

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN



Evaluación agronómica, morfológica y de pungencia de híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de campo abierto.

Por:

MARIA DOLORES RESENDIZ ORTIZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Abril 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Evaluación agronómica, morfológica y de pungencia de híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de campo abierto.

Por:

MARIA DOLORES RESENDIZ ORTIZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité Asesor:


DR. FRANCISCO ALFONSO GORDILLO
MELGOZA
Asesor Principal


DR. FERNANDO BORREGO ESCALANTE
Coasesor


DR. NEYMAR CAMPOSECO MONTEJO
Coasesor


DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Abril 2026

Saltillo, Coahuila, México

Abril, 2026

Declaración de no plagio

El autor principal quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega), reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio), comprar, robar o pedir prestados datos o la tesis para presentarla como propia, omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas, utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo, utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente; así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

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

Pasante



María Dolores Reséndiz Ortiz

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por ser mi guía constante y luz en cada paso de este camino. Gracias por regalarme fuerza en los momentos difíciles, sabiduría en las decisiones y esperanza en cada meta alcanzada. Cada logro de esta etapa académica es reflejo de Tu bendición y del amor infinito con el que siempre me has acompañado.

A la **Virgen de Guadalupe**, por ser mi guía y compañía constante a lo largo de mi vida y formación académica. Gracias por cuidar de mí siempre, estando lejos de mi familia y por permitirme regresar a mi hogar estos últimos años. A ti entrego este logro, con gratitud infinita confiando en que siempre me guiarás con tu amor eterno.

Al **Sr. Jesús Reséndiz Rincón**, A mi padre, por cada sacrificio que hizo en silencio para que yo pudiera llegar hasta aquí. Tu esfuerzo y dedicación son la base de este logro; gracias.

A la **Sra. Angélica Ortiz Reséndiz**, por todo el apoyo y cariño que me brindo a lo largo de este camino. Tu presencia ha sido un pilar fundamental en los momentos difíciles y una fuente constante de motivación. Gracias por creer en mi incluso cuando yo dudaba, por tus palabras de aliento y por cada gesto que me ayudo a no rendirme.

Al **Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza**, mi asesor, por brindarme su apoyo incondicional durante el trabajo de tesis, haberme brindado sus conocimientos, por ser un buen maestro y siempre tener paciencia y disponibilidad.

Al **Dr. Fernando Borrego Escalante**, por su apoyo y tiempo brindado en la aportación y revisión del presente trabajo.

Al **Dr. Antonio Flores Naveda**, por su apoyo y tiempo brindado en la aportación y revisión del presente trabajo.

Al **Dr. Neymar Camposeco Montejo** por su aportación en la revisión del presente trabajo y por el tiempo dedicado.

A la **M.C. Cristina Patricia Aguilar Aranda** y a la **Ing. María de Lourdes Hernández Hernández**, por su valiosa colaboración y las enseñanzas brindadas

durante el desarrollo de este trabajo de tesis. Agradezco profundamente sus palabras de motivación, su disposición constante y la calidez con la que siempre me recibieron.

Al **Ing. César Torres Rodríguez**, por creer en mí y confiar en mis capacidades desde el primer día. Gracias por apoyarme en todo momento, por sus valiosos consejos y por preocuparse siempre por mi bienestar. Su guía, paciencia y generosidad hicieron que me sintiera como en casa, brindándome seguridad y confianza para afrontar cada reto. Este reconocimiento es un pequeño reflejo de la gratitud profunda que siento por su apoyo constante y su ejemplo de dedicación y profesionalismo.

A **Miguel Pérez de la Cruz**, por su amistad sincera, su apoyo incondicional, su compañía y por creer en mí en cada momento. Gracias por motivarme, escucharme y compartir tanto en este camino académico y por hacer este camino más ligero y memorable.

A todas aquellas personas que, desde el anonimato, velaron por mi bienestar y me brindaron el apoyo necesario para continuar, les expreso mi más sincero y profundo agradecimiento. Su generosidad no solo representó una ayuda invaluable, sino también un impulso decisivo para seguir adelante y no rendirme en este camino.

