

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación Híbridos de Chile Jalapeño para Proceso en el Sureste de Coahuila

Por:

**LISANDRA GONZÁLEZ MONROY**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de Híbridos de Chile Jalapeño para Proceso en el Sureste de Coahuila

Por:

**LISANDRA GONZÁLEZ MONROY**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

 _____ Dr. Alberto Sandoval Rangel Asesor Principal	 _____ M.C. Raúl Alejandro Ramos Salazar Asesor Principal Externo
 _____ Dr. Adalberto Benavides Mendoza Coasesor	 _____ Ing. Ricardo Casto Márquez Coasesor
 _____ Dr. Alberto Sandoval Rangel Coordinador de la División de Agronomía	

Saltillo, Coahuila, México  
Diciembre de 2025



## **AGRADECIMIENTOS**

### **A MI ALMA TERRA MATER**

Por abrirme las puertas y darme la oportunidad de formarme profesionalmente como persona. Agradezco profundamente lo aprendido durante mi estancia como estudiante.

A mis maestros investigadores, cuyo conocimiento, pasión por la enseñanza y compromiso con el desarrollo académico han dejado una huella profunda en mi formación. Su influencia y apoyo ha sido determinante para la realización de la presente tesis:

**Dr. Alberto Sandoval Rangel**

**MC. Raúl Alejandro Ramos Salazar**

(Doctorado en Ciencias en Agricultura Protegida)

**Ing. Ricardo Castro Márquez**

(Nong Woo Seed Seed América Inc)

**Dr. Adalberto Benavides Mendoza**

Al departamento de Horticultura por la oportunidad de brindarme un espacio académico de calidad, donde pude desarrollarme tanto profesional como personalmente.

## **DEDICATORIAS**

A MIS PADRES: quiero agradecerles el esfuerzo, la dedicación y los sacrificios que han hecho para culminar mis estudios. Gracias por su amor incondicional que me han brindado, su apoyo constante, sus valores y por enseñarme que los sueños se alcanzan con esfuerzo y perseverancia. Les agradezco de todo corazón el que estén conmigo, por darme un hogar donde crecer, a pesar de todos los momentos difíciles que pasaron juntos, los quiero y los amo mucho.

**Sr. Jorge Gonzalez Martines**

**Sra. Alejandra Monroy Gonzalez**

A MIS HERMANOS: por su paciencia, comprensión y siempre estar a mi lado en cada paso de este viaje académico. Gracias por ser mi fuerza y mi inspiración.

**Adelaida Gonzalez Monroy**

**Bacilia Gonzalez Monroy**

**Jorge Gonzalez Monroy**

**Gildardo Gonzalez Monroy**

A MI NOVIO: agradezco su amor, comprensión, paciencia y el gran apoyo incondicional que me ha brindado. Gracias por estar siempre a mi lado, celebrando mis éxitos y estar en los momentos más difíciles.

**Adrián Sánchez Vázquez**

A MI HIJA: por llegar a mi vida y ser el motivo mas grande que me ha impulsado salir adelante y lograr esta meta.

**Liz Ariadne Sánchez Gonzalez**

### **Manifiesto de Honestidad Académica**

El suscrito, Lisandra González Monroy, estudiante del nivel licenciatura de la especialidad de zootecnia, con matrícula 41200643, autor de la presente Tesis, manifiesta que:

1. Reconoce que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
2. Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente Tesis, han sido debidamente citadas, reconociendo la autoría de la fuente original.
3. Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el "copiado y pegado" de dicha información.
4. Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor, materiales bibliográficos consultados por cualquier vía, y manifiesto no haber hecho mal uso de alguno de ellos.
5. Entiendo que la función y alcance del comité de asesoría, está circunscrito a la orientación y guía, respecto a la metodología de la investigación realizada para la presente Tesis; Así como el análisis e interpretación de los resultados obtenidos por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionada al plagio académico a mi Comité de Asesoría, aceptando cualquier responsabilidad al respecto es únicamente a mi persona



---

**Tesista de licenciatura/UAAAN**

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIAS.....	V
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	9
OBJETIVO.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
HIPÓTESIS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
Importancia del cultivo.....	11
Agronomía del cultivo.....	12
Composición química y valor nutritivo.....	14
Requerimientos edafoclimatológicos.....	16
Requerimientos nutricionales.....	17
Manejo agronómico del cultivo.....	18
Plagas.....	19
Enfermedades.....	21
Cosecha.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
Localización del sitio experimental.....	22
Material genético y diseño experimental.....	23
Variables evaluadas.....	23
Análisis estadístico.....	25
RESULTADOS.....	26
Variables de crecimiento.....	26
Producción.....	31
Calidad de fruto.....	33
CONCLUSIÓN.....	39
REFERENCIAS.....	40

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Altura de planta en genotipos de chile jalapeño evaluados a diferentes días después del trasplante.....	26
Figura 2. Diámetro de tallo en genotipos de chile jalapeño evaluados a diferentes días después del trasplante.....	27
Figura 3. Distancia entrenudos en genotipos de chile jalapeño evaluados a diferentes días después del trasplante.....	29
Figura 4. Número de bifurcaciones en genotipos de chile jalapeño evaluados a diferentes días después del trasplante.....	30
Figura 5. Contenido de clorofila (SPAD) en genotipos de chile jalapeño. ....	31
Figura 6. Número de frutos por planta en genotipos de chile jalapeño.....	32
Figura 7. Cosecha por planta en genotipos de chile jalapeño. ....	33
Figura 8. Peso promedio por fruto en genotipos de chile jalapeño.....	34
Figura 9. Largo de fruto en genotipos de chile jalapeño.....	35
Figura 10. Ancho de fruto en genotipos de chile jalapeño. ....	36
Figura 11. Firmeza de fruto en genotipos de chile jalapeño.....	37
Figura 12. Grosor de pericarpio en genotipos de chile jalapeño.....	38

## RESUMEN

El chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza de gran importancia económica y social en México, debido a su versatilidad de consumo y su relevancia para la industria de proceso. Con el fin de identificar materiales genéticos con características agronómicas favorables y calidad de fruto adecuada para el mercado procesador, se evaluaron ocho genotipos de chile jalapeño en campo abierto en el sureste de Coahuila. El experimento se desarrolló bajo un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones y evaluaciones a lo largo del ciclo agrícola primavera-verano 2023. Se analizaron variables de crecimiento (altura de planta, diámetro de tallo, distancia entre nudos, número de bifurcaciones y contenido de clorofila), productividad (número de frutos y cosecha por planta) y calidad de fruto (peso promedio, largo, ancho, firmeza y grosor de pericarpio). Los resultados mostraron que no hubo diferencias estadísticas significativas en la mayoría de las variables de crecimiento y productividad, lo que sugiere un comportamiento homogéneo de los genotipos en las condiciones del experimento. Sin embargo, en las variables de calidad de fruto se observaron diferencias significativas entre genotipos, destacando Autlán y Godzilla por presentar frutos de mayor peso y dimensiones, características deseables para la industria de proceso. Estos resultados permiten identificar materiales con potencial agronómico y comercial para los productores de la región, contribuyendo a la selección de genotipos que favorezcan la productividad y calidad del fruto, elementos clave para la competitividad en el mercado agroindustrial.

**Palabras clave:** *Genotipos, calidad de fruto, industria de proceso.*

## ABSTRACT

Jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) is a vegetable of significant economic and social importance in Mexico, due to its versatility in consumption and its relevance to the processing industry. To identify genetic materials with favorable agronomic characteristics and suitable fruit quality for the processing market, eight jalapeño pepper genotypes were evaluated under open-field conditions in southeastern Coahuila. The experiment was conducted using a randomized complete block design with three replications, and evaluations were performed throughout the spring-summer 2023 cropping cycle. Growth variables (plant height, stem diameter, internode length, number of branches, and chlorophyll content), productivity (number of fruits per plant and total yield per plant), and fruit quality (average fruit weight, fruit length, fruit width, firmness, and pericarp thickness) were analyzed. The results showed no statistically significant differences in most growth and productivity variables, indicating a homogeneous behavior among the genotypes under the conditions of the experiment. However, significant differences were observed in fruit quality variables, with Autlán and Godzila genotypes showing higher fruit weight and size, which are desirable traits for the processing industry. These results allow the identification of materials with agronomic and commercial potential for local growers, contributing to the selection of genotypes that enhance productivity and fruit quality-key elements for competitiveness in the agri-food market.

**Keywords:** *Genotypes, fruit quality, processing industr*

## INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.), tipo jalapeño es un cultivo de gran relevancia en México. Destaca por su doble propósito de consumo, fresco y en productos procesados, lo que ha favorecido su amplia distribución a nivel nacional e internacional. (Uzcanga-Pérez *et al.*, 2025). La importancia de este cultivo se debe a participación como condimento de los alimentos, ya sea en fresco o procesado en escabeches, salsas, deshidratados como chipotles etc... (Ávila-Quezada *et al.*, 2022), así mismo, por su contenido de otros biocompuestos como; vitamina C, carotenoides y flavonoides (Gaucin-Delgado *et al.*, 2021). Además de su importancia gastronómica, el cultivo de chile jalapeño constituye una actividad estratégica en términos económicos, generadora de divisas y de empleos directos e indirectos (Uzcanga *et al.*, 2020).

En México se cultivan aproximadamente 30 mil has., con una producción de 723 mil de toneladas (SIAP, 2023). Esta superficie de siembra, demanda una gran cantidad de semillas, generalmente híbridos, lo cual motiva a diversas empresas a generar y evaluar híbridos para satisfacer el mercado, entre ellas la empresa Nong Woo Seeds América Inc., con la colaboración con la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, evalúa los híbridos generados antes de enviarlos al mercado (Uzcanga-Pérez *et al.*, 2025). Estas evaluaciones se realizan bajo rigor científico, y tienen como propósito identificar híbridos capaces de adaptarse a diferentes condiciones de clima, suelo y resistencia a enfermedades además de evaluar su productividad y calidad (Segovia-Lerma & Romero-Mozqueda, 2014, Taitano *et al.*, 2019).

Con base en lo anterior este estudio tuvo como **objetivo**: Evaluar ocho híbridos de chile jalapeño para proceso en campo abierto en Saltillo, Coahuila.

## **HIPÓTESIS**

Los híbridos de chile jalapeño para proceso tendrán un comportamiento diferente en el desarrollo de la planta, productividad y calidad del fruto.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Importancia del cultivo

El chile tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales del centro y sur de América, donde ha sido cultivado y utilizado desde épocas muy antiguas, principalmente por pueblos indígenas como condimento alimenticio. Existen registros que evidencian que su domesticación ocurrió entre los años 7,000 y 2,555 a.C., en las zonas centro y noreste de México, atribuida a su alto valor nutrimental (Karft, 2014).

En México, todas las especies del género *Capsicum* son conocidas comúnmente como "chile", palabra que proviene del término náhuatl *chilli*. Culturalmente, el chile representa un símbolo de identidad nacional, y su distribución y uso gastronómico se ha extendido a nivel mundial (Intagri, 2020).

Aunque se cultivan diversas especies de *Capsicum*, el chile jalapeño destaca por su alto valor comercial y su impacto socioeconómico (Ávila-Quezada *et al.*, 2022). México sobresale como el país con mayor variabilidad genética de *Capsicum annuum*, de la cual derivan numerosos tipos de chile, entre los que destacan el jalapeño, serrano, de árbol, ancho, pasilla y guajillo (González-Pérez *et al.*, 2025; Samuel *et al.*, 2023).

Estas variedades suelen clasificarse de acuerdo con su nivel de pungencia, de menor a mayor intensidad. El jalapeño, también conocido como cuaresmeño, es uno de los tipos más populares tanto a nivel nacional como internacional (Park *et al.*, 2024). Aunque la planta presenta un comportamiento bianual, su cultivo comercial se maneja de forma anual, ya que los brotes que emergen en la segunda etapa del ciclo productivo presentan menor calidad, tamaño y vigor (Intagri, 2020).

