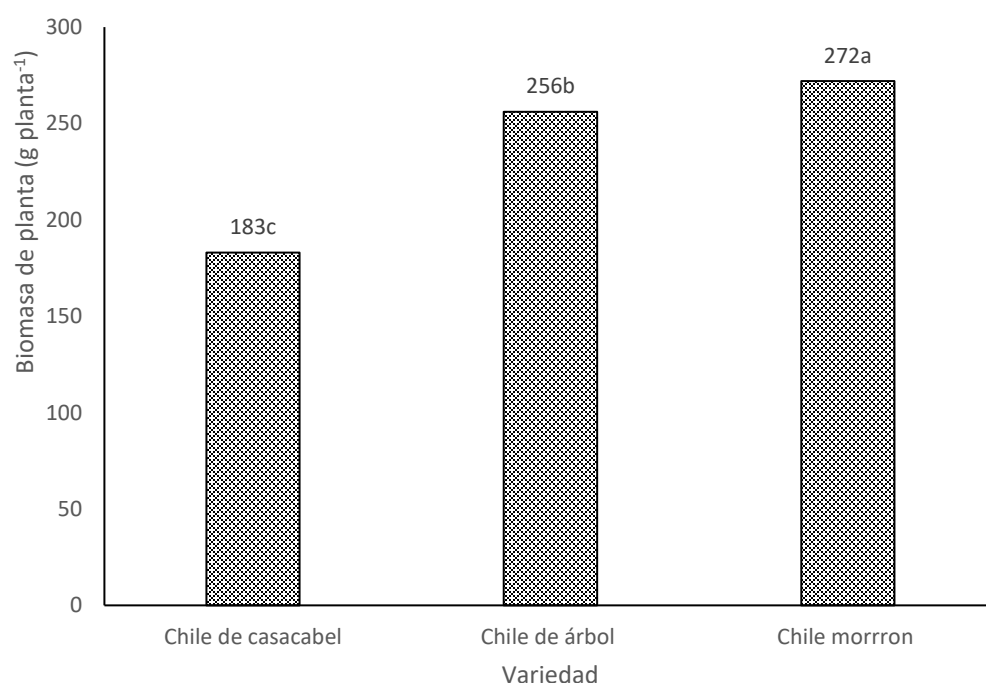


Figura 8. Biomasa total por planta en las variedades de chile cultivadas en invernadero.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados nos muestran las siguiente conclusión donde la variedad chile de árbol produce mas hojas y frutos pero son menos pesados comparados con los otras variedades. La variedad cascabel produce frutos medianos y produce más rendimiento que el los pimientos. En la variable biomasa resulto con mayor acumulación la variedad de pimiento usado en este experimento, cada genotipo está determinado por sus características de cada variedad.

A través del desarrollo de este trabajo aprendí que el comportamiento productivo de las variedades de chile (*Capsicum annuum* L.) cultivadas en invernadero depende directamente de sus características genéticas y de la forma en que cada una distribuye sus recursos entre el crecimiento vegetativo y la producción de frutos. Observé que no siempre una mayor cantidad de hojas o frutos se traduce en un mayor rendimiento, ya que variables como el peso individual del fruto y la acumulación de biomasa juegan un papel fundamental.

Aprendí que el chile de árbol, aunque presenta un alto número de hojas y frutos, produce frutos de menor peso, lo que limita su rendimiento total. En contraste, el chile morrón desarrolla frutos de mayor tamaño y acumula mayor biomasa, lo que le permite alcanzar un buen rendimiento aun con menor número de frutos. Por su parte, el chile cascabel mostró un mejor equilibrio entre número de frutos y peso del fruto, lo que se reflejó en un mayor rendimiento por planta.

Este estudio me permitió comprender la importancia de evaluar de manera conjunta los parámetros morfológicos y productivos para tomar decisiones adecuadas en la selección de variedades y en el manejo del cultivo bajo condiciones de invernadero, reforzando la relación entre fisiología vegetal, rendimiento y eficiencia productiva.

10. REFERENCIAS

- Aguilar-Meléndez, A., M. A. Vásquez-Dávila, E. Katz. M. R. Hernández-Colorado (2019). Los chiles que le dan sabor al mundo. Editor: IRD Éditions, Universidad veracruzana, ed. Marseille pp. 320. DOI : 10.4000/books.irdeditions.30889
- Aguilar-Rincón V. H., T. Corona-Torres, P. López-López, L. Latournerie Moreno, M. Ramírez-Meraz, H. Villalón-Mendoza, J. A. Aguilar-Castillo. (2010). Los chiles de México: diversidad y contenido de capsaicinoides. SNICS-SINAREFI.
- Ahmed, S., Roro, A. G., Beshir, H. M., & Haile, A. (2023). Physiological, growth, yield, and quality responses of hot pepper due to shade level. International Journal of Vegetable Science, 29(5), 375-402. <https://doi.org/10.1080/19315260.2023.2233955>
- Ayala-Tafoya F., R. Sánchez-Madrid, L. Partida-Ruvalcaba, Yáñez-Juárez, M. G., F. H. Ruiz-Espinosa, T. D. J. Velázquez Alcaraz and J. M. Parra-Delgado (2015). Producción de pimiento morrón con mallas sombra de colores. Revista Fitotecnia Mexicana, 38(1), 93-99.
- Bosland, P. W., & Votava, E. J. (2012). Peppers: Vegetable and spice capsicums (2nd ed.). CABI Publishing.
- Campbell, N. A. y Reece, J. B., 2007. Biología. Estructura, crecimiento y desarrollo de las plantas. Panamericana. México. 712-717.
- Camacho-Rodríguez, M., J.J. Almaraz-Suárez, C. Vázquez-Vázquez, A. Angulo-Castro, M.E. Ríos-Vega and A. González-Mancilla (2022). Efecto de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal sobre el crecimiento y rendimiento del chile jalapeño. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 185-196. Publicación electrónica 13 de enero de 2023. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3273>
- CONABIO, Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (2009). Heike Vibrans (ed.). Solanaceae, *Capsicum annuum* L.. Malezas de México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/capsicumannuum/fichas/ficha.htm>.

