

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de Híbridos de Chile Jalapeño para Mercado Fresco
en el Sureste de Coahuila

Por:

ADRIÁN SÁNCHEZ VÁZQUEZ

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 Mercado Fresco
en el Sureste de Coahuila

Por:

ADRIÁN SÁNCHEZ VÁZQUEZ

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. Wendy Xiomara Sandoval Ortiz
Asesor Principal Externo


Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Coasesor


Ing. Ricardo Castro Márquez
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México
Diciembre 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

MC. Wendy Xiomara Sandoval Ortiz

Ing. Ricardo Castro Márquez (Nong Woo Seed America Inc)

A mis compañeros de escuela y amigos cercanos, a los que me ayudaron en los proyectos de tesis y ayudaron a sacar el trabajo adelante, muchas gracias.

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. Valente Rodríguez Cárcamo

Sra. Verónica Sánchez Vázquez

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.

Francisco Alonso Rodríguez Huerta

Guadalupe Ailyn Rodríguez Sánchez

A MI NOVIA: 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.

Lisandra González Monroy

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 González

Manifiesto de Honestidad Académica

El suscrito, Adrián Sánchez Vázquez estudiante del nivel licenciatura de la Ingeniería en Horticultura, 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, reconocimiento 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

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVO	11
HIPÓTESIS	11
REVISIÓN DE LITERATURA	12
Importancia del cultivo.....	12
Producción mundial.....	13
Producción nacional.....	13
Agronomía del cultivo.....	14
Taxonomía del cultivo.....	14
Fisiología del cultivo	14
Fenología del cultivo.....	15
Composición química y valor nutricional.....	16
Requerimientos edafoclimáticos.....	17
Requerimientos nutricionales.....	18
Manejo agronómico del cultivo y prácticas culturales.....	19
Principales plagas e importancia del manejo integrado.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS	23
Localización del cultivo	23
Descripción del estudio.....	23
Actividades para el establecimiento del estudio	24

VARIABLES A EVALUAR.....	25
VARIABLES DE CRECIMIENTO.....	25
VARIABLES DE PRODUCTIVIDAD.....	26
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
Desarrollo de la planta.....	28
Rendimiento.....	34
Calidad de fruto.....	38
Análisis multivariado.....	41
CONCLUSIÓN.....	44
REFERENCIAS.....	46

INDICE DE CUADROS

Tabla 1. Medidas finales en el desarrollo de la altura, diámetro de tallo, distancia entrenudos y total de entrenudos de los genotipos de chile jalapeño evaluados	27
Tabla 2. Tasa relativa de crecimiento de la Altura, diámetro de tallo, distancia entrenudos y total de entrenudos de los genotipos de chile jalapeño evaluados.	30
Tabla 3. Tasa absoluta de crecimiento de la Altura, diámetro de tallo, distancia entrenudos y total de entrenudos de los genotipos de chile jalapeño evaluados.....	31
Tabla 4. Rendimiento de los genotipos de chile jalapeño evaluados	34
Tabla 5. Calidad post cosecha de los genotipos de chile jalapeño evaluados	38
Tabla 6. Prueba de comparación de Hotelling, con las variables de rendimiento y calidad de los genotipos de chile jalapeño evaluados.	41

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño agronómico, productivo y de calidad poscosecha de ocho híbridos de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de campo abierto en Saltillo, Coahuila. Se estableció un diseño de bloques completos al azar con sub-repeticiones anidadas, y se analizaron variables de crecimiento, productividad y calidad del fruto mediante ANOVA, pruebas LSD de Fisher y análisis multivariado de Hotelling. Las variables de crecimiento mostraron un comportamiento uniforme entre genotipos, excepto la distancia entre nudos y las tasas relativa y absoluta de crecimiento en altura, que presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$). En contraste, las variables de rendimiento evidenciaron diferencias marcadas: Valquiria y JAL-127 registraron los mayores números de frutos por planta y los rendimientos más altos (806.48 y 791.58 g por planta, respectivamente). Las variables de calidad también mostraron diferencias altamente significativas; JAL-127 y Valquiria destacaron con frutos de mayor firmeza y mayor grosor de pericarpio, atributos asociados con una mejor vida de anaquel. El análisis multivariado confirmó a Valquiria y JAL-127 como los genotipos con el mejor desempeño integral al considerar simultáneamente rendimiento y calidad. En conclusión, ambos materiales representan opciones altamente competitivas para la producción comercial de jalapeño en el sureste de Coahuila, mientras que genotipos como Autlán y 18-1290 mostraron un desempeño inferior bajo las condiciones evaluadas.

Palabras clave: chiles, híbridos, validación.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the agronomic performance, yield, and postharvest fruit quality of eight jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes under open-field conditions in Saltillo, Coahuila, Mexico. A randomized complete block design with nested sub-repetitions was established, and growth, productivity, and fruit quality variables were analyzed using ANOVA, Fisher's LSD tests, and Hotelling's multivariate analysis. Growth variables showed a generally uniform behavior among genotypes, except for internode length and the relative and absolute growth rates in plant height, which exhibited significant differences ($p < 0.05$). In contrast, yield components differed markedly: Valquiria and JAL-127 recorded the highest number of fruits per plant and the greatest yields (806.48 and 791.58 g per plant, respectively). Fruit quality variables also showed highly significant differences; JAL-127 and Valquiria produced fruits with greater firmness and thicker pericarp, attributes associated with improved postharvest performance and shelf life. The multivariate analysis confirmed Valquiria and JAL-127 as the best-performing genotypes when considering yield and fruit quality simultaneously. In conclusion, both genotypes represent highly competitive options for commercial jalapeño production in the southeastern region of Coahuila, whereas genotypes such as Autlán and 18-1290 exhibited inferior performance under the evaluated conditions.

Keywords: *pepper, genotypes, validation.*

INTRODUCCIÓN

El chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) se cultiva en gran parte de México. 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), adicionalmente por su contenido de otros biocompuestos como; vitamina C, carotenoides y flavonoides (Gaucin-Delgado *et al.*, 2021).

De todos los tipos de chile que se cultivan en México, el tipo Jalapeño es el mas cultivado con una superficie de aproximadamente 30 mil has., y 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 Nongwoo Bio, que en 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 genotipos 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).

Del cultivo de chile jalapeño se reconocen dos sub tipos; para proceso y mercado fresco y en este estudio se evaluaron ocho híbridos para mercado fresco.

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

HIPÓTESIS

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

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del cultivo

El cultivo de chile es originario de México, Centro y Sudamérica, es uno de los más importantes a nivel nacional e internacional, debido a que se cultiva en gran parte del país y que el sabor picante es algo que caracteriza al pueblo mexicano haciendo presente al chile en casi todos sus platillos, este también tiene otros fines comerciales en la industria (SIAP, 2025).

Los chiles son ocupados de diferentes maneras, ya sea en fresco o en proceso. A pesar de su sabor picoso que este proviene por la capsaicina, es muy saludable para el consumo humano, ya que contiene vitamina C y A, también son fuentes de magnesio, hierro y tiamina (Gaucin-Delgado *et al.*, 2021).