### Producción mundial

A nivel mundial, el chile es una de las principales hortalizas cultivadas, con una producción de 36, 771, 482 toneladas (FAOSTAT, 2025). Con respecto a los países productores de chile, China se reportó como los principales productores a nivel

mundial con el 49.45% de la producción, seguido por México 9,19%, Turquía 6.95%, Indonesia 6.91% y España 3.47%. Estos 5 países reunieron poco mas del 75% de la producción mundial de chile y el 67.67% de la superficie cosechada (INTAGRI, 2020).

### **Producción nacional**

En los últimos años, la producción de chile en México ha mostrado un crecimiento sostenido. En 2020, la producción nacional alcanzó 3 324 260 toneladas, lo que representó un incremento del 2.7% respecto al año anterior, consolidando al país como el segundo productor mundial de chile y fortaleciendo su participación en los mercados internacionales (SADER, 2022).

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), el valor de la producción nacional de chile en 2020 ascendió a 34,012 millones de pesos, lo que representó un aumento del 3.8 % en comparación con los 32,762 millones de pesos registrados en 2019 (SIAP, 2025).

La relevancia de este cultivo ha permitido que México se mantenga competitivo frente a otras grandes naciones productoras. Según datos del SIAP (2020), de cada 100 kilogramos de chile producidos a nivel mundial, ocho son de origen mexicano.

Dentro del ámbito nacional, las principales entidades federativas que concentraron la mayor producción en 2020 fueron Sinaloa, con 659,680 toneladas; Chihuahua, con 578,522 toneladas; y Zacatecas, con 426,086 toneladas (SIAP, 2025).

### **Agronomía del cultivo**

#### **Taxonomía del cultivo**

El chile pertenece a la familia de las *Solanaceae* y es conocido por su sabor picante, la clasificación que se presenta fue establecida por Martinez-Hernandez (2022):

- **Reino:** *Plantae*
- **División:** *Angiospermae*
- **Clase:** *Magnoliopsida*
- **Subclase:** *Asteridae*

- **Orden:** *Solanales*
- **Familia:** *Solanaceae*
- **Género:** *Capsicum*
- **Especie:** *Capsicum annuum* L.
- **Variedad:** *Annuum*

### **Fisiología del cultivo**

Según González-Pérez *et al.* (2025) y Martínez-Hernández (2022). Las principales características morfológicas del chile jalapeño son las siguientes:

**Planta.** Es una planta anual en zonas templadas y perennes en las regiones tropicales. Es de forma variable de tallos erectos herbáceos y ramificados, planta monoica de tipo autógama, con una altura de 60 cm.

**Sistema radicular.** Las raíces pueden llegar a profundidades de entre 0.70 y 1.20 m y 1.20 m de lateral. Sistema muy ramificado y venoso.

**Tallo.** Es de forma cilíndrica o prismática angular, verde oscuro, de alta variable según la variedad, su crecimiento es limitado, se ramifica para dividirse en dos o tres ramas y después se bifurcan de forma sucesiva.

**Hoja.** Las hojas tienen una forma ovalada con punta terminal, suele ser de mayor tamaño en las ramas inferiores de la planta, son de color verde oscuro.

**Flor.** Son flores perfectas de cinco a seis pétalos y cinco a seis estambres. Su cáliz suele tener una estructura acampanada que cubre hasta la base del fruto. Por lo general las flores de esta especie suelen ser de color blanco opaco.

**Fruto.** Es una baya semi-cartilaginosa, hueca por dentro, las semillas se encuentran dispuestas en una estructura de forma cónica blanco-amarillenta, a medida que madura el fruto va pasando de color verde a naranja y rojo. Su forma va de redonda a alargada, se cosecha sin madurar o bien maduro.

### **Fenología del cultivo**

Las etapas fenológicas del cultivo de chile jalapeño se describen a continuación, conforme a lo descrito por De la Cruz-Ricardez y colaboradores (2023):

**Germinación y emergencia.** La temperatura ejerce una influencia considerable durante esta etapa; a mayor temperatura, el proceso de desarrollo es más rápido. Generalmente, la duración de esta fase varía entre 8 y 12 días. Esta etapa se considera la de mayor susceptibilidad, ya que cualquier daño sufrido en este periodo puede afectar de manera significativa el desarrollo de la planta, e incluso llegar a provocar consecuencias letales.

**Crecimiento de la plántula.** Inicia con el crecimiento de hojas verdaderas, las plantas presentan un crecimiento poco más lento en la parte aérea y concentra su energía en el desarrollo de la radícula produciendo raíces secundarias, alargando y profundizando la raíz.

**Crecimiento vegetativo.** Esta etapa se caracteriza por la aparición de las primeras hojas verdaderas. Durante este periodo, el crecimiento de la parte aérea se ralentiza ligeramente, ya que la planta concentra su energía en el desarrollo de la radícula, promoviendo la formación de raíces secundarias y favoreciendo el alargamiento y profundización del sistema radical.

**Floración y fructificación.** Durante esta etapa, se inicia la producción de flores en la mayoría de las ramas. Bajo condiciones óptimas de manejo, las primeras flores pueden cuajar y dar origen a frutos. Posteriormente, ocurre un periodo en el que no todas las flores logran desarrollarse, presentándose un alto porcentaje de aborto floral. En esta fase, el crecimiento vegetativo se inhibe, ya que los frutos en desarrollo comienzan a acumular los productos de la fotosíntesis. Una vez que los frutos inician su maduración, el crecimiento vegetativo se reanuda, permitiendo la formación de nuevas flores. Esta dinámica de crecimiento y producción posibilita realizar cortes de cosecha de manera semanal o bisemanal.

### **Composición química y valor nutritivo**

El género *Capsicum* se caracteriza por poseer los frutos con mayor contenido de ácido ascórbico. En frutos frescos se han detectado niveles de vitamina C que

supuran por el doble al contenido en limones y casi seis veces mas que la toronja. Además, posee cantidades significativas de vitamina A, E y B y algunos minerales (Mendoza-Sánchez *et al.*, 2015). Se ha descubierto que al incluir frutos del genero *Capsicum* en la alimentación, se estimula el flujo de saliva y jugos gástricos que mejoran la asimilación de proteínas contenidas en otros alimentos vegetales como maíz y frijol (Salehi *et al.*, 2018).

Otros compuestos importantes en los frutos son aquellos que otorgan sus propiedades de pigmentación y pungencia. De esta manera se reconocen alcaloides como la capsaicina e hidrocapsaicina (capsicinoides) y capsorrubina responsable de la pigmentación de los frutos. Aunque se han descubierto más de 20 capsicinoides, los dos mencionados anteriormente son responsables del 90% de la pungencia en los chiles (Rezende-Naves *et al.*, 2019).

Ceniceros-García (2022) reporta que el chile jalapeño puede presentar variaciones en su contenido nutraceutico en función del esquema nutricional aplicado al cultivo, de esta manera el contenido de fenoles con fertilización química alcanza valores de 383.81 mg AGE/100 g mientras que con fuentes orgánicas puede alcanzar los 362.15 mg AGE/100 g. los flavonoides medidos con nutrición química pueden alcanzar valores de 294.7 mg AGE/100g mientras que con nutrición orgánica alcanzan 212.45 mg AGE/100 g. También menciona que, respecto al contenido de capsaicina, se observa que con fertilización química se alcanzan 0.2623 mg/L mientras que con abonos orgánicos un máximo de 0.5113 mg/L. Proteínas total con fertilización química de 0.025 mg/100 y 0.035 mg/L con abonos orgánicos.

Las propiedades físico-químicas del fruto de chile jalapeño presentan variaciones en el tiempo en función del grado de maduración en el que se obtiene el producto. En frutos verdes el contenido de humedad se reduce de 93.7% a los 0 días a cosecha hasta 89.3% a los 15 días, tanto en el contenido de carbohidratos aumenta de 5.3% a 9.1%, los grados Brix se incrementan de 5.2 a 6.3% mientras que el pH se reduce de 6.4 a 5.9 (Mendoza-Sánchez *et al.*, 2015).

## **Requerimientos edafoclimatológicos**

El ambiente es un conjunto de factores externos que pueden favorecer o afectar el buen desarrollo de un organismo en un medio natural. El cultivo de chile es una planta exigente en cuanto a factores de desarrollo. Para que este se produzca se requieren condiciones climáticas favorables (Medina-García *et al.*, 2017). Entre los requerimientos edafoclimáticos se encuentran los siguientes:

**Suelo.** El cultivo de chile se adapta a diferentes tipos de suelos como francos arenosos, francos limosos o francos arcillosos. En caso de suelos arcillosos debe tener un buen drenaje y estar bien preparados antes de la siembra para evitar acumulaciones de agua que favorecen la incidencia de enfermedades en la raíz (López-Gómez *et al.*, 2017). Es recomendable que los suelos tengan un contenido de materia orgánica. El chile se puede desarrollar en suelos con pH desde 6.5 a 7.0, este cultivo es moderadamente tolerante a la acidez. Sin embargo, por abajo o arriba de los valores indicados no es recomendable su siembra porque afecta la disponibilidad de los nutrientes (Ceniceros-García, 2022). El muestreo del suelo es indispensable para el inicio de cada ciclo subsecuente de producción, además de preparar el suelo a una profundidad de 25 a 30 cm. Las camas altas tienen grandes ventajas, al aumentar el drenaje y aireación (Zakir *et al.*, 2024).

**Temperatura.** La planta de chile se caracteriza por sus elevados requerimientos de temperatura y humedad edáfica. Para un crecimiento y desarrollo óptimos, la temperatura del aire debe mantenerse por encima de los 15 °C, ya que temperaturas inferiores a 13 °C provocan un retraso en ambos procesos (Zhang *et al.*, 2024). El rango térmico ideal para la germinación de semillas se sitúa entre 24 y 29 °C. Sin embargo, fluctuaciones marcadas entre la temperatura máxima diurna y la mínima nocturna pueden generar desequilibrios en el crecimiento vegetativo (Zakir *et al.*, 2024). La temperatura del suelo es muy importante tanto en la germinación como en el desarrollo del sistema radicular. La temperatura más baja que toleran las semillas al momento de germinar es de 11 a 13°C y la germinación tarda entre 20 y 25 días. A temperaturas medias de 24°C el chile se desarrolla de forma correcta, debajo de 15°C el crecimiento se refleja de forma baja o lenta y en temperaturas de

10°C el desarrollo se paraliza completamente, temperaturas superiores a los 35°C la fructificación se ve afectada, bajando la tasa de fructificación hasta casi ser nula. En condiciones óptimas del ciclo de producción, el cultivo debe tener por lo menos tres meses de calor para un buen desarrollo (Ntanasi *et al.*, 2025).

**Humedad.** Esta hortaliza tiene un requerimiento hídrico de 600 a 900 mm de precipitación para cumplir de forma satisfactoria el desarrollo del cultivo, para tener una humedad relativa uniforme en toda la superficie de siembra (Mačkić *et al.*, 2023). La humedad relativa óptima oscila entre el 50 y 70%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y frutos recién cuajados (Jankauskienė & Laužikė, 2023).

**Luminosidad.** El cultivo de chile es una hortaliza demasiado exigente en cuanto a los requerimientos de luz, sobre todo en las etapas de crecimiento, floración y fructificación, estos requerimientos son mas bajos en la etapa de maduración del fruto (Mouliom-Ntapnze *et al.*, 2025).

### **Requerimientos nutricionales**

Muchos factores influyen en la respuesta del cultivo sobre la aplicación de los fertilizantes, entre lo mas relevante es la forma, época y métodos de aplicación, tomando en cuenta la disponibilidad de agua, suelo y la variedad que se utilice.

Cuando no se tiene la información adecuada sobre los requerimientos nutricionales del cultivo, es conveniente comenzar con una concentración de 40 ppm de N y 100 ppm de K en el agua con la que se regara, con la disolución de 227 g de KNO<sub>3</sub> más 34 g de fosfonitrato por cada 100 L de agua. El suministro de fosforo puede realizarse diluyendo acido fosfórico en el agua de riego a razón de 900 ml diarios durante el periodo de 0 a 10 días después del trasplante (Xing & Wang, 2024).

Las cantidades totales de fertilizantes, así como los elementos menores Fe, Zn, Cu, Mn, y B aplicados durante el ciclo del cultivo, van a depender de los volúmenes de

agua con la que se regara el cultivo y cambiaran debido a los análisis del suelo que se realizaron (Xing & Wang, 2024).