- CONABIO Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (2025). Diversidad genética del cultivo del chile (*Capsicum* spp) determinada por isoenzimas y RFLP's tipos: serrano, jalapeño, manzano y silvestres en su área de distribución. <https://www.snib.mx/iptconabio/resource?r=SNIB-G026> Accesado el 30/01/2026.
- FAOSTAT. 2022. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Datos sobre alimentación y agricultura. Viale delle terme di caracalla, Roma, Italia. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.
- Hernández, V. S., López, E. R., Porras, F., Parra, T. S., Villarreal, R. M. y Osuna, E. T., 2010. Variación en la germinación entre poblaciones y plantas de chile silvestre. *Agrociencia*, 44: 667-677.
- Kraft, K. H., C. H. Brown, G. P. Nabhan, E. Lüdelling, J de J. Luna-Ruiz, G. C. de Eeckenbrugge, R. J. Hijmans, P. Gepts (2014). Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. *Proc Natl Acad Sci U S A*.111(17):6165-70. doi: 10.1073/pnas.1308933111.
- Laborde, J. A. y Rendón, E. P., 1989. Tomatoes and peppers in Mexico: comercial production and research challenges. S. K. Green (Ed.). *Tomato and pepper production in the tropics*, AVRDC, Formosa, 521-535.
- López, J. A., Ramírez, J. F., & Pérez, M. C. (2017). Crecimiento, desarrollo y producción de chile (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones protegidas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Mendía, J., (2000). Algunas consideraciones sobre el manejo de cultivo de pimiento
- Mauseth, J. D., 2003. *Plant Structure*. En: *Botany. An Introduction to plant biology*. Jones and Bartlett Publishers. U.S.A.
- Marcelis, L. F. M., Heuvelink, E., & Goudriaan, J. (2004). Modelling biomass production and yield of horticultural crops: A review. *Scientia Horticulturae*.
- Montes-Hernández. S., P. López L., S. Hernández V., y M. Ramírez, M. (2010). Recopilación y análisis de la información existente de las especies del género *Capsicum* que crecen y se cultivan en México (informe final). Campo Experimental Bajío, Campo Experimental Valles Centrales, Campo Experimental Sur de Tamaulipas INIFAP. Escuela de Agronomía,

Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). SEMARNAT- CONABIO. México D.F.

Nuez, Fernando; Gil, Ramiro; Costa, Joaquín (1996). El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Madrid: Mundi-prensa. ISBN 84-7114-609-6.

Nuez, F., Gil, O. R. y Costa, J., 2003. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid-España.

Patil C., N. Kusagur and Manjunath B. (2022). Evaluation of chilli (*Capsicum annum* L.) F1 hybrid cultivars on biomass and fruit yield attributes, under southern zone of Karnataka. International Journal of Horticulture and Food Science; 4(2): 91-95

Patijinich (2020). Chile (citado 31 de enero del 2026), cascabel https://patijinich.com/pati_2020/es/chile-cascabel/

Rodríguez-Campos E. (20). La diversidad genética de *Capsicum annum* de México. 52-67.

Rodríguez, L. A., Ramírez, M. y Pozo, O., 2003. Memoria del 1er Simposio Regional de Chile Piquín. Avances de investigación en tecnología de producción y uso racional del recurso silvestre. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo. Publicación Especial Núm. 26. México. 1-19. en invernáculo. FCS As y Fs. UNLP.

Rylski, I., & Spigelman, M. (1986). Effect of different diurnal temperature combinations on fruit set of sweet pepper. *Scientia Horticulturae*.

Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: Proceedings Sixth International Congress on Soilless Culture, ISOSC. Lunteren, Wageningen, The Netherlands. pp: 633-649.

SADER (2019). Cinco cosas que hay que saber del pimiento morrón (citado 31 de enero del 2026), <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cinco-cosas-que-hay-que-saber-del-pimiento-morron?idiom=es>

- SADER (2020). Chile Yahualica, puro sabor y tradición (citado 31 de enero del 2026), <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/chile-yahualica-puro-sabor-y-tradicion>.
- SIAP. 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). Plant physiology and development (6th ed.). Sinauer Associates.
- Urrestarazu-Gavilán, M. (2004). Tratado de cultivo sin suelo (3ra edición). Madrid: Mundi-Prensa. ISBN 84-8476-139-8.
- Wien, H. C., and Stützel, H. (Eds.). (2020). The physiology of vegetable crops. Boston, MA, USA: CAB International.
- Zabot, G. L. and Cárdenas-Toro, F. P. 2017. Recovering bioactive compounds from other agricultural wastes. John Wiley & Sons, Inc. The atrium, southern gate, chichester, west sussex, UK. 197-219 pp. 10.1002/9781119168850.ch9.