DEDICATORIA

Con todo mi amor, respeto y admiración, dedico este pequeño trabajo a la persona que más amo en la vida, a quien debo todo lo bueno que me ha sucedido y todo lo que aún está por venir, por su amor infinito, paciencia y sacrificio. Gracias por ser mi guía, mi inspiración y mi fuerza en cada paso de este camino. Este logro también es tuyo, porque sin tu apoyo nunca habría sido posible.

Mi vida entera jamás será suficiente para agradecerte todo lo que me has dado, y probablemente nunca encontraré las palabras exactas para expresar cuánto te amo y lo profundamente agradecida que estoy contigo.

Le ruego a Dios que siempre te mantenga en mi corazón y que nunca nos separe; que me conceda un poco de la bondad, fortaleza y humildad que tú me has enseñado, para afrontar mi vida y seguir adelante.

Madre, este modesto obsequio es para ti, en reconocimiento a todo lo que me has dado y a todo lo que has hecho por mí, enfrentando con valentía las adversidades y superando los obstáculos para brindarme un futuro mejor.

Con gratitud eterna, tu hija,

María Dolores Reséndiz Ortiz

Para: Sra. Ma. Guadalupe Ortiz Reséndiz

Contenido

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA.....	VI
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
I. INTRODUCCIÓN	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo general.....	14
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.3 HIPÓTESIS	15
I. REVISIÓN DE LITERATURA	15
2.1 Generalidades del cultivo	15
2.2 Origen del cultivo.....	16
2.3 Taxonomía	16
2.4 Descripción Botánica.....	17
2.5 Producción mundial	18
2.6 Producción nacional	18
2.7 Conservación de alimentos	19
2.9 Tratamiento térmico	20
2.10 Enlatado	20
2.11 Importancia de evaluar variedades.....	21
2.12 Importancia de los chiles de proceso.....	22
2.13 Variedades de chile jalapeño más usadas en la industria.....	22
II. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Ubicación y localización	24
3.2 Manejo del Cultivo	24
3.2.1 Preparación del terreno.....	24
3.2.2 Acolchado	24
3.2.3 Siembra	24
3.2.4 Trasplante.....	25
3.3 Descripción de tratamientos	25
3. 4 Material genético	25

3.5 Variables morfológicas, rendimiento y pungencia	26
3.5.2 Peso promedio del fruto (PPF, g).....	26
3.5.3 Rendimiento (REND, t·ha ⁻¹).....	27
3.5.4 Número de frutos por planta (NF).	27
3.5.5 Largo de fruto (LF, cm).	27
3.5.6 Ancho de fruto (AF, cm).	27
3.5.7 Grosor de cáscara (GRCAS, mm).....	27
3.5.8 Número de lóculos (NL).	27
3.5.9 Pungencia (PUN).	27
3.5.10 Capsaicina (CAP, mg g ⁻¹).....	27
3.5.11 Scoville (SHU).....	28
3.6 Diseño experimental y análisis estadístico	28
3.7 Análisis de correlación.....	29
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1 Rendimiento	32
4.2 Peso total	34
4.3 Numero de frutos.....	35
4.4 Peso promedio del fruto	36
4.5 Variables morfológicas del fruto	37
4.5.1 Largo del fruto.....	37
4.5.2 Ancho de fruto	38
4.5.3 Grosor de cáscara	40
4.5.4 Número de lóculos	41
4.6 Variables de pungencia	42
4.6.1 Pungencia, capsaicina y Scoville	42
4.7 Correlaciones de Pearson	46
4.8 Análisis de componentes principales.....	47
V. CONCLUSIÓN	51
VI. LITERATURA CITADA.....	52
APÉNDICE	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos de materiales comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.	23
Cuadro 2. Análisis de varianza de las variables: peso, rendimiento, número de frutos y peso promedio del fruto de híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.	34
Cuadro 3. Análisis de varianza (cuadrados medios) de las variables: largo de fruto, ancho de fruto, grosor de cáscara y número de lóculos de materiales comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.	39
Cuadro 4. Análisis de varianza (cuadrados medios) de las variables: pungencia, capsaicina y escala Scoville, de materiales comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.	42
Cuadro 5: Análisis del total de la varianza de 12 materiales comerciales y experimentales de chile jalapeño para cada componente principal.	44
Cuadro 6. Contribución relativa de las variables analizadas en dos componentes principales de 12 materiales comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.	45
Cuadro 8. Comparación de medias entre híbridos comerciales y experimentales, cortes e interacción híbridos*cortes en chile jalapeño para las variables: peso, rendimiento, numero de frutos, peso promedio del fruto.	54
Cuadro 9. Comparación de medias para híbridos comerciales y experimentales, cortes e interacción híbridos*cortes en chile jalapeño para las variables: largo de fruto, ancho de fruto, grosor de cáscara, número de lóculos.	55
Cuadro 10. Comparación de medias para híbridos comerciales y experimentales, cortes e interacción híbridos*cortes en chile jalapeño para las variables: pungencia, capsaicina y Scoville.	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores de chile.	
Figura 2. Rendimiento de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.	33
Figura 3. El rendimiento de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.	34
Figura 4. El número de frutos de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.	36
Figura 5. Largo de fruto de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.	38
Figura 6. Ancho del fruto de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.	40
Figura 7. Grosor de cascara de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.	41
Figura 8. Pungencia de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.	44
Figura 9. Escala Scoville de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.	45
Figura 10. Matriz de correlación de variables del rendimiento, pungencia y peso promedio del fruto.	47
Figura 11. Análisis de componentes principales de los materiales comerciales y experimentales en características de rendimiento y pungencia en chile jalapeño en condiciones de campo abierto.	50