### **Manejo agronómico del cultivo**

**Preparación del suelo.** El terreno debe de estar libre de maleza, mullido y sin terrones, que pueden dificultar las labores de cultivo. Además, debe estar bien nivelado para evitar encharcamientos que causen pudriciones en las raíces de las plantas, por lo que se requiere llevar acabo labores como el barbecho, rastreo, nivelación, surcado y trazo de las líneas de riego, si se utiliza acolchado plástico, este debe de colocarse de tal manera que no quede con el color negro por encima y el color blanco por debajo, o de lo contrarios generara demasiado calor, lo que en etapas tempranas de las plantas causarían su muerte, procurar la desinfección del suelo con productos como el Metam sodio o Metam potasio (Muñoz-Villalobos *et al.*, 2013).

**Densidad de plantación.** El cultivo de chile se dispone en líneas orientadas de norte a sur, con un marco de plantación de 1 m entre líneas y 0.5 m entre plantas y con una densidad de plantación de dos plantas por metro cuadrado (Hernandez-Rosas *et al.*, 2023). Con el sistema de acolchado plástico, la distancia entre orificios para plantar chile debe ser de 35 cm entre planta a doble hilera en disposición de tresbolillo, que da una densidad de plantación de 35,500 plantas por hectárea (Mačkić *et al.*, 2023).

**Siembra.** La producción de plántulas de chile debe realizarse en invernadero, donde sea posible lograr un control óptimo de factores climáticos como la luz, la temperatura y la humedad relativa. Para este propósito, el uso de sustratos como *peat moss*, fibra de coco, perlita o vermiculita resulta rápido y eficiente, siempre y cuando se utilicen materiales previamente desinfectados. Se recomienda el empleo de charolas de 200 cavidades, ya que favorecen la obtención de plantas con mayor vigor, minimizan el daño radicular y permiten la extracción del cepellón completo. Es fundamental sembrar una semilla por cavidad y mantener un manejo riguroso de la humedad y la temperatura dentro del invernadero. Asimismo, se sugiere la

aplicación de fertilizantes para promover un desarrollo y crecimiento óptimos de las plántulas (Faruq *et al.*, 2022).

**Poda de formación.** Por su parte, Orozco-Orozco y Lozano-Fernández (2022) manifiestan que la poda es una actividad que aumenta la mano de obra, pero se obtiene mayor comodidad y facilidad para la cosecha de los frutos y la aplicación de diversos productos para el control sanitario y a fertilización foliar. La poda tiene a conformar la planta en dos o tres tallos a partir de la primera cruz, la poda a dos tallos presenta en las primeras recolecciones mayor precocidad y frutos de más calidad, con poda de formación a tres tallos el incremento de producción es mayor.

**Deshoje.** La poda de hojas se realiza con la finalidad de evitar problemas fitosanitarios y se debe de eliminar las hojas viejas y con presencia de cenicilla, además estimula la aparición de nuevas flores y frutos. Además, provee mayor espacio de ventilación entre las plantas, a cada planta se le corta un promedio de cinco hojas por poda y se realiza al menos cinco o seis veces durante el ciclo del cultivo (Orozco-Orozco & Lozano-Fernández, 2022).

**Riego y fertilización.** La fertirrigación es la acción de la aplicación de fertilizantes disueltos en el agua de riego para la nutrición del cultivo (Plaza *et al.*, 2021). Cuyas principales ventajas son: obtener una mayor producción y calidad del fruto, además permite el ahorro de agua, dosificación racional de los fertilizantes y mayor eficiencia del agua y nutrientes (Contreras *et al.*, 2021).

## **Plagas**

**Barrenillo o picudo del chile (*Anthonomus eugenii*).** Una de las principales plagas que afectan al cultivo de chile es un insecto cuyo estado adulto presenta un color café oscuro y mide aproximadamente entre 4 y 5 mm. La hembra ovíparosita en el interior de los frutos en desarrollo, donde las larvas, de color blanco cremoso con la cabeza café, se desarrollan alimentándose de las semillas en formación. Esta plaga se presenta desde la primera floración, por lo que el monitoreo debe iniciarse oportunamente. Se recomienda comenzar el control químico cuando se detecte al menos un adulto por cada 200 plantas muestreadas, inspeccionando un mínimo de

dos yemas florales, botones o flores por planta. Para su manejo, se sugiere la aplicación de insecticidas como Fipronil (50 g de ingrediente activo por hectárea), Clorpirifos (750 g i.a. ha<sup>-1</sup>) u Oxamil (520 g i.a. ha<sup>-1</sup>) (Cortez-Moncada & Pérez-Márquez, 2022).

**Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*).** Se trata de una mosquita pequeña de color blanco, con una longitud de entre 1 y 2 mm. La hembra oviposita en el envés de las hojas, donde las ninfas permanecen alimentándose de la savia vegetal hasta alcanzar el estado adulto. Además de causar daños directos por su alimentación, este insecto puede actuar como vector de diversas virosis. Para su prevención, se recomienda la aplicación de Imidacloprid a razón de 350 g i.a. ha<sup>-1</sup>, dirigido al cuello de la planta. En caso de infestaciones, el control químico puede realizarse mediante la aplicación de Endosulfán en dosis de 525 a 700 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Salvador-Alvarado, 2021).

**Pulgón verde (*Myzus persicae*).** Se trata de un insecto vector de virus, considerado uno de los más dañinos a nivel mundial debido a su capacidad para transmitir más de 120 enfermedades que afectan a más de 500 especies de plantas hospederas. El daño es provocado en todos sus estadios de desarrollo, ya que durante la succión de savia en hojas y brotes inyecta una saliva tóxica que distorsiona los tejidos vegetales. Esta acción genera síntomas como reducción del vigor, achaparramiento, marchitez, amarillamiento y caída prematura de las hojas. Además, su excreción de mielecilla favorece el desarrollo de fumagina, lo que disminuye la capacidad fotosintética de las plantas. Para su control, se recomienda la aplicación de insecticidas como Acefate a razón de 800 g i.a. ha<sup>-1</sup>, o Pirimicarb a 250 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Vélez-Ruiz *et al.*, 2022).

**Minador de la hoja (*Liriomyza sp.*).** Se trata de una pequeña mosquita que deposita sus huevecillos en el envés de las hojas. Tras la eclosión, la larva penetra en los tejidos foliares y se alimenta de su contenido, provocando la desfiguración de las hojas y formando galerías o minas visibles. Para su monitoreo, se recomienda muestrear 50 plantas por lote de 1 a 2 hectáreas, seleccionando tres a cinco sitios diferentes dentro del área. El control químico puede realizarse mediante la

aplicación de Abamectina a una dosis de 5.4 g i.a. ha<sup>-1</sup> o Cyromazina a razón de 75 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Villasagua-Castro, 2023).

**Araña roja (*Tetranychus sp.*).** Esta plaga puede observarse en el envés de las hojas, donde forma colonias de pequeños ácaros que secretan una fina telaraña. Las plantas afectadas presentan un aspecto debilitado, con decoloraciones que varían de amarillo a café, y pueden experimentar una caída prematura de hojas. Su incidencia es favorecida por condiciones de baja humedad relativa y ambientes secos. Para su control, se recomienda la aplicación de Abamectina a una dosis de 9 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Martín-Mex *et al.*, 2020).

### **Enfermedades**

**Virosis.** Dentro de los virus que han sido identificados y reportados en México se encuentra el virus rizado amarillo también conocido como geminivirus y enchinamiento, virus jaspeado del tabaco, virus mosaico del tabaco y virus mosaico del pepino, los cuales son transmitidos principalmente por mosquita blanca y pulgón verde. Se debe evitar y controlar la presencia de insectos ya que no existe tratamiento químico para su control (Ruiz-Jiménez *et al.*, 2022).

**Marchitez del chile.** Esta enfermedad es causada por un complejo de hongos tales como *Fusarium*, *Phytium*, *Rizoctonia*, y *Phytophthora*. El daño principal se localiza en el cuello de la raíz, la base del cuello y causa un marchitamiento repentino y muerte de la planta. La infección se propaga en lugares como encharcamientos de agua o donde año tras año se siembra chile o tomate sin practicar la rotación de cultivo. Para su prevención es necesario evitar encharcamientos y aplicar Matalaxil 483g de ingrediente activo/ha (Gallegos-Morales *et al.*, 2022).

### **Cosecha**

Los frutos se cosechan cuando alcanzan su tamaño propio de la variedad y presentan un color característico verde. El primer corte de producción es cuando haya un promedio de 5 a 8 frutos listos para cosecha y se realiza aproximadamente a los 100 o 110 días después del trasplante, el resto de los cortes se hace en intervalos de 18 a 25 días, hasta completar de 3 a 5 cortes. No debe cosecharse cuando hay agua en el follaje, por que los frutos se humedecen y al acumularse en

las arpillas se despellejan con el calor. En siembra directa las variedades precoces se cosechan a mediados de julio, las intermedias a finales de julio y las tardías a principios de agosto. Los precoces híbridos se cosechan del 10 al 30 de junio, los intermedios del 30 de junio al 10 de julio, y los tardíos del 10 al 25 julio, lo anterior depende del genotipo, tipo de suelo y manejo del cultivo (Muñoz-Villalobos *et al.*, 2013).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del sitio experimental**

El experimento se estableció en el área experimental del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, en las coordenadas 25° 21' 21.6" latitud norte y 101° 02' 10.3" longitud oeste, a una altitud de 1,742 metros sobre el nivel del mar. El estudio se llevó a cabo durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2023, bajo condiciones de campo abierto.

### **Actividades para el establecimiento del estudio**

#### **Preparación del terreno**

Se establecieron camas de siembra de 40 metros de longitud, con una separación de 1.4 metros entre centros. Cada cama acolchada presentó un ancho de 0.8 metros y una altura aproximada de 0.3 metros. La fertilización se complementó mediante un sistema de fertirrigación, utilizando como base la solución nutritiva Steiner ajustada para el cultivo de pimiento (ACEA, 2021). El riego se llevó a cabo por medio de un sistema de goteo, con emisores instalados cada 20 cm y un caudal de aplicación de 1 litro por hora por emisor.

#### **Producción de plantación y trasplante**

La producción de plántulas se llevó a cabo en charolas de poliestireno expandido de 200 cavidades, utilizando *Peat Moss*® como sustrato. A los 30 días posteriores a la siembra, se realizó el trasplante de las plantas al campo, estableciéndolas bajo un sistema de acomodo en tresbolillo.

## **Tutorado**

Se implementó un sistema de tutorado tradicional mediante estacas colocadas a intervalos de 4 metros, utilizando hilo de rafia en ambos costados de las plantas. Los hilos fueron instalados a alturas de 20, 40 y 60 cm, conforme al crecimiento de las plantas.

## **Deshierbe**

El control de malezas se realizó de forma manual a lo largo del ciclo de cultivo.

## **Material genético y diseño experimental**

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, con tres bloques o repeticiones, evaluando distintos genotipos de chile tipo jalapeño orientados al mercado de "proceso", proporcionados por la empresa Nongwoo Seed. Cada genotipo correspondió a una unidad experimental distinta dentro del análisis. Los genotipos evaluados fueron:

Chile	Genotipo
Jalapeño	Especial
	Autlán proceso
	Godzilla
	Raider
	21-2366
	21-2305
	Bravo
Imperial	

## **Variables evaluadas**

Se tomarán en cuenta variables de crecimiento, productividad y calidad del fruto.

## **Variables de crecimiento**

Las variables se evaluaron a los 39, 46, 53 y 60 días después del trasplante (ddt), considerando este último momento como el punto de máximo desarrollo de las plantas. En cada fecha de evaluación, se seleccionaron cinco plantas al azar por bloque experimental.

**Altura de planta.** La medición se realizó utilizando un flexómetro, desde la base del tallo hasta el ápice de la planta. Los resultados se expresaron en centímetros.

**Diámetro de tallo.** El diámetro del tallo se midió a la altura de la base utilizando un vernier digital, registrando los resultados en milímetros.

**Número de bifurcaciones.** El conteo se realizó de forma manual.

**Longitud de entrenudos.** La longitud de los entrenudos se midió utilizando un flexómetro, registrando los resultados en centímetros.