En México se conocen decenas de especies del género *Capsicum*, algunos estudios registran entre 38 y 43 especies, dentro de las cuales se destacan variedades ampliamente cultivadas como el jalapeño, guajillo, serrano, habanero, de árbol, cascabel, piquín y manzano (González-Pérez *et al.*, 2025; Samuel *et al.*, 2023). El país es el segundo productor de chile a escala internacional con más de 140 mil hectáreas, de las cuales están conformadas por jalapeño, serrano, poblano, morrón y habanero (SIAP, 2025).

Los tres estados con mayor producción del país son los siguientes: Chihuahua con una producción de 562 mil toneladas por año, el segundo estado es Sinaloa con 556 mil toneladas por año y en tercer lugar se encuentra Zacatecas con 348 mil toneladas por año (SIAP, 2025).

Producción mundial

A nivel mundial el chile es una de las principales hortalizas cultivadas, con una producción de 36,771,482 toneladas, creciendo un 2.17% con respecto a 2017. La superficie cosechada del cultivo también tuvo un incremento de 1.4% en el mismo periodo. De igual manera, el rendimiento promedio mundial paso de 15.5 t ha⁻¹ en 2018 (FAOSTAT, 2025).

Los países productores de chile, China se reportó como el principal productor 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 cinco países reunieron poco más del 75% de la producción mundial del chile y el 67.67% de la superficie cosechada en 2018 (FAOSTAT, 2025).

De acuerdo a la FAO, de estos cinco países, España fue el que reporto un mayor rendimiento por unidad de superficie con (6.2 kg m⁻²), seguido de Turquía (2.77 kg m⁻²), China (2.36 kg m⁻²), México (2.15kg m⁻²) e Indonesia con (0.82 kg m⁻²).

Producción nacional

La producción de chile verde en México alcanzó 3 324 260 toneladas en 2020, lo que mantiene al país como el segundo productor mundial y con una creciente aceptación en los mercados internacionales, informó la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SIAP, 2025).

El chile jalapeño se produce en prácticamente toda la república mexicana, sin embargo, según cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en 2025, Chihuahua se colocó como el principal productor con una cosecha

de 723 mil toneladas. También destaca Sinaloa con 648 mil 222 toneladas, Zacatecas con 458 mil 943 toneladas, San Luis Potosí con 327 mil 124 toneladas, Sonora con una producción de 223 mil 432 toneladas y Jalisco con 189 mil 611 toneladas.

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 presentara fue establecida por Martinez-Hernandez (2022):

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Angiospermae</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Solanales</i>
Familia:	<i>Solanaceae</i>
Género:	<i>Capsicum</i>
Especie:	<i>Capsicum annuum</i> L.

Fisiología del cultivo

La planta de chile (*Capsicum annuum* L.) es un subarbusto de porte variable que puede alcanzar alturas de aproximadamente 0.60 m hasta 1.5 m, dependiendo de las condiciones climáticas, el tipo de suelo y el manejo agronómico aplicado (Martinez-Hernandez, 2022).

La semilla es aplanada de color blanco crema, lisa, uniformé, con un diámetro entre 2.5 y 3.5 mm (González-Pérez *et al.*, 2025).

El tallo puede tener forma cilíndrica o prismática angular, erecto y con altura variable, según la variedad. Posee ramas dicotómicas o pseudo dicotómicas, siempre una más gruesa que la otra. Este tipo de ramificaciones hace que la planta tenga forma umbelífera (Martínez-Hernández, 2022).

Las hojas son lampiñas, enteras, de forma oval o lanceolada, con un ápice muy pronunciado y un peciolo largo (González-Pérez *et al.*, 2025).

Las flores pueden llegar a ser blancas o purpuras. Es monoica, tiene los dos sexos incorporados en una misma planta y es autógama, aunque puede experimentar hasta un 45% de polinización cruzada (Martínez-Hernández, 2022).

El fruto es una baya semi-cartilaginosa de color verde en estado inmaduro y rojo en estado de maduración, tiene forma globosa, rectangular, cónica o redonda (González-Pérez *et al.*, 2025).

Fenología del cultivo

De acuerdo a De la Cruz-Ricardez *et al.* (2023), las etapas de la fenología son las siguientes:

Germinación y emergencia. Esta comienza cuando la semilla se hidrata y se realizan sus procesos metabólicos para el crecimiento. Teniendo las condiciones adecuadas de temperatura y humedad, la emergencia ocurre de los 7 a 10 días después de su siembra. En esta fase es importante la aireación y la disponibilidad de agua para que se establezca bien en el suelo.

Desarrollo vegetativo. La planta concentra toda su energía en su crecimiento de hojas, tallos y raíces. Su disponibilidad de nutrientes y el manejo de su densidad de siembra serán factores de mucha importancia para un desarrollo óptimo.

Floración. Inicia entre los 50 y 70 días después de la siembra, esto dependerá de las condiciones ambientales y prácticas que se le den al cultivo. La floración es muy sensible al estrés hídrico y de nutrientes.

Fructificación. Comienza entre los 70 y 90 días y es una etapa clave, porque las flores fecundadas general frutos.

Maduración de frutos. Inicia a los 110 y 120 días después de la siembra. La maduración tendrá cambio de colores y su acumulación de compuestos bioactivos aumentará dándole un sabor más picante.

Composición química y valor nutricional

De acuerdo con el estudio de Mendoza-Sánchez *et al.* (2015), el chile contiene una amplia variedad de compuestos de interés nutricional, entre ellos vitaminas, compuestos fenólicos, flavonoides y carotenoides. La concentración de estos compuestos aumenta conforme avanza el proceso de maduración. En estado verde, el fruto presenta un picor moderado; sin embargo, al alcanzar la madurez fisiológica incrementa su contenido de capsaicina, lo que intensifica su pungencia.

En términos nutricionales, 100 g de chile fresco aportan aproximadamente 28 calorías, 0.4 g de grasa, 3 mg de sodio, 248 mg de potasio, 7 g de hidratos de carbono, 2.8 g de fibra y 4.1 g de azúcares. Su composición química incluye capsaicina, molécula responsable del sabor picante y asociada a efectos

antiinflamatorios y analgésicos, además de vitaminas, minerales, fibra, proteínas y antioxidantes (Zhang *et al.*, 2024).

Requerimientos edafoclimáticos

La planta de chile es una especie de clima cálido que requiere alta disponibilidad de radiación y un manejo cuidadoso del agua para expresar su máximo potencial productivo. En producción comercial, el suelo suele irrigarse uno o dos días antes de la siembra o del trasplante para asegurar una adecuada humedad en la zona radicular y favorecer el establecimiento de las plántulas. Durante la fase de crecimiento y fructificación, el riego se aplica con una frecuencia aproximada de dos a tres veces por semana, ajustando la lámina y la frecuencia a la evapotranspiración del cultivo, al tipo de suelo y al sistema de riego, con el objetivo de evitar tanto el estrés hídrico como el encharcamiento, ya que déficits moderados de agua reducen de manera significativa el rendimiento y la calidad del fruto (Dai *et al.*, 2023; Ntanasi *et al.*, 2025).