RESUMEN

El chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos hortícolas más importantes en México debido a su alto consumo en fresco y su utilización en la industria alimentaria. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento y las características agronómicas y morfológicas de diferentes materiales comerciales y experimentales de chile jalapeño, para identificar aquellos con mayor potencial productivo y cuales son aptos para la industria.

El experimento se realizó en los campos experimentales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con 12 tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron variables agronómicas y de fruto como: rendimiento, peso, número de frutos, peso promedio del fruto, largo, ancho, grosor de cáscara, número de lóculos, pungencia, capsaicina y escala de Scoville. La evaluación de los datos se realizó con un análisis de varianza, comparación de medias mediante Tukey ($P \leq 0.05$), y la prueba de DMS de Fisher ($P \leq 0.05$), y un análisis de componentes principales.

El material 21-2346 presentó mayor rendimiento, seguido por el material experimental 21-2015. Las correlaciones indicaron que el rendimiento se relaciona principalmente con el número de frutos por planta y el peso promedio de fruto. Los materiales HM8310 y MSC-818 destacaron por su mayor contenido de capsaicina y unidades Scoville.

Palabras clave: chile jalapeño, rendimiento, características agronómicas, pungencia.

ABSTRACT

Jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) is one of the most important horticultural crops in Mexico due to its high fresh consumption and its use in the food industry. The objective of this research was to evaluate the yield and the agronomic and morphological characteristics of different commercial and experimental jalapeño pepper materials, to identify those with the greatest productive potential and which are suitable for the industry.

The experiment was conducted in the experimental fields of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, in Buenavista, Saltillo, Coahuila, under a randomized complete block design with 12 treatments and three replications. Agronomic and fruit variables were evaluated, such as yield, weight, number of fruits, average fruit weight, length, width, pericarp thickness, number of locules, pungency, capsaicin, and Scoville scale. Data evaluation was performed using analysis of variance, mean comparison by Tukey ($P \leq 0.05$), Fisher's LSD test ($P \leq 0.05$), and principal component analysis.

Material 21-2346 showed the highest yield, followed by the experimental material 21-2015. Correlations indicated that yield was mainly related to the number of fruits per plant and average fruit weight. Materials HM8310 and MSC-818 stood out for their higher capsaicin content and Scoville units.

Keywords: jalapeño pepper, yield, agronomic characteristics, pungency.

I. INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum*, nativo de América, el cual se distribuyó en época precolombina desde el sur de Estados Unidos hasta el sur de Sudamérica (Casas *et al.*, 2019). México tiene como centro de origen y domesticación, especialmente en regiones del noreste y centro-este del país (Kraft *et al.*, 2014). El chile, esencial en la dieta mesoamericana junto con la calabaza, el maíz y el frijol, tiene una historia milenaria en México, donde se cultivaba desde aproximadamente el año 7000 a.C., como indican hallazgos en Tehuacán, Puebla, y Ocampo, Tamaulipas (Hernández y Fernández, 2007).