### **Variables de productividad**

Se realizarán dos cortes, para estas variables se cosecho el total de frutos de 10 plantas de cada repetición y se consideraron para el análisis lo siguiente:

**Número de frutos por planta.** El número de frutos se realizó manualmente y se expresó en frutos planta<sup>-1</sup>.

**Total cosechado por planta.** Se pesó la cosecha de las 10 plantas en una balanza marca VINSON, y el resultado se expresó en g planta<sup>-1</sup>.

**Clorofila.** Se midió con un medidor de clorofila portátil de plantas marca MaquiGra a los 53 ddt y se expresaron como unidades SPAD.

### **Variables de calidad del fruto**

Para la evaluación de estas variables, se seleccionaron tres frutos al azar por unidad experimental, en los cuales se realizaron las siguientes mediciones:

**Peso promedio del fruto.** Se pesaron los frutos individualmente en una balanza marca VINSON y se expresaron los resultados en g.

**Largo y ancho de fruto.** El largo y el ancho de los frutos se midieron utilizando un vernier digital, registrando los resultados en milímetros.

**Firmeza.** La medición se realizó utilizando un penetrómetro analógico, y los resultados se expresaron en libras fuerza (lbf).

**Grosor del pericarpio.** Los frutos se seccionaron transversalmente y se midió el grosor del pericarpio utilizando un vernier digital.

### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos se analizaron con el modelo estadístico de bloques completos al azar. Se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico Infostat v. 2020 (Infostat Inc., Córdoba, Argentina).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables de crecimiento

#### Altura

La altura de las plantas fue evaluada a los 39, 46, 53 y 60 días después del trasplante (ddt) y los resultados se muestran en la Figura 1. De acuerdo con el análisis de varianza, no se observaron diferencias significativas entre los genotipos en ninguna de las fechas de evaluación ( $p > 0.05$  para todas las mediciones).

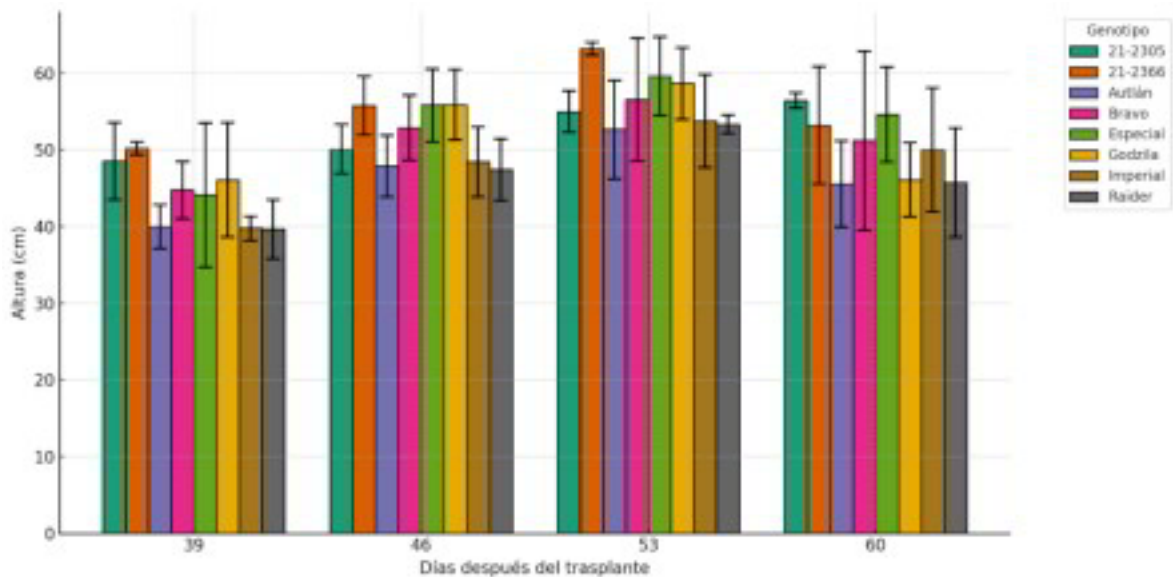


Figura 1. Altura de planta en genotipos de chile jalapeño evaluados a diferentes días después del trasplante.

En consecuencia, aunque se presentaron algunas variaciones en las medias observadas, estas no fueron estadísticamente relevantes. A los 39 ddt, el genotipo 21-2366 presentó la mayor altura promedio (50.22 cm), seguido de 21-2305 (48.56 cm) y Godzilla (46.11 cm). Para los 46 ddt, los genotipos Godzilla (55.89 cm), Especial (55.83 cm) y 21-2366 (55.78 cm) mostraron las alturas más altas, pero sin diferencias significativas respecto al resto de los materiales. A los 53 ddt, el genotipo 21-2366 mantuvo el mayor promedio de altura (63.22 cm), aunque sin separarse estadísticamente de otros materiales como Especial y Godzilla. Finalmente, a los 60 ddt, todos los genotipos se agruparon estadísticamente en un solo grupo,

destacando 21-2305 (55.00 cm) y Especial (54.61 cm) como los de mayor promedio, sin diferencias significativas frente a los demás.

Los resultados obtenidos en chile jalapeño en comparación con los datos mostrados fueron superiores a los reportados por García-Aguilera *et al.* (2021), quienes en la variedad Mixteco lograron 32 cm de altura, con la aplicación de micorrizas en el estado de Guanajuato. Sin embargo, Ayala-Tafoya y colaboradores (2025) lograron alturas de hasta 95 cm con una fertilización química completa en una variedad Baluarte en el estado de Sinaloa, lo que nos indica que las plantas de chile jalapeño pueden verse afectadas en su altura tanto por su variabilidad genética, como por las condiciones edafoclimáticas en donde se desarrollan.

### Diámetro de tallo

La evolución del diámetro de tallo se presenta en la Figura 2. De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, no se detectaron diferencias significativas entre los genotipos en ninguna de las fechas de evaluación ( $p > 0.05$  en todas las mediciones). A pesar de las variaciones en las medias observadas, los materiales evaluados mostraron comportamientos estadísticamente similares a los 39, 46, 53 y 60 ddt.

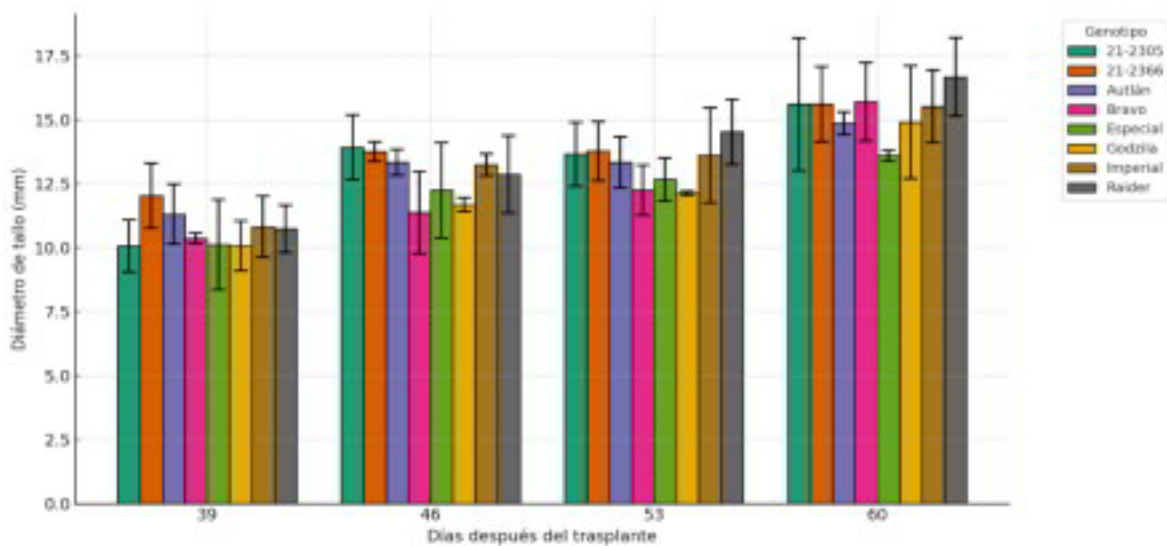


Figura 2. Diámetro de tallo en genotipos de chile jalapeño evaluados a diferentes días después del trasplante.

En términos generales, los genotipos 21-2366 y Autlán registraron diámetros ligeramente superiores a los 39 ddt, mientras que Godzilla y Bravo presentaron los valores más bajos. A los 46 ddt, los materiales 21-2305, 21-2366 y Autlán tendieron a presentar mayores diámetros promedio, pero sin diferencias estadísticas relevantes. Durante la medición a los 53 ddt, Raider se ubicó con el mayor valor promedio (14.52 mm), y a los 60 ddt, nuevamente Raider destacó con el mayor diámetro (16.67 mm), aunque sin separación significativa respecto al resto de los genotipos.

Los resultados de diámetro del tallo obtenidos en este estudio son comparativamente mayores a los reportados por Ayala Tafuya *et al.* (2025), quienes obtuvieron diámetros de 1.1 a 1.2 cm, en su experimento descrito con anterioridad.

### **Distancia entrenudos**

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de la distancia entre nudos en los diferentes genotipos evaluados. El análisis estadístico reveló que no existieron diferencias significativas entre los materiales a los 39, 46 y 60 ddt ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, en la evaluación a los 53 ddt se identificaron diferencias significativas entre genotipos ( $p = 0.0457$ ).

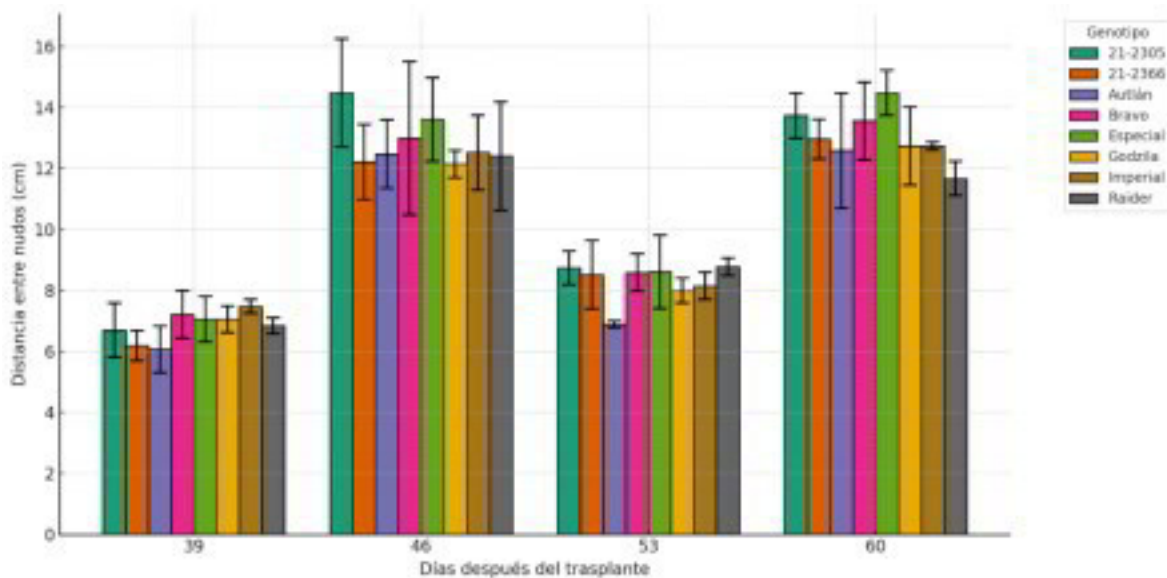


Figura 3. Distancia entrenudos en genotipos de chile jalapeño evaluados a diferentes días después del trasplante.

A los 39 ddt, los materiales Imperial, Bravo y Godzila registraron mayores distancias promedio, aunque sin separación estadística frente al resto. A los 46 ddt, Especial y 21-2305 destacaron con valores más altos, comportamiento que se mantuvo de manera similar a los 60 ddt. En la evaluación a los 53 ddt, Autlán presentó una distancia entre nudos significativamente menor (6.89 cm) en comparación con los demás materiales, mientras que Raider (8.78 cm), 21-2305 (8.74 cm) y Especial (8.61 cm) mostraron los mayores promedios.