Desde el punto de vista térmico, el chile presenta un comportamiento típico de cultivo de clima cálido: su crecimiento óptimo se registra en un intervalo de aproximadamente 25–30 °C; temperaturas más elevadas durante la floración y el llenado de fruto provocan caída de flores, menor cuajado y reducción del peso y tamaño de los frutos, mientras que temperaturas inferiores a 10 °C generan daños por frío, retraso en el desarrollo y disminución del rendimiento (Zhang *et al.*, 2024). Además, el cultivo tiene elevados requerimientos de luz; se ha documentado que el chile dulce cultivado en invernadero muestra menor crecimiento y menor

rendimiento bajo condiciones de baja radiación y temperaturas reducidas, lo que confirma su sensibilidad a ambientes con luz y calor limitados (Gao *et al.*, 2022).

De acuerdo a Zakir *et al.* (2024), la germinación es más rápida y uniforme cuando las semillas se mantienen en un rango térmico de 20 a 30 °C, en el cual la emergencia suele ocurrir aproximadamente entre 9 y 12 días. Para el crecimiento vegetativo y el llenado de fruto se recomiendan temperaturas comprendidas entre 16 y 32 °C, evitando descensos prolongados por debajo de 18 °C, ya que temperaturas demasiado bajas retrasan el desarrollo, afectan el cuajado y reducen el rendimiento. Además, mencionan que, en cuanto al suelo, el cultivo de chile se establece adecuadamente en sustratos con pH superior a 5.5, preferentemente en un intervalo ligeramente ácido a casi neutro, y con buena aireación y drenaje. Aunque el chile presenta una tolerancia moderada a la salinidad, la productividad y la calidad del fruto se ven favorecidas cuando se cultiva en suelos o soluciones nutritivas sin problemas de sales, minimizando el riesgo de estrés osmótico y de toxicidad iónica.

Requerimientos nutricionales

Xing y Wang (2024) mencionan que muchos factores son los que influyen en la respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes. Entre los más relevantes se encuentran la forma del nutriente (fuente química, quelatada, orgánica, etc.), la época de aplicación (antes de la siembra/trasplante, durante crecimiento, en floración, etc.), y el método de incorporación (fertirriego, aplicación en banda, etc.). Asimismo, la eficiencia del fertilizante depende críticamente de la disponibilidad de agua, las propiedades del suelo (textura, capacidad de retención, estado

nutricional), y la variedad de cultivo empleada (que puede tener distintas necesidades y eficiencia de absorción). Cuando no se dispone de información detallada sobre los requerimientos nutricionales específicos del cultivo o variedad, una estrategia de inicio puede consistir en un riego con una solución nutritiva conteniendo aproximadamente 40 ppm de N y 100 ppm de K. Por ejemplo, esto se puede lograr mediante la disolución de 227 g de KNO_3 más 34 g de fosfonitrato por cada 1 000 L de agua. Para el suministro de fósforo en la fase inicial, se puede diluir ácido fosfórico en el agua de riego a razón de 900 mL diarios durante el periodo de 0 a 10 días después del trasplante. Además, las cantidades totales de ácidos fertilizantes y de los micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn, B) que se aplicarán durante todo el ciclo del cultivo dependen directamente del volumen de agua con que se riega el cultivo, así como de los resultados de los análisis de suelo realizados previamente. En consecuencia, el programa de fertilización debe ajustarse dinámicamente a la frecuencia, al volumen de riego, y a la disponibilidad del nutriente en el suelo y la planta.

Manejo agronómico del cultivo y prácticas culturales

Para lograr una emergencia uniforme en Chile, la preparación del terreno debe favorecer una buena aireación y drenaje, con camas de siembra mullidas y sueltas de al menos 30 cm de profundidad. Es importante evitar terrones y piedras que interfieran con la emergencia y el crecimiento inicial de la plántula, ya que la estructura física del suelo en el semillero influye directamente en la velocidad de emergencia, el desarrollo radicular temprano y la sanidad del sistema radicular. También se ha resaltado que la calidad del sustrato y del lecho de siembra es

determinante para obtener plántulas vigorosas y con buen establecimiento en campo (Hernández-Rosas *et al.*, 2023).

La siembra directa de chile suele ser más sencilla desde el punto de vista operativo y, bajo condiciones adecuadas, puede producir rendimientos ligeramente superiores (del orden de 10–20%) en comparación con el trasplante, debido a que la planta no sufre el estrés de manipulación ni el choque por trasplante. Sin embargo, este método incrementa la susceptibilidad a problemas como damping-off, daño por plagas del suelo (por ejemplo, pulga saltona), heladas tardías y afectaciones por labores mecánicas o manuales. Por ello, en muchas zonas productoras se sigue prefiriendo el uso de plántulas en almácigo, ya que permite un mejor control del ambiente inicial y una selección más rigurosa de plantas sanas antes de establecerlas en campo (Jankauskienė & Laužikė, 2023).

En regiones de clima templado a semiárido se distinguen con frecuencia tres ventanas de siembra para chile: una siembra temprana (finales de febrero), una intermedia (principios a mediados de marzo) y una tardía (segunda quincena de marzo). Las siembras tempranas conllevan un mayor riesgo de heladas, pero pueden traducirse en plantas con mejor desarrollo vegetativo y, en consecuencia, en rendimientos superiores cuando las condiciones climáticas son favorables. Las siembras intermedias tienden a equilibrar el riesgo de heladas y el potencial de rendimiento, mientras que las siembras tardías reducen aún más la probabilidad de daños por frío, pero suelen asociarse con temperaturas más altas durante la etapa reproductiva, lo que puede limitar el cuajado de frutos y reducir el rendimiento por hectárea (Saad *et al.*, 2024).

La siembra puede realizarse de forma manual o mecánica, en seco o con humedad previa, utilizando camellones con hilera sencilla, siembra al centro o en “mateada”, con una profundidad aproximada de 2 cm. Para reducir la competencia temprana de malezas entre camas, es útil emplear prácticas como el riego previo y la llamada “siembra en ciega” o “cama falsa”, donde se aplica riego para inducir la germinación de malezas y posteriormente se eliminan con labores mecánicas o manuales antes de colocar la semilla o plántula. Este tipo de estrategias de manejo integrado de malezas ha demostrado mejorar el control de maleza y favorecer el rendimiento del cultivo de chile al reducir la competencia por luz, agua y nutrimentos desde las etapas iniciales (Faruq *et al.*, 2022).

La distancia entre surcos en chile suele oscilar entre 0.80 y 1.00 m, con espaciamientos de 0.30 a 0.40 m entre plantas, lo que se traduce en densidades que permiten un equilibrio entre intercepción de luz, ventilación del follaje y facilidad para las labores de manejo. El riego se programa generalmente con un riego de establecimiento, seguido de riegos ligeros durante los primeros días para favorecer la emergencia y el enraizamiento, y luego intervalos de riego de aproximadamente 7–12 días según el tipo de suelo, la evaporación y la etapa fenológica. En sistemas presurizados como el riego por goteo, se ha observado que ajustar la lámina de riego de acuerdo con la demanda evapotranspirativa mejora la eficiencia en el uso del agua y mantiene rendimientos elevados de chile (Mačkić *et al.*, 2023).