El chile es una planta de cultivo anual originaria de México y de regiones de América Central y del Sur. Su fruto presenta una amplia variación en forma, tamaño, color y sabor, y durante su maduración cambia de tonalidades verdes a rojas o anaranjadas (SIAP, 2017). En la actualidad, México se posiciona como uno de los principales productores de chile a nivel mundial, con 149 mil 694 hectáreas, donde se cosecharon 3,086,742 toneladas de chile (López-Ordaz, 2022). México destaca por su amplia diversidad de chiles cultivados, dentro de los cuales sobresalen variedades como jalapeño, guajillo, ancho, serrano y habanero (González-Pérez, 2025). Dentro de estos, el chile jalapeño sobresale por su amplia aceptación en los mercados nacional e internacional, ya que se consume tanto en fresco, conocido como cuaresmeño, como en encurtido, destino que representa alrededor del 60 % de la producción por lo que los principales estados productores de esta variedad son Chihuahua, Veracruz y Oaxaca (Hernández y Fernández, 2007).

Además, México es uno de los principales productores de chile verde a nivel mundial, con una producción acumulada de 3 millones 237 mil toneladas hasta finales de 2023, y con exportaciones dirigidas a 47 países (SIAP, 2024). A nivel nacional, Sinaloa, Chihuahua y Zacatecas concentran el 59.7 % de la producción de chile verde; asimismo, San Luis Potosí, Sonora, Guanajuato, Jalisco y Baja California Sur también figuran entre las entidades con mayor relevancia productiva (SIAP, 2024). Estas cifras reflejan no solo la importancia económica y alimentaria

del cultivo, sino también la necesidad de desarrollar materiales que respondan a las exigencias productivas y comerciales del sector.

Por lo tanto, la evaluación de variedades constituye una herramienta fundamental, ya que permite identificar los materiales mejor adaptados a condiciones ambientales específicas, con el fin de mejorar el rendimiento y la calidad del cultivo (Aguilar, 2022). Asimismo, facilita la selección de variedades que respondan a las demandas del mercado en atributos como tamaño, forma, color y sabor del fruto, lo que incrementa la competitividad del chile jalapeño (Basulto, 2023). De igual manera, la evaluación varietal permite detectar materiales con mayor resistencia a plagas y enfermedades, lo que puede reducir el uso de pesticidas y otros tratamientos químicos, con beneficios tanto ambientales como económicos (García-Sánchez, 2023).

El chile jalapeño se reconoce como uno de los cultivos más relevantes en América Latina, al cual en la actualidad se le ha incorporado un valor agregado mediante su uso como ingrediente semiprocesado en la elaboración de diversos productos finales, entre los que destaca su presentación en salmuera, ampliamente demandada en mercados como Guatemala, México y Costa Rica, además de otras regiones, y cuyos procesos de transformación incluyen su preparación en escabeche y encurtido (Urquía y Orlando 2010).

Finalmente, algunas variedades muestran una mejor adaptación a sistemas de producción específicos, como el cultivo en invernadero o a cielo abierto, aspecto clave para recomendar materiales acordes con las condiciones y necesidades de los productores (Gabriel, 2016).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Comparar el desempeño agronómico, la calidad física del fruto y el nivel de pungencia de híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto, para seleccionar materiales para la industria de chiles.

1.2.2 Objetivos específicos

- Comparar el rendimiento de diferentes híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño de proceso.
- Caracterización morfológica de los frutos de chile jalapeño de proceso.
- Cuantificar la pungencia y el contenido de capsaicina de los híbridos de chile jalapeño de proceso.

1.3 HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa (H_1):

- Existen diferencias significativas entre los híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño de proceso en rendimiento, características morfológicas del fruto, pungencia y contenido de capsaicina.