Los resultados obtenidos reflejan un crecimiento vegetativo relativamente homogéneo entre los genotipos, salvo en el momento de evaluación a los 53 ddt donde se presentaron diferencias detectables.

### Número de bifurcaciones

El comportamiento del número de bifurcaciones en los genotipos evaluados se ilustra en la Figura 4. A partir del análisis estadístico se detectaron diferencias significativas entre genotipos a los 39, 53 y 60 ddt ( $p < 0.05$ ), mientras que a los 46 ddt no se observaron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ).

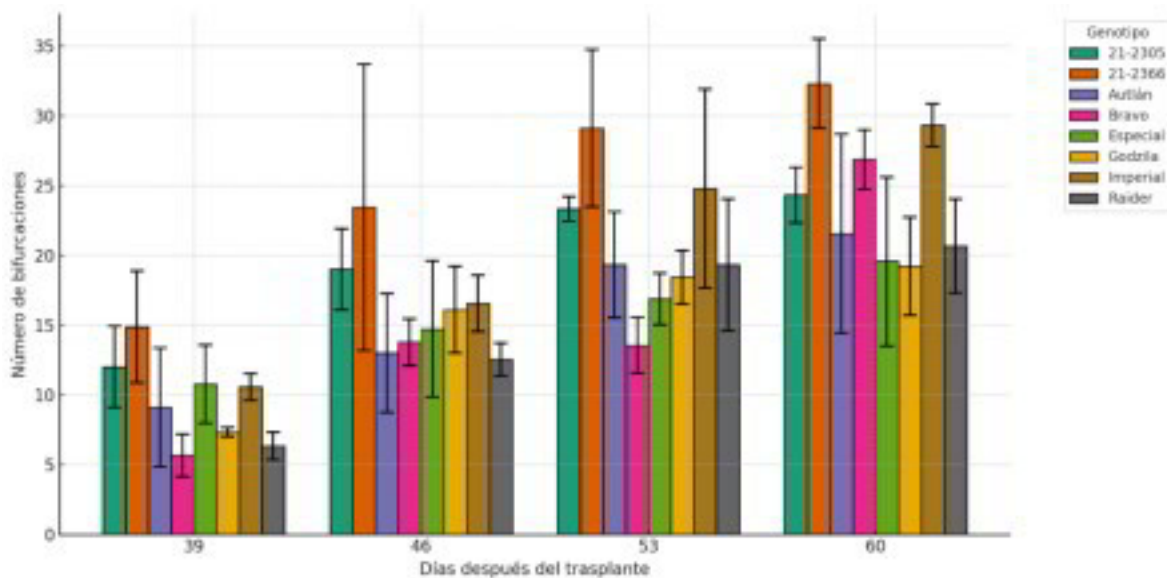


Figura 4. Número de bifurcaciones en genotipos de Chile Jalapeño evaluados a diferentes días después del trasplante.

Durante la evaluación a los 39 ddt, el genotipo 21-2366 mostró el mayor número de bifurcaciones (14.89), diferenciándose estadísticamente de Bravo (5.67) y Raider (6.33), quienes presentaron los valores más bajos. A los 46 ddt, aunque 21-2366 continuó registrando el mayor número de bifurcaciones (23.44), las diferencias entre genotipos no fueron significativas. En contraste, a los 53 ddt se observaron diferencias claras, donde 21-2366 (29.11) e Imperial (24.78) destacaron con mayores bifurcaciones, mientras que Bravo presentó el menor valor promedio (13.56). Esta tendencia se mantuvo a los 60 ddt, con 21-2366 alcanzando 32.33 bifurcaciones, seguido por Imperial (29.33) y Bravo (26.89).

Los resultados señalan que el genotipo 21-2366 mostró consistentemente un mayor número de bifurcaciones a lo largo del ciclo de cultivo, diferenciándose significativamente en varias etapas de evaluación.

### Clorofila

La Figura 5 presenta el contenido de clorofila medido en los genotipos de Chile Jalapeño a los 53 ddt. El análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre los materiales evaluados ( $p > 0.05$ ).

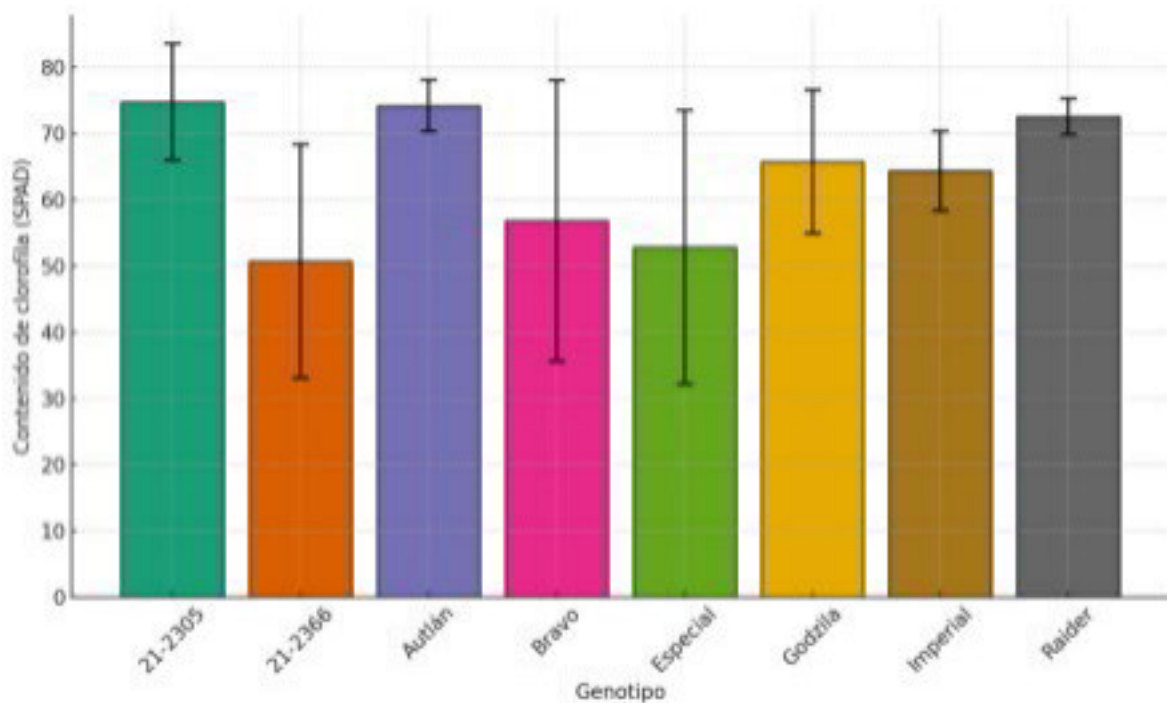


Figura 5. Contenido de clorofila (SPAD) en genotipos de chile jalapeño.

Aunque las medias de contenido SPAD variaron entre genotipos, con valores que oscilaron de 50.74 a 74.78, estadísticamente no existió separación significativa entre ellos. Los genotipos 21-2305 (74.78), Autlán (74.20) y Raider (72.58) presentaron las lecturas más altas, mientras que 21-2366 (50.74) y Especial (52.78) mostraron los valores más bajos, aunque sin diferencia estadística.

Los resultados sugieren que, bajo las condiciones del experimento, el contenido de clorofila no se vio afectado por el genotipo utilizado. Gaffar *et al.* (2021), en un cultivar de chile jalapeño en el sur de Florida encontró valores similares a los más bajos encontrados en esta investigación con una fertilización tipo Hoagland, aunque ellos tampoco detectaron diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados, lo que implica que el contenido de clorofila se ve influenciado por la genética de la planta.

## Producción

### Frutos por planta

El comportamiento del número de frutos por planta entre los genotipos evaluados se presenta en la Figura 6. Aunque las medias mostraron diferencias visibles, el

análisis de varianza indicó que no existieron diferencias significativas entre los genotipos ( $p = 0.0782$ ).

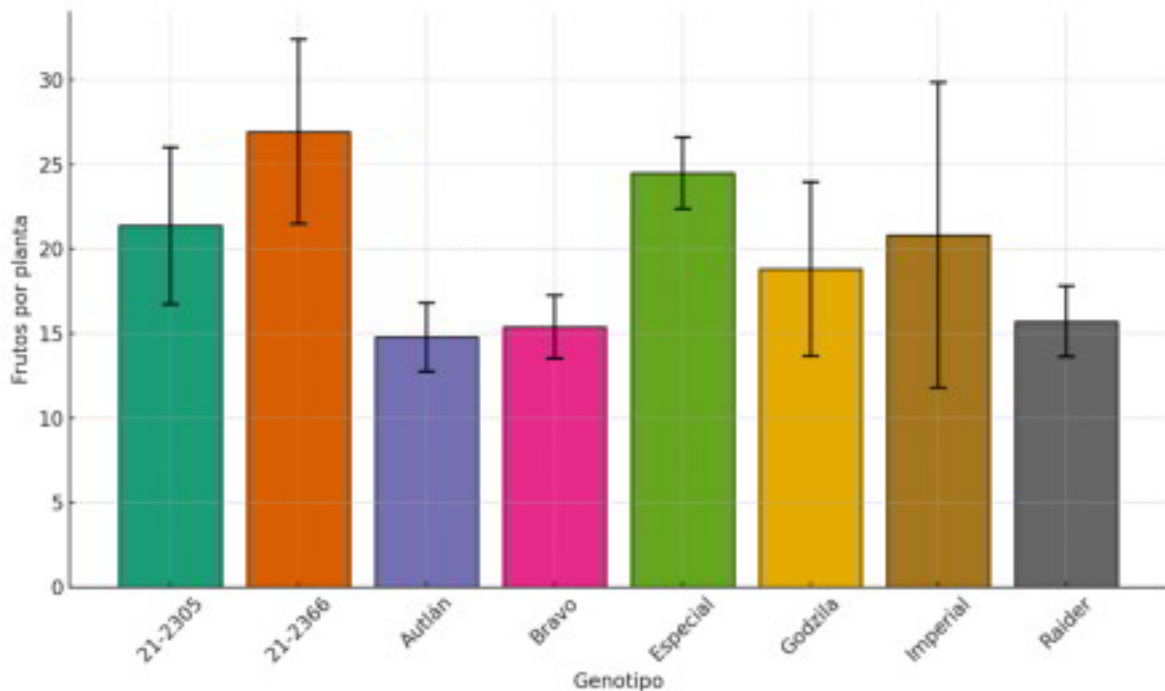


Figura 6. Número de frutos por planta en genotipos de Chile jalapeño.

El material 21-2366 registró el promedio más alto (26.94 frutos por planta), seguido de Especial (24.49) y 21-2305 (21.37). Por otro lado, Autlán (14.77) y Bravo (15.39) presentaron los valores más bajos. No obstante, al no alcanzarse significancia estadística, dichas diferencias deben interpretarse únicamente como tendencias dentro del ensayo.

En general, los genotipos evaluados manifestaron una producción de frutos por planta sin separaciones estadísticas bajo las condiciones del experimento. Aunque no se encontraron estas diferencias estadísticas, los valores son superiores a los encontrados por Gaffar *et al.* (2021) en las condiciones antes descritas, quienes obtuvieron promedio de 10 frutos por planta.

### **Cosecha por planta**

La información correspondiente a la cosecha por planta se encuentra en la Figura 7. El análisis de varianza mostró que no hubo diferencias significativas entre los

genotipos evaluados ( $p > 0.05$ ), a pesar de las variaciones observadas en los promedios de producción.