Principales plagas e importancia del manejo integrado

Rajpoot *et al.* (2025) mencionan que entre las principales plagas que afectan al chile se encuentran insectos chupadores (pulgones, trips, mosca blanca), barrenadores

de fruto, minadores de hoja y otras plagas como pulga saltona u otros coleópteros. Estas plagas pueden ocasionar pérdidas significativas de rendimiento y calidad si no se controlan oportunamente. También mencionan que la tendencia actual es emplear estrategias de manejo integrado de plagas, combinando monitoreo, prácticas culturales, control biológico y, cuando sea necesario, el uso racional de insecticidas selectivos, para reducir la dependencia de plaguicidas altamente tóxicos utilizados históricamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El experimento se realizó en los campos experimentales del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila en las coordenadas 25° 21' 21.6" LN y 101° 02' 10.3" LO con una altura de 1742 msnm, durante el periodo abril a noviembre del 2023.

Descripción del estudio

Se evaluaron los siguientes genotipos de chile tipo jalapeño pertenecientes a la empresa Nongwoo Bio, orientados al mercado de venta en fresco. El genotipo JAL-127, de uso comercial, se utilizó como testigo.

Genotipo

JAL-127

18-1075

18-1290

Autlán

Gabino Max

Mayoral

Valquiria

VU-1507

Cada genotipo se estableció en tres bloques, con cinco sub-repeticiones por bloque y se tomaron en cuenta 3 plantas por sub-repetición. Cada bloque correspondió a una sección de 10 m de cama de plantación sembrada en sistema tresbolillo, con una distancia de 0.33 m entre plantas y entre hileras.

Actividades para el establecimiento del estudio

Preparación del terreno

Se formaron y acolcharon camas de siembra de 40 m de longitud, con 1.4 m de separación entre ellas. Cada cama presentó un ancho de 0.8 m y una altura de 0.3 m. La fertilización se realizó mediante fertirrigación, utilizando la solución nutritiva Steiner ajustada para pimiento (ACEA, 2021). El riego se aplicó por goteo, con emisores colocados cada 20 cm y un gasto de 1.0 L h⁻¹ por emisor.

Producción de plántula y trasplante

Las plántulas se produjeron en charolas de poliestireno expandido de 200 cavidades, utilizando Peat Moss® como sustrato. A los 30 días después de la siembra se realizó el trasplante, colocando las plantas bajo un sistema de tresbolillo.

Tutorado

Se empleó un sistema de tutorado tradicional mediante estacas colocadas cada 4 m e hilo de rafia a ambos costados de las plantas. Los hilos se instalaron a 0.20, 0.40 y 0.60 m de altura conforme avanzó el crecimiento del cultivo.

Deshierbe

El control de malezas se realizó de forma manual durante todo el ciclo del cultivo.

Variables a evaluar

Se consideraron variables de crecimiento, productividad y calidad del fruto.

Variables de crecimiento

Las variables de crecimiento se midieron semanalmente hasta alcanzar un valor constante, en total fueron 4 mediciones.

Altura de planta. Se midió con un flexómetro desde la base del tallo hasta el ápice de la planta. Los resultados se expresaron en.

Longitud de entrenudos. Se determinó midiendo la distancia entre dos nudos consecutivos. Los valores se expresaron en centímetros (cm).

Diámetro de tallo. Se evaluó utilizando un vernier digital (Steren, 0.2 mm). El diámetro se registró en milímetros (mm).

Número de bifurcaciones. Se cuantificó manualmente, registrando el total de bifurcaciones por planta.

A partir de estos datos, se calculó la **Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)** y la **Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC)** mediante las ecuaciones de Youssef (2002):

$$TRC = \frac{\ln C_2 - \ln C_1}{t_2 - t_1}$$

$$TAC = \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1}$$

donde C1 y C2 representan las mediciones realizadas en la primera medición y la última, respectivamente, mientras que T1 y T2 corresponden a los tiempos de medición.

Variables de productividad

Se realizaron dos cortes. Para cada variable se cosechó el total de plantas de cada repetición, evaluando lo siguiente:

Número de frutos. Se contabilizó el número total de frutos obtenidos en cada corte para cada tratamiento.

Peso del fruto. Se registró el peso total de los frutos cosechados en cada repetición; los resultados se expresaron en kilogramos (kg), se utilizó una balanza marca VINSON, modelo VINS-40.

Peso promedio del fruto. Se calculó dividiendo el peso total de frutos entre el número de frutos obtenidos en cada corte.

Variables de calidad del fruto

En cada corte se seleccionaron tres frutos al azar por repetición y se evaluaron las siguientes variables:

Largo de fruto. Se midió con un vernier digital (Steren, 0.2 mm) en cada uno de los frutos seleccionados; los resultados se expresaron en milímetros (mm).

Ancho de fruto. Se determinó utilizando un vernier digital (Steren, 0.2 mm), registrando los valores en milímetros (mm).

Firmeza. Se evaluó con un penetrómetro analógico, expresando los resultados en libras-fuerza (lbf).

Grosor de pericarpio. Se realizó un corte transversal en los frutos y el grosor del pericarpio se midió con un vernier digital; los datos se expresaron en milímetros (mm).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante un diseño de bloques completos al azar, considerando las sub-repeticiones anidadas dentro de cada bloque. Se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, y cuando se detectaron efectos significativos se aplicó la prueba LSD de Fisher ($p \leq 0.05$) para la comparación de medias. Además, se tomaron en cuenta las variables de rendimiento y calidad de fruto y se realizó un análisis de varianza multivariado Hotelling (MANOVA) y una prueba de comparación de Wilks. Todos los análisis se realizaron en el software InfoStat v.2016 (Di Rienzo *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo de la planta

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 1, el análisis de varianza mostró que solo la distancia entre nudos presentó diferencias significativas ($p = 0.0429$), mientras que la altura, el diámetro de tallo y el total de entrenudos no mostraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$). En lo que respecta a la altura de planta, los valores se encontraron entre 52.31 cm en el genotipo Gabino Max y 56.27 cm en VU-1507. Aunque este último superó al testigo JAL-127 (53.73 cm) en un 4.7%, la diferencia no fue significativa, indicando un comportamiento uniforme entre los materiales evaluados bajo las condiciones de campo abierto. De forma similar, el diámetro de tallo mostró una variación mínima entre los genotipos, con valores entre 12.40 mm (Valquiria) y 13.48 mm (VU-1507). En comparación con el testigo (13.34 mm), las diferencias fueron inferiores al 8%, lo que indica que los genotipos evaluados desarrollaron tallos con espesores similares.

Tabla 1. Medidas finales en el desarrollo de la altura, diámetro de tallo, distancia entrenudos y total de entrenudos de los genotipos de chile jalapeño evaluados.