Hipótesis nula (H_0):

- No existen diferencias significativas entre los híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño de proceso en rendimiento, características morfológicas del fruto, pungencia y contenido de capsaicina.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo

El chile (*Capsicum annuum* L), cuyo nombre proviene del náhuatl “chilliy”, es una planta herbácea o subarborescente cultivada anualmente, originario de México, Centro y Sudamérica; se cultiva en tierras templadas y calurosas, alcanzando una altura de 30 a 80 cm (Kraft, 2014). Su tallo es erguido y ramoso, mientras que las hojas son

simples, alternas, aovadas y lisas. El fruto, también conocido como chile, puede variar en forma y tamaño, siendo dulce o picante, y cambia de color de verde a rojo o anaranjado cuando madura (SIAP, 2017).

A nivel internacional, México se destaca como el segundo mayor productor de chiles. Se dedican más de 140,000 hectáreas al cultivo de este fruto, y las variedades principales incluyen el jalapeño, serrano, poblano, morrón y habanero (López-Ordaz, 2022).

El chile más popular a nivel nacional e internacional es el jalapeño, conocido también como cuaresmeño cuando está fresco. De toda la producción, el 60% se destina a la industria de encurtidos, mientras que el 20% se consume fresco. El resto, en estado maduro, se procesa mediante secado y ahumado para obtener el chile chipotle. Los principales estados productores en México son Chihuahua, Veracruz y Oaxaca (Hernández y Fernández, 2007).

2.2 Origen del cultivo

Las especies del género *Capsicum* son originarias de América. Durante la época precolombina, se extendieron desde el sur de Estados Unidos hasta las regiones cálidas del sur de Sudamérica. Según una teoría bien aceptada, gran parte de estas especies se originó en una zona central del sur de Bolivia, desde donde se dispersaron hacia los Andes y las tierras bajas de la Amazonia, adaptándose y diversificándose en el camino. Junto con la calabaza, el maíz y el frijol, el chile fue esencial en la dieta de las culturas mesoamericanas. Los expertos señalan que el chile tiene sus raíces en México. Hallazgos arqueológicos indican que se cultivaba este producto desde aproximadamente el año 7000 a.C. hasta el 2555 a.C. en las regiones de Tehuacán, Puebla, y Ocampo, Tamaulipas (Hernández y Fernández, 2007).

2.3 Taxonomía

De acuerdo con el Sistema Integrado de información Taxonómica (ITIS, 2024) esta es la clasificación taxonómica actualmente aceptada:

Reino Plantae

Subreino Viridiplantae

Reino infrarrojo Streptophyta

Superdivisión Embriofita

División Tracheophyta

Subdivisión Spermatophytina

Clase Magnoliopsida

Superorden Asteranae

Orden Solanales

Familia Solanaceae

Género *Capsicum* L.

2.4 Descripción Botánica

Actualmente se siembran dos tipos de chile jalapeño y son diferentes según la región.

En el golfo de México y el suroeste se cultivan variedades criollas y mejoradas que provienen de plantas nativas de la región; estas son plantas altas y fuertes miden entre 80 cm y 1.50 m, y tienen vellosidad en sus hojas. Sus frutos son aromáticos de color verde claro, de tamaño mediano a pequeño de 5cm a 8 cm con forma alargada y ligeramente cónica, tienen bien marcadas sus divisiones y casi todo el interior está cubierto por la placenta en la cual se concentran todas las semillas; la pared del fruto es gruesa y firme lo que los hace más pesados y resistentes. Además, presentan líneas en la piel en un 30%; Sin embargo, en el centro y norte del país se usan semillas híbridas importadas; estas plantas son más bajas, compactas y con hojas lisas sus frutos son más grandes de 8 cm a 12 cm de largo de color verde oscuro y con menos aroma, Tienen forma cilíndrica y punta redondeada. Por dentro la placenta es más concentrada en una sola parte, dejando espacios vacíos de hasta del 40%. La pared es menos gruesa por lo que pueden

dañarse más fácilmente durante la cosecha y el transporte (Aguilar-Rincón, et al, 2010).

2.5 Producción mundial

A nivel mundial el chile es una de las principales hortalizas cultivadas con una producción de 36,771, 482 toneladas, siendo México el segundo país exportador con el 9.19% de la producción total (Rosas *et al.*, 2022).



Figura 1. Principales países productores de chile.