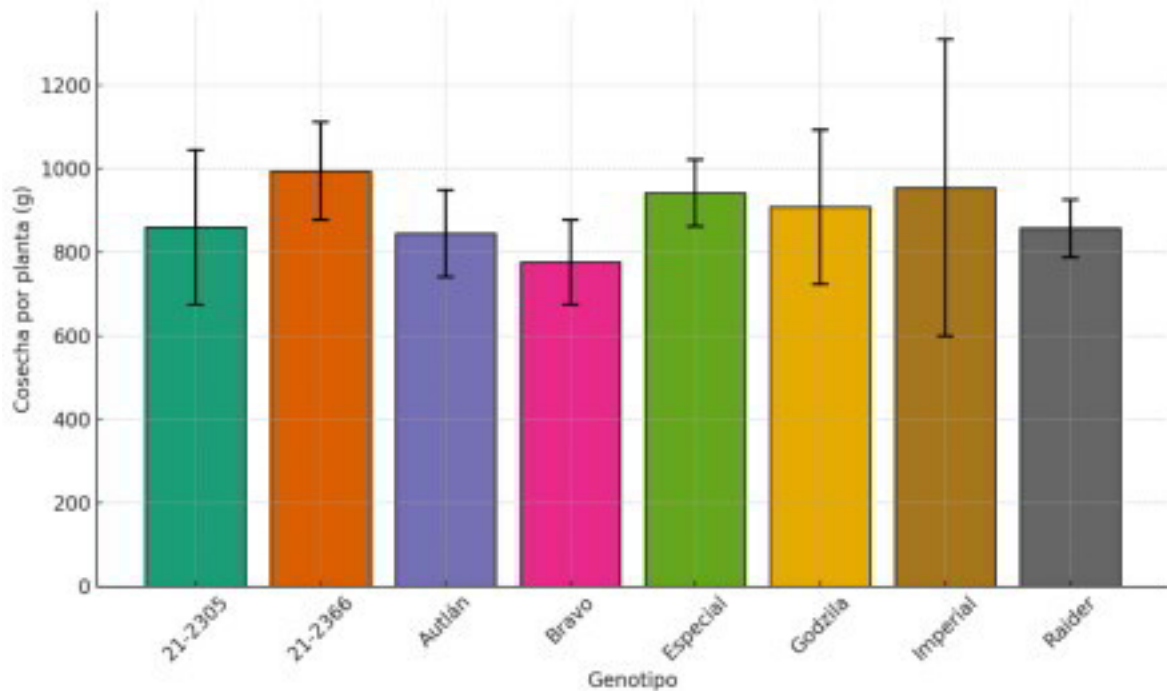


Figura 7. Cosecha por planta en genotipos de chile jalapeño.

El genotipo 21-2366 presentó la mayor cosecha promedio por planta (994.69 g), seguido por Imperial (954.67 g) y Especial (941.39 g), mientras que Bravo registró el valor más bajo (776.39 g). Sin embargo, las diferencias entre materiales no alcanzaron significancia estadística.

Así, los resultados sugieren que, bajo las condiciones del experimento, todos los genotipos evaluados ofrecieron rendimientos similares en términos de producción por planta. Pedroza-Sandoval *et al.* (2024), en condiciones óptimas de humedad en el suelo en el estado de Durango, obtuvieron casi 1200 g por planta, lo que supera los valores encontrados en esta investigación.

### Calidad de fruto

#### Peso promedio de fruto

La comparación del peso promedio por fruto entre los diferentes genotipos se presenta en la Figura 8. A diferencia de otras variables, en este caso el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los materiales ( $p > 0.01$ ).

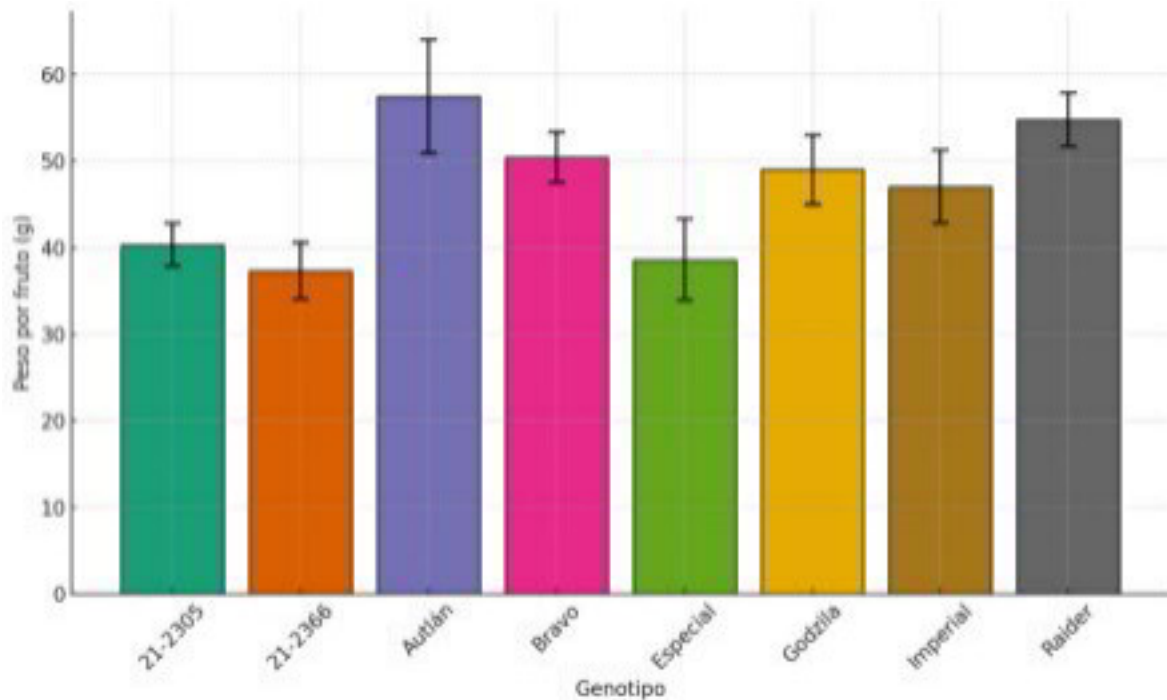


Figura 8. Peso promedio por fruto en genotipos de chile jalapeño.

El genotipo Autlán alcanzó el mayor peso promedio por fruto (57.51 g), seguido por Raider (54.80 g) y Bravo (50.46 g). En contraste, los materiales 21-2366 (37.34 g) y Especial (38.62 g) presentaron los menores valores. De acuerdo con la prueba de comparación de medias, Autlán se distinguió estadísticamente del resto de los genotipos.

Estos resultados permiten identificar variaciones claras en el peso de fruto asociadas al genotipo, lo cual podría influir en la selección de materiales para programas de mejoramiento o producción orientada a mercados específicos.

Ayala-Tafoya *et al.* (2025) reportan el peso promedio de los frutos de chile jalapeño, con valores entre 20 y 30 g, con soluciones orgánicas, valores muy por debajo de los obtenidos por este estudio.

### **Largo de fruto**

El análisis del largo de fruto, mostrado en la Figura 9, evidenció diferencias altamente significativas entre los genotipos evaluados ( $p > 0.01$ ).

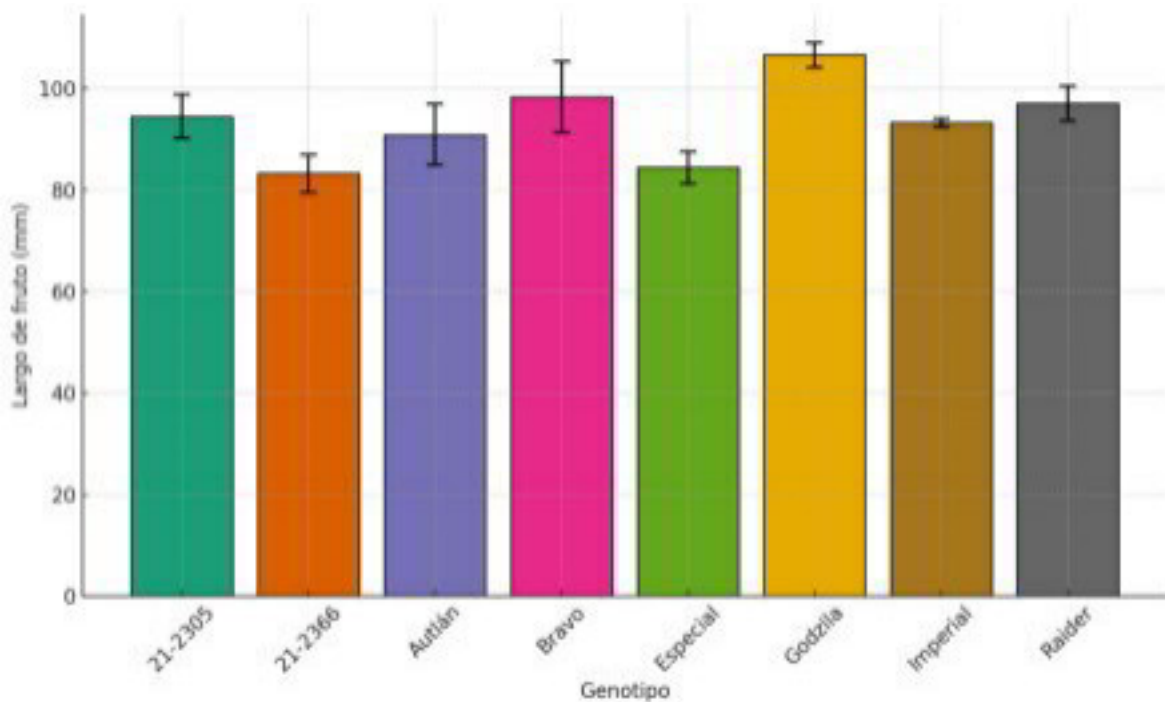


Figura 9. Largo de fruto en genotipos de chile jalapeño.

Godzilla destacó con el mayor promedio de largo de fruto (106.66 mm), seguido por Bravo (98.34 mm) y Raider (97.09 mm). Por otro lado, los genotipos Especial (84.45 mm) y 21-2366 (83.28 mm) presentaron los menores valores. La separación estadística fue clara, con Godzilla diferenciándose del resto de los materiales de forma significativa.

Estas diferencias resaltan el potencial de ciertos genotipos, como Godzilla, para aplicaciones que demandan frutos de mayor tamaño. Martínez-Nolasco *et al.* (2023), con un sistema de aeroponía en invernadero, obtuvieron resultados desde 6 cm hasta 10 cm, siendo este último valor concordante con lo obtenido en esta investigación. Cabe señalar, que tanto la industria de chile jalapeño como el consumidor final buscan chiles con un largo promedio inferior a 10 cm (Sanchez-Toledano *et al.*, 2021).

## Ancho de fruto

La evaluación del ancho de fruto, representada en la Figura 10, reveló diferencias significativas entre los genotipos de chile jalapeño ( $p > 0.05$ ).

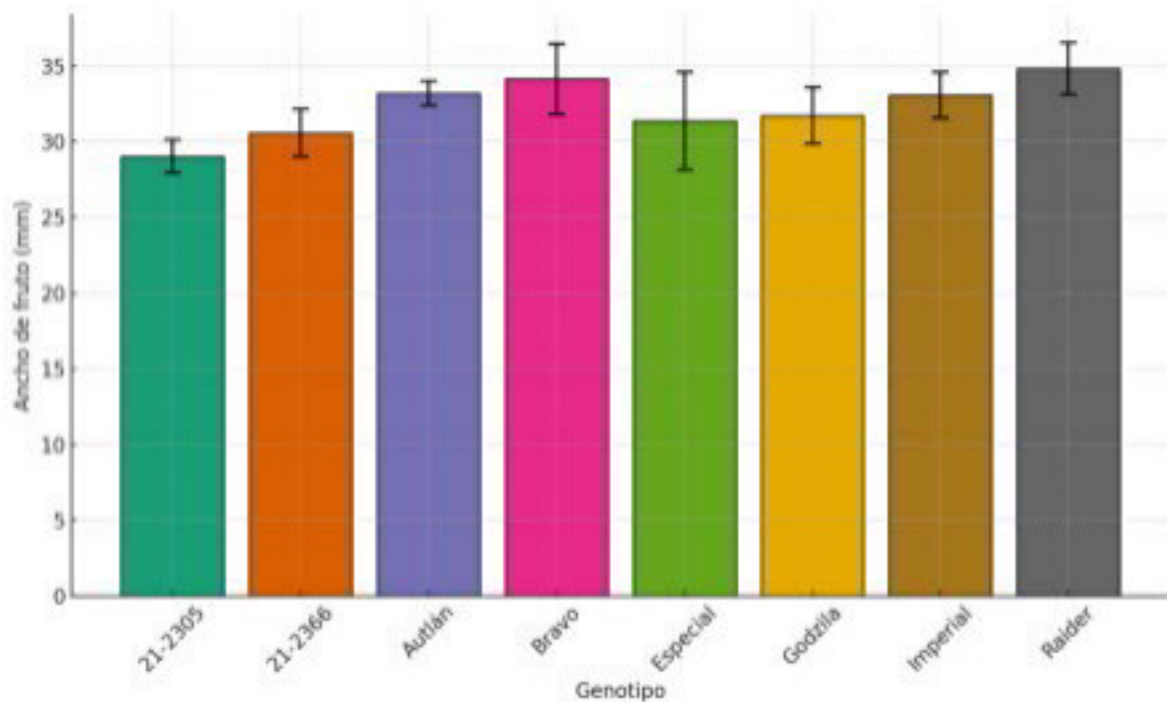


Figura 10. Ancho de fruto en genotipos de chile jalapeño.