Genotipo	Altura (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Distancia entrenudos (cm)	Total de entrenudos (#)
JAL-127	53.73	13.34	11.51 bc	29.27
18-1075	53.93	13.26	10.39 a	27.24
18-1290	53.98	13.06	11.28 abc	24.98

Autlán	52.64	13	10.87 ab	23.38
Gabino Max	52.31	12.41	11.31 abc	24.44
Mayoral	54.64	13.03	12.02 c	25.76
Valquiria	54.27	12.4	10.72 ab	22.6
VU-1507	56.27	13.48	10.84 ab	24.89
p-valor	ns	ns	0.0429	ns
E.E.	1.67	0.52	0.35	1.81
p-valor Bloque	ns	ns	ns	ns

Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En cuanto a la distancia entre nudos, sí se observaron diferencias estadísticas. El genotipo Mayoral presentó la mayor distancia promedio entre nudos (12.02 cm), mientras que 18-1075 registró la menor (10.39 cm). En relación con el testigo (11.51 cm), Mayoral mostró un incremento del 4.4%, mientras que 18-1075 presentó una reducción del 9.7%. Este comportamiento más compacto en 18-1075 podría favorecer una mayor cantidad de entrenudos por unidad de longitud, lo que potencialmente incrementaría el número de sitios de floración y, por tanto, el número de frutos por planta. Por el contrario, la mayor distancia observada en Mayoral podría traducirse en una estructura más alargada y con menor densidad de nudos productivos. Aun así, el total de entrenudos no mostró diferencias significativas, con valores que fluctuaron entre 22.6 en Valquiria y 29.27 en JAL-127. Aunque el testigo presentó el mayor número promedio, las variaciones con respecto a los demás genotipos fueron menores al 23%, lo que indica un desarrollo estructural general similar entre los materiales.

Los resultados observados en las Tablas 2 y 3 mostraron diferencias significativas únicamente en la tasa relativa y tasa absoluta de crecimiento en altura, mientras que para el diámetro de tallo, distancia entre nudos y total de entrenudos no se detectaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$).

Tabla 2. Tasa relativa de crecimiento de la Altura, diámetro de tallo, distancia entrenudos y total de entrenudos de los genotipos de chile jalapeño evaluados.

Genotipo	Altura (cm·cm ⁻¹ ·día ⁻¹)	Diámetro de tallo (mm·mm ⁻¹ ·día ⁻¹)	Distancia entrenudos (cm·cm ⁻¹ ·día ⁻¹)	Total de entrenudos (E.E ⁻¹ ·día ⁻¹)
JAL-127	0.0117 a	0.0121	0.0197	0.0082
18-1075	0.0079 ab	0.0110	0.0277	0.0277
18-1290	0.0088 ab	0.0080	0.0224	0.0275
Autlán	0.0100 a	0.0099	0.0226	0.0198
Gabino Max	0.0034 b	0.0090	0.0180	0.0214
Mayoral	0.0137 a	0.0122	0.0231	0.0242
Valquiria	0.0088 ab	0.0141	0.0204	0.0169
VU-1507	0.0037 b	0.0087	0.0244	0.0129
p-valor	0.0316	ns	ns	ns

Prueba de Willks. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

La tasa relativa de crecimiento (TRC) expresa el incremento proporcional de una variable respecto a su tamaño inicial, es decir, mide la velocidad con la que una planta crece en relación con su propio tamaño; mientras que la tasa absoluta de

crecimiento (TAC) indica el incremento real por unidad de tiempo, sin considerar el tamaño inicial. Por lo tanto, la TRC permite comparar la eficiencia del crecimiento entre genotipos de diferente vigor, mientras que la TAC refleja el crecimiento total alcanzado durante el periodo de evaluación.

En la TRC de altura, los valores oscilaron entre 0.0034 $\text{cm}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ en el genotipo Gabino Max y 0.0137 $\text{cm}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ en Mayoral, siendo esta última la de mayor tasa. En comparación con el testigo JAL-127 (0.0117 $\text{cm}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$), Mayoral mostró un aumento de 17.1%, mientras que Gabino Max y VU-1507 presentaron reducciones de 70.9% y 68.4%, respectivamente. Los genotipos 18-1075, 18-1290, Autlán y Valquiria registraron valores intermedios, sin diferencias significativas con el testigo.

Tabla 3. Tasa absoluta de crecimiento de la Altura, diámetro de tallo, distancia entrenudos y total de entrenudos de los genotipos de chile jalapeño evaluados.

Genotipo	Altura ($\text{cm}\cdot\text{día}^{-1}$)	Diámetro de tallo ($\text{mm}\cdot\text{día}^{-1}$)	Distancia entrenudos ($\text{cm}\cdot\text{día}^{-1}$)	Total de entrenudos ($\text{E}\cdot\text{día}^{-1}$)
JAL-127	0.6106 a	0.1446	0.1697	0.2804
18-1075	0.4116 ab	0.1383	0.2547	0.5852
18-1290	0.4794 a	0.0928	0.1965	0.6339
Autlán	0.4233 ab	0.1116	0.1908	0.4318
Gabino Max	0.1693 b	0.1048	0.1531	0.4328
Mayoral	0.6529 a	0.1565	0.2212	0.5027
Valquiria	0.4265 ab	0.1675	0.1831	0.3376

VU-1507	0.1894 b	0.0863	0.2204	0.2614
p-valor	0.0199	ns	ns	ns

Prueba de Willks. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En la TAC de altura (Tabla 3), se mantuvo el mismo patrón de comportamiento. Mayoral alcanzó el mayor crecimiento absoluto ($0.6529 \text{ cm}\cdot\text{día}^{-1}$), seguido de JAL-127 ($0.6106 \text{ cm}\cdot\text{día}^{-1}$) y 18-1290 ($0.4794 \text{ cm}\cdot\text{día}^{-1}$). Respecto al testigo, Mayoral presentó un incremento de 6.9%, mientras que Gabino Max y VU-1507 mostraron reducciones de 72.3% y 69.0%, respectivamente. Este comportamiento confirma que el genotipo Mayoral posee una mayor capacidad de crecimiento vertical, mientras que Gabino Max y VU-1507 presentan un crecimiento más limitado.

En las demás variables no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las dos tasas, indicando que los genotipos mantuvieron una velocidad y magnitud de crecimiento semejante en estos componentes estructurales.

Los resultados obtenidos muestran que las diferencias entre genotipos se concentraron en la tasa de crecimiento en altura. El genotipo Mayoral destacó tanto en términos relativos como absolutos, lo que sugiere una mayor eficiencia en el alargamiento del tallo durante el ciclo de cultivo. En contraste, Gabino Max y VU-1507 presentaron un crecimiento más reducido, lo cual podría relacionarse con una menor acumulación de biomasa o con una estrategia de desarrollo más compacta, posiblemente orientada a una mayor densidad de nudos productivos.

Los resultados muestran que, entre los genotipos de Chile evaluados, la altura de planta, el diámetro de tallo y el total de entrenudos no presentaron diferencias

estadísticas significativas, lo que sugiere que estos materiales tienen un desarrollo vegetativo bastante homogéneo bajo las condiciones experimentales. Esto coincide con lo reportado en estudios sobre *Capsicum annuum* donde en fases iniciales las diferencias estructurales pueden ser mínimas cuando los manejos y las condiciones ambientales son uniformes. Por ejemplo, el estudio de Jang et al. (2023) encontró variabilidad entre cultivares en altura (78.8 – 98.2 cm) pero no siempre se tradujo en diferencias directas de rendimiento o grosor de tallo, este patrón sugiere que para diferenciar genotipos puede ser más útil enfocarse en otros caracteres agronómicos o fisiológicos, no solo en dimensiones vegetativas básicas.