Fuente: Elaboración propia con datos de la base de datos estadísticos sustantivos de la Organización (FAOSTAT, 2024).

Los diez principales países productores de chile son; China Continental que reportó para el 2024 como el principal a nivel mundial aportando 17,307,026.9 toneladas lo que representa un 47.13% de la producción, seguido por India con 5317989.29 toneladas que representa el 14.46%, México con 3428038 toneladas que representa el 9.32%, Turquía con 3038082 toneladas que representa el 8.26%, Indonesia con 1518610 toneladas que representa el 4.13%, España con 1083725.87 que representa el 2.95%, Egipto con 777184.69 que representa el 2.11% y Argelia con 643418 que representa el 1.75% (FAOSTAT, 2024).

2.6 Producción nacional

De acuerdo con los datos procesados de la FAOSTAT (2024), la producción nacional de chile jalapeño en México presenta una concentración geográfica en la región norte y centro-occidente del país. El estado de Chihuahua se posiciona como el principal productor a nivel nacional, aportando el 39.50% del total. Esta cifra subraya la relevancia de las zonas áridas y semiáridas del norte en la oferta de esta hortaliza, donde el manejo técnico y la disponibilidad de infraestructura de riego juegan un papel importante.

En un segundo lugar de importancia se encuentra el estado de Sinaloa, con una producción del 23.49%, seguido por Michoacán y Jalisco, con el 9.93% y 6.44% respectivamente. Juntos, estos cuatro estados representan más de las tres cuartas partes de la producción en México. Esta distribución no solo evidencia la especialización productiva de dichas entidades, sino que también establece un marco de referencia sobre la procedencia de la materia prima en el mercado nacional y su impacto en la economía de la región.

2.7 Conservación de alimentos

Los vegetales frescos pueden conservarse reduciendo su respiración en una atmósfera baja en oxígeno después de la cosecha (Mangaraj, 2009). El calentamiento en el proceso de enlatado no solo prolonga la vida útil de los alimentos al destruir enzimas y microorganismos, sino que también mejora sus características sensoriales como aroma, sabor, color y textura (Gomez, 2001). El diseño de procesos de enlatado industrial requiere precisión técnica para determinar la temperatura y tiempo ideales, asegurando la inocuidad y conservando los nutrientes al menor costo posible. Los alimentos enlatados pueden conservarse por largo tiempo bajo condiciones adecuadas, siempre que se eviten ambientes muy húmedos y calurosos que puedan oxidar las latas. Durante la elaboración, el control estricto de tiempo y temperatura es crucial para mantener la calidad y el valor nutricional óptimo (Hernández Camacho, 2019)

En México el 65% de la producción de chiles es destinado a consumo fresco y el resto a deshidratar o envasar. Los estados con mayor producción son Sinaloa, Chihuahua, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas.

Las dimensiones geométricas del chile resultan de gran importancia para su clasificación y el diseño de los equipos de procesamiento en la industria alimentaria. También resultan importantes porque su selección por tamaños influye en el método de transformación o conservación a seguir; tal es el caso del almacenamiento, las condiciones de operación del secado y los parámetros de esterilización, entre otros (Fontanie, 2003).

2.9 Tratamiento térmico

El método más ampliamente adoptado en el mundo para la preservación de alimento en escabeche, como los pepinos, el chile, la zanahoria y más vegetales, es la pasteurización (Wilches, 2015). El proceso ayuda a preservar la frescura y la apariencia natural de los alimentos y se ha encontrado particularmente efectivo en el caso de jalapeños en escabeche (Hernández, 2009).

Durante el almacenamiento, los alimentos pueden contaminarse con diversos microorganismos, algunos de los cuales son patógenos. Por ello, se han buscado alternativas de conservación como el escabeche, que ha demostrado ser uno de los métodos tradicionales más efectivos para preservar los alimentos (Olivera, 2012).

El escabeche es un alimento extremadamente popular en toda América Latina, y de otros continentes porque tiene orígenes en España y se ha utilizado allí durante muchos siglos. El pH del alimento casi siempre es ácido y muchos microorganismos patógenos no pueden sobrevivir en soluciones con un pH tan bajo, aunque los microorganismos resistentes, obviamente, deben ser sometidos a procedimientos de pasteurización y no utilizarse como alimentos (Gutiérrez et al., 2013; Lee, 2004).