El genotipo Raider obtuvo el mayor ancho promedio (34.83 mm), seguido de Bravo (34.14 mm) y Autlán (33.21 mm). En contraste, el genotipo 21-2305 presentó el menor ancho de fruto (29.03 mm). La prueba de comparación de medias permitió agrupar a los genotipos en varios niveles estadísticos, aunque algunas diferencias fueron menos marcadas entre los materiales intermedios. Este comportamiento evidencia que, aunque existen variaciones en el ancho de fruto, la mayoría de los genotipos presentan valores relativamente cercanos entre sí.

## Firmeza

La firmeza de fruto evaluada en los genotipos se presenta en la Figura 11. El análisis de varianza indicó diferencias cercanas a la significancia estadística ( $p = 0.0529$ ), por lo que, aunque algunas tendencias son visibles, no se pueden considerar diferencias confirmadas a un nivel de confianza del 95%.

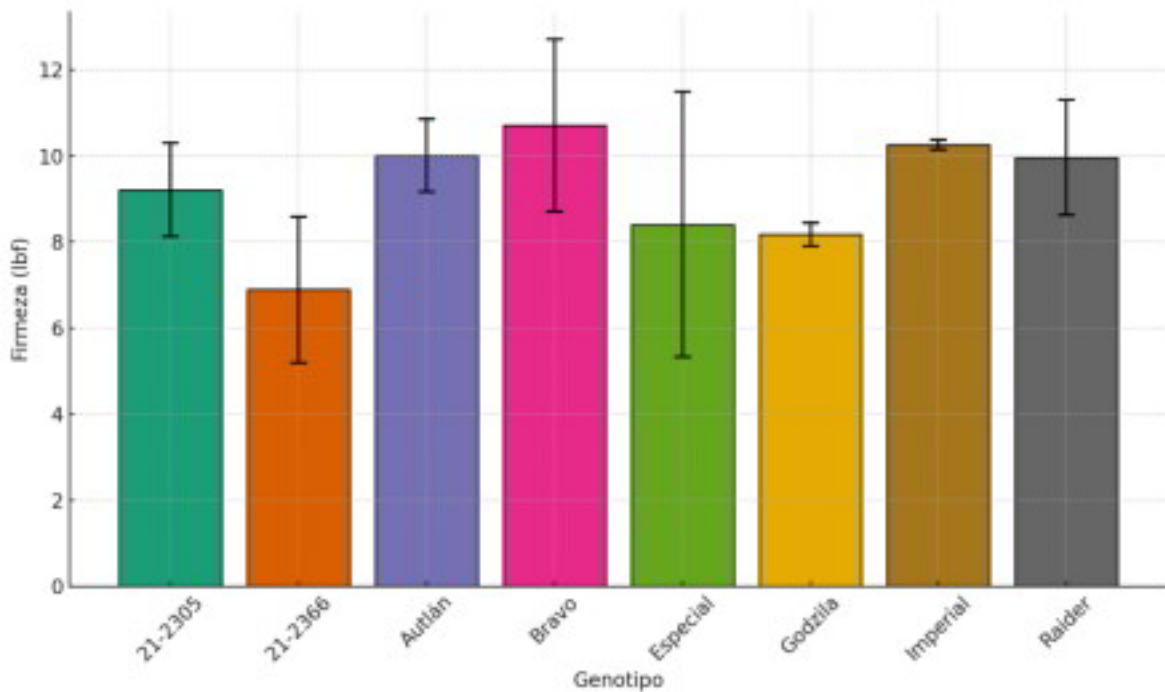


Figura 11. Firmeza de fruto en genotipos de chile jalapeño.

Bravo (10.71 lbf), Imperial (10.26 lbf) y Autlán (10.01 lbf) registraron las mayores medias de firmeza, mientras que 21-2366 mostró el valor más bajo (6.89 lbf). La prueba de comparación de medias sugiere cierta agrupación en distintos niveles, aunque sin separaciones completamente significativas. Este patrón señala que, bajo las condiciones de evaluación, las diferencias en firmeza entre genotipos deben interpretarse con cautela, considerándolas como tendencias más que como separaciones definitivas.

Los valores superiores concuerdan con los obtenidos por Espinosa-Palomeque *et al.* (2020), quienes, en el suroeste de Coahuila, con la variedad Hijo de Mitla obtuvieron valores de 10.89 lbf.

### Grosor de pericarpio

La Figura 12 muestra el grosor del pericarpio de los frutos de chile jalapeño evaluados. El análisis de varianza reveló que no existieron diferencias significativas entre los genotipos ( $p = 0.8660$ ).

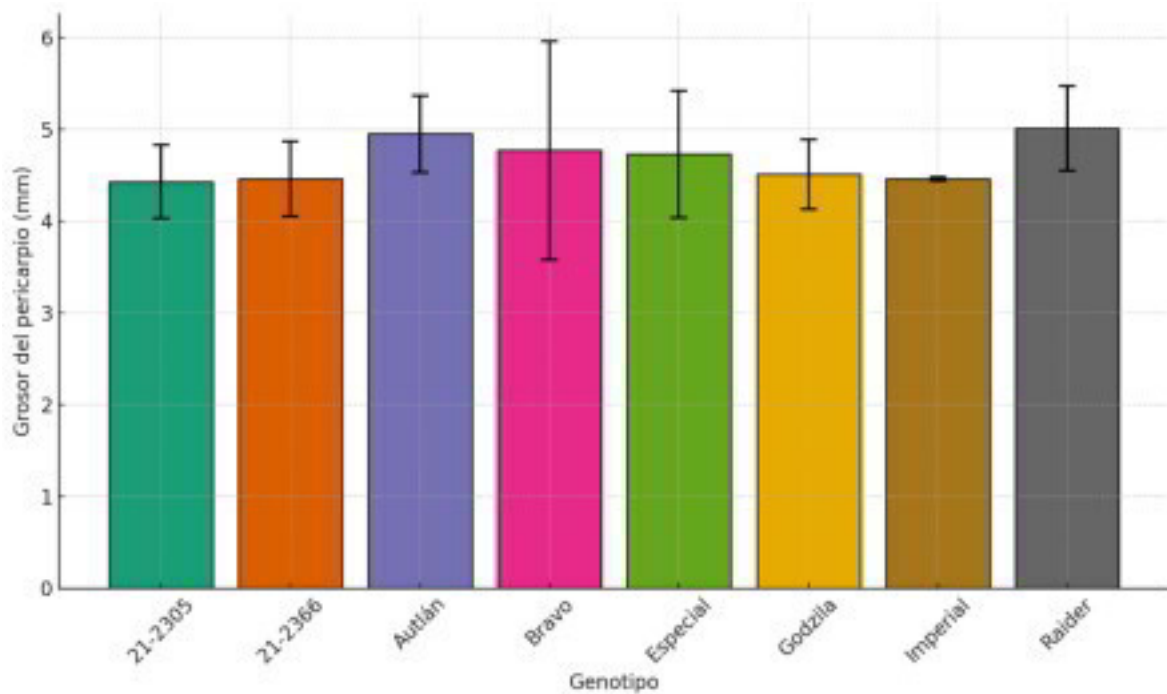


Figura 12. Grosor de pericarpio en genotipos de chile jalapeño.

Aunque Raider (5.01 mm) y Autlán (4.95 mm) registraron los valores más altos de grosor, y 21-2305 (4.43 mm) el menor, las diferencias observadas no fueron estadísticamente relevantes según el análisis de comparación de medias. Todos los genotipos se agruparon en un mismo nivel estadístico. En este sentido, el grosor del mesocarpio se mantuvo uniforme entre los materiales evaluados bajo las condiciones del experimento. Estos valores están dentro del intervalo de 0.4 a 0.6 cm, establecido por la norma NMX-FF-025-SCFI-2007 (Secretaría de Economía, 2007).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidenciaron que, para las variables de crecimiento como altura de planta, diámetro de tallo y distancia entre nudos, no se observaron diferencias estadísticas significativas en la mayoría de las fechas de evaluación, aunque se identificaron tendencias de comportamiento que podrían considerarse en estudios posteriores.

En cuanto a las variables de producción, los genotipos presentaron un desempeño similar en términos de número de frutos y cosecha por planta, sin diferencias significativas, lo que sugiere que bajo las condiciones evaluadas, todos los materiales estudiados tienen un potencial productivo comparable. Sin embargo, para las variables de calidad de fruto, como peso promedio, largo y ancho de fruto, se observaron diferencias significativas entre genotipos, destacando Autlán, Godzilla y Raider por presentar frutos con mayor peso y dimensiones. Esto es relevante para la industria de proceso, que demanda frutos de características específicas.

Esto demuestra que existen genotipos con características agronómicas adecuadas y de calidad de fruto sobresaliente para la industria procesadora, particularmente aquellos que mostraron mayor peso y dimensiones del fruto, como Autlán y Godzilla. No obstante, se recomienda realizar estudios complementarios que evalúen aspectos como la estabilidad del rendimiento en diferentes ciclos agrícolas y el comportamiento ante estreses bióticos y abióticos, a fin de fortalecer la recomendación de estos genotipos a los productores de la región.

## REFERENCIAS

- Aceves-Navarro, L. A., López, J. F. J., López, D. J. P., López, R. L., Hernández, M. B. R., Ramírez, M. J. A. R., & Sánchez, A. M. (2008). Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del chile tabaquero (*Capsicum* spp.) en el estado de Tabasco. Tomo IV. Campo Tabasco, Inifap-Capítulo Tabasco.
- Asociación para la Capacitación Empresarial Agropecuaria (ACEA). (2021). Nutrición vegetal y soluciones nutritivas II. <https://acea.com.mx/articulos-tecnicos/163-nutricion-vegetal-y-soluciones-nutritivas-ii>
- Ávila-Quezada, G. D., Torres-Martínez, J. G., Sétamou, M., Gardea-Béjar, A. A., Berzoza-Gaytán, C. A., & Orduño-Cruz, N. (2022). Arvenses nativas y exóticas en parcelas de chile jalapeño. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(3), 399–407. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.3.399>
- Ayala-Tafoya, F., Valdez-Islas, J. C., Rosales-Avitia, J. V., Parra-Delgado, J. M., Valenzuela-López, M., & Yáñez-Juárez, M. G. (2025). Uso de lombricomposta para reducir fertilizantes sintéticos en el cultivo de chile jalapeño. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 12(2). <https://doi.org/10.19136/era.a12n2.4328>
- Badia, A. D., Spina, A. A., & Vassalotti, G. (2017). *Capsicum annuum* L.: An overview of biological activities and potential nutraceutical properties in humans and animals. *Journal of Nutritional Ecology and Food Research*, 4(2), 167-177.
- Ceniceros-García, J. (2022). Rendimiento, calidad e inocuidad de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) con fertilización orgánica. [Universidad Juárez del Estado de Durango]. <http://repositorio.ujed.mx/jspui/handle/123456789/194>
- Contreras, J. I., Baeza, R., López, J. G., Cánovas, G., & Alonso, F. (2021). Management of fertigation in horticultural crops through automation with electrotensiometers: Effect on the productivity of water and nutrients. *Sensors*, 21(1), 190. <https://doi.org/10.3390/s21010190>