Sin embargo, se identificó una diferencia significativa en la distancia entre nudos, lo cual es relevante porque la arquitectura de la planta, específicamente la longitud del entrenudo, puede afectar la densidad de sitios de brotes, flores o frutos, la interceptación ligera del dosel y la eficiencia de uso de recursos. Varios estudios han mostrado que una longitud del entrenudo menor favorece una planta más compacta con mayor densidad potencial de frutas por unidad de tallo, lo cual podría traducirse en mayor rendimiento en condiciones apropiadas. Por ejemplo, Kayak et al. (2022) documentaron diferencias de entrenudo entre cultivares y observaron que aquellos con entrenudos más largos no necesariamente lograban mayor rendimiento, lo que sugiere una relación compleja entre arquitectura y productividad.

En cuanto a las tasas de crecimiento (relativa y absoluta) en altura, los resultados indican que algunos genotipos (por ejemplo, Mayoral) mostraron mayor crecimiento, tanto en términos absolutos como relativos, lo cual puede ser un indicativo de mayor vigor vegetativo o mayor eficiencia de expansión del tallo durante el ciclo. La

literatura agronómica sugiere que una tasa de crecimiento más alta en etapas tempranas puede favorecer la acumulación de biomasa, mejor cobertura foliar y mayor captación de luz, lo cual se asocia con mejor rendimiento potencial en cultivos hortícolas. Por ejemplo, Mouliom-Ntapnze et al. (2025) hallaron que en pimiento la etapa de desarrollo condiciona la respuesta a la adición de luz roja/far-red y que la manipulación del crecimiento en altura e entrenudos puede afectar la eficiencia fotosintética y, eventualmente, la productividad. No obstante, tener mayor crecimiento vegetativo no garantiza per se mayor rendimiento; es importante que ese crecimiento se traduzca en mayor número de frutos, buen cuajado y buen llenado del fruto, lo cual depende también de nutrición, riego, genética y manejos.

Rendimiento

Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en todas las variables de rendimiento evaluadas: número de frutos por planta, peso promedio de fruto y rendimiento por planta, como se observa en la Tabla 4. Esto indica que los genotipos de chile jalapeño presentaron distintos comportamientos productivos bajo las condiciones de campo abierto.

Tabla 4. Rendimiento de los genotipos de chile jalapeño evaluados.

Genotipo	Frutos por planta (#)	Peso por fruto	Rendimiento por planta (g)
JAL-127	11.69 a	68.58 ab	791.58 a
18-1075	9.68 ab	70.45 ab	667.21 ab

18-1290	8.02 bc	54.58 cd	445.01 c
Autlán	6.69 c	52.92 d	353.66 c
Gabino Max	8.58 bc	73.07 a	611.39 b
Mayoral	9.91 ab	62.72 bc	606.46 b
Valquiria	11.61 a	70.27 ab	806.48 a
VU-1507	9.32 b	66.85 ab	627.22 b
p-valor	0.0001	<0.0001	<0.0001
E.E.	0.79	3.15	57.15
p-valor Bloque	ns	ns	ns

Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En el número de frutos por planta, el testigo JAL-127 y el genotipo Valquiria destacaron con los valores más altos, con 11.69 y 11.61 frutos por planta, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellos. Ambos materiales mostraron una producción superior a la de los genotipos 18-1290, Gabino Max, Mayoral y VU-1507, y especialmente a Autlán, que presentó el menor número de frutos (6.69 por planta). Esto sugiere que JAL-127 y Valquiria mantuvieron una mayor eficiencia reproductiva, con un mayor número de estructuras productivas por planta.

En cuanto al peso promedio de fruto, también se encontraron diferencias significativas. El genotipo Gabino Max alcanzó el mayor peso (73.07 g), mientras que Autlán mostró el valor más bajo (52.92 g). El testigo JAL-127 (68.58 g) y los genotipos 18-1075, Valquiria y VU-1507 presentaron pesos de fruto

estadísticamente similares entre sí, lo que indica que estos materiales produjeron frutos de tamaño y masa comparable, adecuados para los estándares comerciales del cultivo.

Respecto al rendimiento por planta, los genotipos Valquiria (806.48 g) y JAL-127 (791.58 g) presentaron los valores más altos, sin diferencias significativas entre ellos. Ambos superaron de forma notable a los genotipos 18-1290, Autlán y Mayoral, los cuales mostraron rendimientos más bajos, particularmente Autlán, que registró el menor valor (353.66 g). Esto confirma que Valquiria y JAL-127 combinaron una mayor producción de frutos por planta con un peso medio adecuado, reflejando un mejor desempeño productivo bajo las condiciones de campo evaluadas.

Las diferencias significativas observadas en número de frutos por planta, peso medio de fruto y rendimiento por planta confirman que los genotipos de chile jalapeño evaluados presentan contrastes reales en su potencial productivo, más allá de la variabilidad de campo. Este patrón es consistente con lo reportado en pimiento (*Capsicum annuum*) bajo diferentes manejos, donde el análisis de relaciones entre componentes del rendimiento demuestra que el número de frutos por planta y el peso promedio de fruto son los determinantes directos más importantes del rendimiento agrícola (Reyes-Pérez et al., 2024). JAL-127 y Valquiria destacan por combinar los mayores números de frutos por planta (≈ 11.6 frutos) con rendimientos por planta superiores a 790 g, lo que indica una alta eficiencia reproductiva comparada con materiales como Autlán, que redujo casi a la mitad el número de frutos y mostró el menor rendimiento. Este comportamiento coincide con lo observado por Reyes-Pérez et al. (2024), quienes demostraron, mediante análisis

de sendero en pimiento, que el número de frutos por planta ejerce el mayor efecto directo sobre el rendimiento, mientras que el peso de fruto actúa como componente complementario; de forma similar, estudios en pimiento dulce en invernadero han encontrado correlaciones fuertes entre número de frutos y rendimiento, reforzando que la selección de genotipos con alta carga de fruto suele ser más eficiente que enfocarse únicamente en el tamaño de fruto.

Los valores altos de rendimiento por planta en Valquiria y JAL-127 son coherentes con lo reportado en jalapeño bajo esquemas de fertilización orgánica y enmiendas como vermicomposta, donde se ha documentado que el incremento en rendimiento suele explicarse por la combinación de un mayor número de frutos por planta con un peso medio comercialmente aceptable, más que por frutos excesivamente grandes. Espinosa-Palomeque et al. (2020) encontraron que la aplicación de vermicomposta en jalapeño incrementó el número de frutos y el rendimiento, manteniendo un tamaño de fruto adecuado para el mercado, mientras que trabajos previos con fertilización orgánica en jalapeño reportan patrones similares de respuesta en número de frutos y rendimiento total.

Los resultados refuerzan la idea de que, para fines de selección de genotipos y recomendaciones productivas, los materiales similares a Valquiria y JAL-127 son más promisorios, ya que logran una combinación favorable de alta carga frutal y peso medio adecuado, lo que maximiza el rendimiento por planta bajo condiciones de campo abierto.

Calidad de fruto

Los resultados observados en la Tabla 5 mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en todas las variables de calidad post cosecha evaluadas: largo y ancho de fruto, firmeza y grosor de pericarpio. Estas diferencias reflejan la influencia del material genético en las características físicas del fruto, las cuales determinan su aceptación comercial y su comportamiento durante el almacenamiento.

Tabla 5. Calidad post cosecha de los genotipos de chile jalapeño evaluados.

Genotipo	Largo de fruto (mm)	Ancho de fruto (mm)	Firmeza (lb·ft ⁻¹)	Grosor pericarpio (mm)
JAL-127	115.12 bc	38.73 a	8.93 a	5.09 a
18-1075	126.29 a	34.53 cd	7.93 abc	4.58 c
18-1290	111.93 c	33.61 d	6.00 d	4.50 cd
Autlán	97.51 d	34.41 cd	7.73 abcd	4.76 abc
Gabino Max	116.30 bc	36.98 ab	6.22 bcd	4.70 bc
Mayoral	113.50 bc	38.65 a	6.13 cd	4.17 d
Valquiria	118.04 b	36.84 ab	7.99 ab	5.01 ab
VU-1507	124.61 a	35.77 bc	7.51 abcd	4.48 cd
p-valor	<0.0001	<0.0001	0.0114	<0.0001
E.E.	1.99	0.74	0.64	0.12
p-valor Bloque	0.0092	0.0007	0.0006	0.0034

Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En el largo de fruto, los genotipos 18-1075 y VU-1507 registraron los valores más altos, con 126.29 y 124.61 mm, respectivamente, superando significativamente al testigo JAL-127 (115.12 mm). En contraste, Autlán presentó los frutos más cortos (97.51 mm), lo que representa una reducción del 15.3% respecto al testigo. Los genotipos Valquiria, Mayoral, Gabino Max y 18-1290 mostraron longitudes intermedias, sin diferencias estadísticas con el testigo, lo que indica que la mayoría de los materiales evaluados presentaron frutos de tamaño comercial adecuado.

Respecto al ancho de fruto, el testigo JAL-127 y el genotipo Mayoral sobresalieron con los valores más amplios (38.73 y 38.65 mm, respectivamente), sin diferencias entre ellos. Ambos fueron superiores a 18-1075 y 18-1290, que presentaron los frutos más estrechos (34.53 y 33.61 mm, respectivamente). Los genotipos Valquiria, Gabino Max y VU-1507 se mantuvieron en un rango intermedio, con dimensiones similares al testigo, lo que demuestra una forma uniforme del fruto entre la mayoría de los materiales.

En la firmeza del fruto, también se detectaron diferencias significativas ($p = 0.0114$). El testigo JAL-127 presentó el valor más alto ($8.93 \text{ lb}\cdot\text{ft}^{-1}$), seguido de Valquiria ($7.99 \text{ lb}\cdot\text{ft}^{-1}$) y 18-1075 ($7.93 \text{ lb}\cdot\text{ft}^{-1}$), sin diferencias estadísticas entre ellos. Por el contrario, 18-1290 mostró la menor firmeza ($6.00 \text{ lb}\cdot\text{ft}^{-1}$), con una reducción del 32.8% respecto al testigo. Una mayor firmeza, como la observada en JAL-127 y Valquiria, sugiere una mayor resistencia a daños mecánicos y un mejor comportamiento durante el transporte y almacenamiento.

En cuanto al grosor del pericarpio, las diferencias fueron altamente significativas ($p < 0.0001$). El testigo JAL-127 presentó el mayor valor (5.09 mm), seguido de Valquiria (5.01 mm), mientras que Mayoral (4.17 mm) y 18-1290 (4.50 mm) mostraron los pericarpios más delgados, con reducciones de hasta 18% en comparación con el testigo. Un pericarpio más grueso, como el de JAL-127 y Valquiria, se asocia con una mayor resistencia al manejo y una mejor conservación post cosecha.

Además, se observó que solo en las variables de calidad el bloqueo aplicado tuvo un efecto significativo, mientras que en las variables de rendimiento o desarrollo no influyó. Esto sugiere que factores ambientales localizados, como el perfil edáfico o la cantidad de radiación solar diaria que recibió cada bloque, pudieron haber modificado ligeramente las características físicas de los frutos, afectando su firmeza, tamaño o grosor del pericarpio.

Los hallazgos muestran que los genotipos evaluados de Chile jalapeño presentaron diferencias significativas en las variables de calidad de fruto (largo, ancho, firmeza y grosor del pericarpio), lo que indica que la genética ejerció un fuerte efecto sobre los parámetros post-cosecha. Esto concuerda con estudios recientes en pimientos de la especie *Capsicum annuum* donde se ha documentado que la morfología del fruto (longitud, ancho), el grosor de la pared del fruto (pericarpio) y la firmeza están fuertemente determinados por el genotipo y son críticos para la aceptación comercial y vida de anaquel. Por ejemplo, Martínez-Ispizua et al. (2022) analizaron 17 genotipos de pimiento y reportaron variabilidad significativa en grosor del

pericarpio, longitud y ancho del fruto, con resultados similares a los obtenidos en este estudio.

También es importante remarcar que la longitud del fruto es un rasgo importante para mercados de chile jalapeño, pues influye en la percepción comercial y en el rendimiento por planta (más longitud puede implicar mayor peso o mayor volumen). Un estudio reciente sobre calidad de jalapeño confirman que frutos más largos, siempre que mantengan buen grosor de pared y firmeza, tienen mejor desempeño en cadena de valor (Park et al., 2024). Este mismo estudio menciona que el grosor de la pared y la firmeza (o resistencia del tejido) son útiles para predecir frescura y calidad post-cosecha. Además, otro trabajo en pimiento reportó que un mayor grosor del pericarpio se asocia con mayor firmeza y mejor comportamiento post cosecha. Espinosa-Palomeque et al. (2020) observaron que en chile jalapeño el uso de vermicomposta incrementó el grosor del pericarpio, lo cual mejoró la firmeza y calidad de los frutos.

Análisis multivariado

Los resultados del análisis multivariado de Hotelling (Prueba de Wilks) mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) entre los genotipos evaluados, lo que indica que, en conjunto, las variables de rendimiento y calidad permitieron discriminar claramente el comportamiento de los materiales genéticos.

Tabla 6. Prueba de comparación de Hotelling, con las variables de rendimiento y calidad de los genotipos de chile jalapeño evaluados.

Genotipo	BA(1)
JAL-127	1039.72 a
18-1075	920.66 ab
18-1290	663.55 c
Autlán	557.66 c
Gabino Max	857.24 b
Mayoral	841.53 b
Valquiria	1056.26 a
VU-1507	920.66 b
p-valor	<0.0001

Prueba de Willks. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Los valores del estadístico BA(1) reflejan la posición de cada genotipo dentro de la combinación lineal de las variables analizadas. Los genotipos Valquiria (1056.26) y JAL-127 (1039.72) presentaron los valores más altos, estadísticamente iguales entre sí, evidenciando el mejor desempeño global al integrar tanto el rendimiento como los parámetros de calidad poscosecha. Les siguieron los genotipos 18-1075 (920.66) y VU-1507 (920.66), que mostraron un comportamiento intermedio, mientras que Gabino Max (857.24) y Mayoral (841.53) registraron valores moderadamente menores. Por otro lado, los genotipos 18-1290 (663.55) y Autlán (557.66) presentaron los valores más bajos, con diferencias significativas respecto al grupo superior, lo que indica un desempeño global menos favorable. El análisis

multivariado permitió identificar a Valquiria y JAL-127 como los materiales con la mejor respuesta integral, combinando adecuadamente la producción y la calidad del fruto, mientras que 18-1290 y Autlán mostraron un desempeño más limitado al considerar todas las variables simultáneamente.