- Cortez-Moncada, E., & Pérez-Márquez, J. (2022). El picudo del chile *Anthonomus eugenii* Cano en Sinaloa. INIFAP.
- De la Cruz-Ricardez, D., Lagunes-Espinoza, L. del C., Ortiz-García, C. F., Hernández-Nataren, E., Soto-Hernández, R. M., & Acosta-Pech, R. G. (2023). Phenology, yield, and phytochemicals of *Capsicum* spp. in response to shading. *Botanical Sciences*, 101(3), 865–882. <https://doi.org/10.17129/botsci.3234>
- FAOSTAT. (2025). Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Crops and Livestock Products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Faruq, O., Uddin, R., & Alam, R. (2022). Effect of weed management practices on chilli yield in chattogram hill districts of Bangladesh. *Journal of Innovative Agriculture*, 9(4), 32–43. <https://doi.org/10.37446/jinagri/rsa/9.4.2022.32-43>
- Gaffar S, Riquelme C, Jayachandran K (2021) Investigating the effects of twelve biochars on the growth of *Capsicum annum* ‘Jalapeno’ pepper, microbial population and enzyme activities in soil. *J Hortic* 8(296).
- Gallegos-Morales, G., Espinoza-Ahumada, C. A., Figueroa-Reyes, J., Méndez-Aguilar, R., Rodríguez-Guerra, R., Salas-Gómez, A. L., & Peña-Ramos, F. M. (2022). Compatibilidad de especies de *Trichoderma* en la producción y biocontrol de marchitez del chile. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(2), 1–7. <https://doi.org/10.19136/era.a9n2.3066>
- García-Aguilera, J. A., Arreola-Díaz, N., Servín-Torres, A. Y., Díaz-Soto, L. E., Morales-Flores, S., & Ángel-Hernández, A. (2021). Evaluación de inoculante de bacterias benéficas y micorrizas en cultivo de chile jalapeño. *Revista Ciencia e Innovación Agroalimentaria de la Universidad de Guanajuato*, 3(1), 49-58.
- Gaucin-Delgado, J. M., Preciado-Rangel, P., González-Salas, U., Sifuentes-Ibarra, E., Núñez-Ramírez, F., & Orozco-Vidal, J. A. (2021). La biofortificación con selenio mejora los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante en chile

- jalapeño. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(8), 1339–1349. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.3066>
- González-Pérez, E., Villalobos-Reyes, S., Núñez-Colin, C. A., & Canul-Ku, J. (2025). Caracterización morfológica de líneas avanzadas de chiles (*Capsicum annuum* L.) del centro de México. *Agronomía Mesoamericana*, 36, 61651. <https://doi.org/10.15517/am.2025.61651>
- Guijarro-Real, C., Adalid-Martínez, A. M., Pires, C. K., Ribes-Moya, A. M., Fita, A., & Rodríguez-Burruezo, A. (2023). The effect of the varietal type, ripening stage, and growing conditions on the content and profile of sugars and capsaicinoids in *Capsicum* peppers. *Plants*, 12(2), 231. <https://doi.org/10.3390/plants12020231>
- Hernandez-Rosas, J. C., Hernandez, F., Schettino-Salomón, B., & Pérez-González, L. M. (2023). Emergence and growth of huacle chili seedlings (*Capsicum annuum* L.) with the use of biological formulations in commercial plot soil. *Agro Productividad*, 16(9), 157–163. <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i9.2542>
- INTAGRI. 2020. Cultivo de Chile en México. Serie Hortalizas, Núm. 21. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p.
- Jankauskienė, J., & Laužikė, K. (2023). Effect of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) seedling age and cultivation method on seedling quality, photosynthetic parameters and productivity. *Agronomy*, 13(9), 2255. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092255>
- Kraft, K. H., Brown, C. H., Nabhan, G. P., Luedeling, E., Luna Ruiz, J. D. J., Coppens d'Eeckenbrugge, G., ... & Gepts, P. (2014). Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(17), 6165-6170.
- López-Gómez, J. D., Villegas-Torres, O. G., Sotelo-Nava, H., Andrade-Rodríguez, M., Juárez-López, P., & Martínez-Fernández, E. (2017). Rendimiento y calidad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por efecto del régimen

- nutrimental. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 8(3), 1747–1758. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.699>
- Mačkić, K., Bajić, I., Pejić, B., Vlajić, S., Adamović, B., & Popov, O. (2023). Yield and water use efficiency of drip irrigation of pepper. *Water*, 15(16), 2891. <https://doi.org/10.3390/w15162891>
- Martinez-Hernandez, N. (2022). Caracterización morfológica y molecular de poblaciones nativas de Chile Miahuateco (*Capsicum annum* L.). Universidad Autónoma Chapingo.
- Martinez-Nolasco, C., Padilla-Medina, J. A., Nolasco, J. J. M., Barranco-Gutiérrez, A. I., Prado-Olivarez, J., & Santoyo-Mora, M. (2023). Validation of Aeroponic Cultivation of Jalapeño Pepper (*Capsicum annum* L.) through thermal and morphometric characterization of roots and leaves. *Preprints*.
- Martín-Mex, R., Nexticapán-Garcéz, A., & Ruiz-Sánchez, E. (2020). Biología y manejo de plagas del cultivo de Chile habanero. En CIATEJ (Ed.), *Metabólica y cultivo del Chile habanero (Capsicum chinense Jacq)* de la Península de Yucatán. (PP. 42-54). CIATEJ-CONACYT.
- Medina-García, G., Mena-Covarrubias, J., Ruiz-Corral, J. A., Rodríguez-Moreno, M. V., & Soria-Ruiz, J. (2017). El cambio climático afecta el número de horas de los rangos térmicos del Chile en el norte-centro de México. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1797–1812. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.703>
- Mendoza, P. B. (2012). Producción y eficiencia en uso de agua en Chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) (Tesis de ingeniero agrónomo en irrigación, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México).
- Mendoza-Sánchez, L. G., Mendoza-López, M. R., García-Barradas, O., Azuara-Nieto, E., Pascual-Pineda, L. A., & Jiménez-Fernández, M. (2015). Physicochemical and antioxidant properties of jalapeño pepper (*Capsicum annum* var. *annuum*) during storage. *Revista Chapingo: Serie Horticultura*, 21(3), 229–241. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.06.010>

- Mouliom-Ntapnze, A. M., Fangué-Yapseu, G. Y., & Missihoun, T. D. (2025). Developmental stages of bell pepper influence the response to far-red light supplements in a controlled environment. *Agronomy*, 15(3), 732. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030732>
- Muñoz-Villalobos, J. A., Velásquez-Valle, M. A., Macías-Rodríguez, H., & Sánchez-Cohen, I. (2013). Producción de chile (*Capsicum annuum* L.) a campo abierto con biofumigación del suelo (Primera Ed). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Ntanasi, T., Karavidas, I., Savvas, D., Spyrou, G. P., Giannothanasis, E., Consentino, B. B., Papatotiropoulos, V., Sabatino, L., & Ntatsi, G. (2025). Physiological and yield responses of pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes to drought stress. *Plants*, 14(13), 1934. <https://doi.org/10.3390/plants14131934>
- Orozco-Orozco, L. F., & Lozano-Fernández, J. (2022). Efecto de las podas sobre el rendimiento de *Capsicum annuum* L. bajo dos ambientes. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1), 1–20. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.44253>
- Park, E., Luo, Y., Zhou, B., & Fonseca, J. M. (2024). Varied attributes of jalapeño pepper cultivars influence fresh-cut product quality. 149(3), 152–161. <https://doi.org/10.21273/JASHS05346-23>
- Pedroza-Sandoval, A., Minjares-Fuentes, J. R., Trejo-Calzada, R., & Gramillo-Avila, I. (2024). Physiological and Productivity Responses in Two Chili Pepper Morphotypes (*Capsicum annuum* L.) under Different Soil Moisture Contents. *Horticulturae*, 10(1), 92. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010092>
- Plaza, B. M., Lao, M. T., & Jiménez-Becker, S. (2021). Fertigation strategies to alleviate fertilizer contamination generated by tomato crops under plastic greenhouses. *Agronomy*, 11(3), 444. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030444>
- Rezende-Naves, E., De Ávila-Silva, L., Sulpice, R., Araujo, W. L., Nunes-Nesi, A., Peres, L. E. P., & Zsögön, A. (2019). Capsaicinoids: Pungency beyond

*Capsicum*. *Trends in Plant Science*, 24(2), 109–120.  
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.001>

Ruiz-Jiménez, A. L., Cua-Basulto, M., Ruiz-Sánchez, E., Latournerie-Moreno, L., & Ballina-Gómez, H. S. Efecto de productos biorracionales en las infecciones por virosis en invernadero. Editor Responsable: Dr. Francisco Antonio Cigarroa Vázquez ISSN 2683-2909 8, 9 y 10 de noviembre de 2022., 87.

SADER. (2022). Agricultura protegida ubica a México entre los principales productores de frutas y hortalizas. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.  
<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/agricultura-prottegida-ubica-a-mexico-entre-los-principales-productores-de-frutas-y-hortalizas>

Salehi, B., Hernández-Álvarez, A. J., Contreras, M. del M., Martorell, M., Ramírez-Alarcón, K., Melgar-Lalanne, G., Matthews, K. R., Sharifi-Rad, M., Setzer, W. N., Nadeem, M., Yousaf, Z., & Sharifi-Rad, J. (2018). Potential phytopharmacy and food applications of *Capsicum* spp.: A comprehensive review. *Natural Product Communications*, 13(11), 1543–1556.  
<https://doi.org/10.1177/1934578X1801301133>

Salvador-Alvarado, I. R. (2021). Manejo integrado de la Mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) [Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10243>

Samuel, J., Jesús, G., & Maldonado-moreno, N. (2023). Variación morfológica en frutos de genotipos de chile piquín (*Capsicum annum* var. *Glabriusculum*) del noreste y centro de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2), e3482. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3482>

Sánchez-Toledano, B. I., Cuevas-Reyes, V., Kallas, Z., & Zegbe, J. A. (2021). Preferences in ‘Jalapeño’ Pepper Attributes: A Choice Study in Mexico.

Secretaría de Economía. (2007). NMX-FF-025-SCFI-2007: Productos alimenticios no industrializados para consumo humano – Chile fresco – Especificaciones. Dirección General de Normas.

- SIAP. (2025). Producción agrícola por entidad federativa. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap>
- Suárez-Hernández, J. L. (2021). La política pública hacia la agricultura protegida en el gobierno de López Obrador Resumen Introducción. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1071–1085. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2776>
- Uzcanga, N. G., Cano, A. de J., & Vega, I. P. (2020). Indicadores básicos para el análisis de la producción de chile jalapeño a nivel nacional y en Quintana Roo. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 47(7), 523–532. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.308709>
- Uzcanga-Pérez, N. G., Sánchez-Toledano, B. I., de Jesús Cano-González, A., & Góngora-Pérez, R. D. (2025). Caracterización de los productores de chile jalapeño en Quintana Roo, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 56, 103–117. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14182538003>
- Vélez-Ruiz, M. C., Meza-Vera, R. J., Abasolo-Pacheco, F., & Álvarez-Romero, P. I. (2022). Uso de extractos botánicos para el control de pulgón (*Myzus persicae*: *Aphididae*) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*: *Aleyrodidae*) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum*: *Solanaceae*), en Ecuador. *Terra Latinoamericana*, 40, 1–11. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1454>
- Villasagua-Castro, R. J. (2023). Manejo de la mosca minadora (*Liriomyza* spp.) en el cultivo de Papa (*Solanum tuberosum*), en Ecuador [Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14922>
- Xing, Y., & Wang, X. (2024). Precise application of water and fertilizer to crops: Challenges and opportunities. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1444560>
- Zakir, I., Ahmad, S., Haider, S. T., Ahmed, T., Hussain, S., Saleem, M. S., & Khalid, M. F. (2024). Sweet pepper farming strategies in response to climate change: Enhancing yield and shelf life through planting time and cultivar selection. *Sustainability*, 16(15), 6338. <https://doi.org/10.3390/su16156338>

Zhang, X., Ma, X., Wang, S., Liu, S., Shi, S., Zhang, X., Ma, X., Wang, S., Liu, S., & Shi, S. (2024). Physiological and genetic aspects of resistance to abiotic stresses in *Capsicum* species. *Plants*, 13(21), 3013. <https://doi.org/10.3390/plants13213013>