CONCLUSIÓN

La evaluación de ocho genotipos de chile jalapeño bajo condiciones de campo abierto en el sureste de Coahuila permitió identificar materiales con desempeño sobresaliente en términos de productividad, calidad de fruto y comportamiento agronómico. Aunque la mayoría de las variables de crecimiento no mostraron diferencias significativas, sí se detectaron contrastes importantes en la distancia entre nudos y en las tasas de crecimiento, lo que refleja variaciones en la arquitectura y vigor de las plantas. Estas diferencias, sin embargo, no se tradujeron directamente en ventajas productivas para todos los genotipos.

En contraste, las variables de rendimiento y calidad evidenciaron diferencias claras entre los materiales evaluados. Los genotipos Valquiria y JAL-127 destacaron consistentemente al presentar mayor número de frutos por planta, pesos medios adecuados y los rendimientos más altos, además de una calidad postcosecha superior, caracterizada por frutos más firmes y con mayor grosor de pericarpio. El análisis multivariado confirmó esta tendencia, ubicando a ambos genotipos como los de mejor desempeño integral al considerar simultáneamente rendimiento y calidad. Por otro lado, Autlán y 18-1290 presentaron los valores más bajos en múltiples variables, lo que señala un menor potencial productivo bajo las condiciones de este estudio.

Los resultados demuestran que la genética ejerce un papel determinante en la expresión del rendimiento y la calidad comercial del fruto, mientras que el crecimiento vegetativo mostró una variabilidad más homogénea entre genotipos. Con base en estos hallazgos, Valquiria y JAL-127 se identifican como los materiales

más competitivos y recomendables para la producción comercial de chile jalapeño en la región de Saltillo, al combinar adecuadamente rendimiento, calidad y estabilidad. Estos resultados aportan información valiosa para la selección de genotipos y para la toma de decisiones en programas de producción y mejoramiento orientados al mercado fresco.

REFERENCIAS

- 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>
- Dai, Z., Zhao, X., Yan, H., Qin, L., Niu, X., Zhao, L., & Cai, Y. (2023). Optimizing water and nitrogen management for green pepper (*Capsicum annuum* L.) under drip irrigation in sub-tropical monsoon climate regions. *Agronomy*, 13(1), 34. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010034>
- 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>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., TabladaM., & Robledo, C. W. (2016). *InfoStat* (2016). FCA Universidad Nacional de Cordoba. <http://www.infostat.com.ar>
- Espinosa-Palomeque, B., Cano-Ríos, P., Salas-Pérez, L., González-Rodríguez, G., Reyes-González, A., Ayala-Garay, A. V., & Preciado-Rangel, P. (2020).

Vermicompost on the production and nutraceutical quality of jalapeño pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Terra Latinoamericana*, 38, 795–803. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.605>

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>

Gao, Y., Li, G., Cai, B., Zhang, Z., & Li, N. (2022). Effects of rare-earth light conversion film on the growth and fruit quality of sweet pepper in a solar greenhouse. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.989271>

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>

- 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>
- Jang, W., Jeon, S., Choi, K., & Na, J. (2023). Evaluation of the growth and yield characteristics of six domestic sweet pepper cultivars. *Horticultural Science and Technology*, 41(3), 271–284. <https://doi.org/10.7235/HORT.20230025>
- 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>
- Kayak, N., Al, Y. D., Ari, B. Ç., & Issi, N. (2022). Determination of yield, quality and morphological characteristics of different hybrid pepper cultivar candidates in Konya ecological conditions. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 36(1), 31–38. <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2022.006>
- 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 Mihuateco (Capsicum annuum L.)*. Universidad Autónoma Chapingo.

- Martínez-Ispizua, E., Calatayud, Á., Marsal, J. I., Mateos-Fernández, R., Díez, M. J., Soler, S., Valcárcel, J. V., & Martínez-Cuenca, M.-R. (2022). Phenotypic divergence among sweet pepper landraces assessed by agro-morphological characterization as a biodiversity source. *Agronomy*, *12*(3), 632. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030632>
- 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 annuum* 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>
- 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>
- 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>

- Rajpoot, P. K., Singh, M., & Kumar, S. (2025). Environmental approaches for reducing pests in chilli (*Capsicum annum* L.): A review. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 9(8), 12–17. <https://doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i8a.5070>
- Ramírez-Meraz, M., & Méndez-Aguilar, R. (2018). Mejoramiento genético de los chiles comerciales en México. In A. Aguilar-Meléndez (Ed.), *Los chiles que le dan sabor al mundo* (pp. 286–300). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.30979>
- Reyes-Pérez, J. J., Rivas-García, T., Rodríguez-Rodríguez, S., Torres-Rodríguez, J. A., Llerena-Ramos, L. T., Preciado-Rangel, P., Hernández-Montiel, L. G., & Maciel-Torres, S. P. (2024). Relations between the mass of the fruits, the number of fruits per plant and the agricultural yield in pepper, with increasing silicon doses. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27, 069. <https://doi.org/10.56369/tsaes.5190>
- Saad, A., Wahab, E. A., & El-, K. A. A. (2024). Impact of planting dates on pepper (*Capsicum annum* L.) genotypes performance and Stability under Qena Governorate conditions. *Journal of Sohag Agriscience*, 9(2), 212–233.
- 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>

- Segovia-Lerma, A., & Romero-Mozqueda, Á. Y. (2014). Mejoramiento genético para rendimiento en chile (*Capsicum annum* L) para consumo en seco en la región centro-sur del estado Chihuahua, México. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2(1), 320–333. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v1i2.237>
- SIAP. (2025). *Producción agrícola por entidad federativa*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap>
- Taitano, N., Bernau, V., Brian, L. J., Mazourek, M., Mercer, K., Mchale, L., Michel, A., Baumler, D., Kantar, M., & Knaap, E. Van Der. (2019). Genome-wide genotyping of a novel Mexican Chile Pepper collection illuminates the history of landrace differentiation after *Capsicum annum* L. domestication. *Evolutionary Applications*, 12(1), 78–92. <https://doi.org/10.1111/eva.12651>
- 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>
- 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>
- Youssef, T. (2002). Physiological responses of *Avicennia marina* seedlings to the phytotoxic effects of the water-soluble fraction of light Arabian crude oil. *The Environmentalist*, 22, 149–159. <https://doi.org/10.1023/A:1015385700669>

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, W. E. I., Zhang, Y. U., Fan, J., Feng, Z., & Song, X. (2024). Pharmacological activity of capsaicin: Mechanisms and controversies. *Molecular Medicine Reports*, *29*(38). <https://doi.org/10.3892/mmr.2024.13162>

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>