2.10 Enlatado

El procedimiento estándar de enlatado incluye la preparación de la materia prima mediante limpieza, corte y pelado, seguido de escaldado, llenado de latas, sellado,

tratamiento térmico o esterilización, enfriamiento y etiquetado La duración del proceso varía según la temperatura: temperaturas más altas requieren tiempos de procesamiento más cortos, lo que ayuda a preservar las características organolépticas de los alimentos (Ramesh, 2007).

Los envases más comúnmente utilizados en la industria alimentaria son cilíndricos y metálicos, hechos de acero o aluminio, que permiten un sellado hermético para garantizar la conservación durante el procesamiento y almacenamiento (AAPPA, 2007).

En productos fermentados como los chiles en escabeche, la elección del tipo de envase es crucial. Se recomienda evitar latas que contengan zinc, cobre, latón, metal galvanizado o hierro, ya que estos metales pueden reaccionar con el ácido o la sal, afectando el color del producto y la seguridad de los encurtidos debido a procesos corrosivos (Raab, 2007).

2.11 Importancia de evaluar variedades

La importancia de evaluar variedades es que permite seleccionar las que mejor se adapten a un determinado ambiente, maximizando así el rendimiento y la calidad del cultivo (Aguilar, 2022).

Evaluar variedades puede ayudar a identificar aquellas que cumplen con las demandas del mercado en términos de tamaño, forma, color y sabor, así mismo el tamaño del fruto puede ser un factor limitante en la comercialización. Las innovaciones tecnológicas, como el uso de variedades con frutos de mejor calidad, tienen el potencial de aumentar la competitividad y el valor del chile jalapeño (Basulto, 2023).

Evaluar la resistencia de las variedades ayuda a reducir la necesidad de pesticidas y otros tratamientos químicos, lo que puede ser beneficioso tanto para el medio ambiente como para la rentabilidad del cultivo (García- Sánchez, 2023).

Algunas variedades pueden ser más idóneas para diferentes métodos de cultivo, como el cultivo protegido en invernadero o el cultivo al aire libre. Evaluar esta adaptabilidad ayuda a los agricultores a elegir las variedades que mejor se adecúen a sus sistemas de producción (Gabriel, 2016).

2.12 Importancia de los chiles de proceso.

El chile (*Capsicum annuum L.*) es uno de los cultivos de relevancia nivel mundial, ya que se consume en fresco como en diversas formas procesadas, existiendo una variedad de tipos y presentaciones; entre estas, los chiles en escabeche, que destacan en México y otros países debido a su sabor y color, lo que favorece su consumo en la cocina mexicana, cuyo proceso de elaboración incluye etapas de recepción, selección, lavado, escaldado, cocción, envasado y almacenamiento (Leal, 2017), lo que resalta la importancia de evaluar distintas variedades de chile para su procesamiento, a fin de identificar aquellas que presenten mejores características de calidad, rendimiento y aceptación en la industria.

2.13 Variedades de chile jalapeño más usadas en la industria

Principales híbridos comerciales de chile jalapeño para proceso industrial de enlatado disponibles en el mercado actual.

Imperial: Es conocido por su compacta planta, entrenudos cortos, y excelente cobertura de fruta. Este híbrido de ciclo intermedio produce frutos de color verde intenso, muy picosos, con paredes gruesas y de fácil despatado. Es muy productivo y se recomienda para procesos de producción (Mar Seed, 2026).

HM 8310: Es un excelente chile jalapeño para enlatar en conservas y procesado, diseñado para la temporada principal, con una uniformidad muy comercializable y constante (HM. Clause, 2026a).

Forajido: Variedad con buena aceptación para la industria de proceso por sus características, posee una pared gruesa, piel lisa sin presencia de acorchado, buen

tamaño y color de fruta verde oscuro brillante, su planta es fuerte con producción concentrada, de maduración intermedia a precoz (Enza Zaden, 2026)

Goliath: Variedad de planta compacta y de producción concentrada, ideal para optimizar el rendimiento en ciclos agrícolas eficientes. Destaca por su precocidad, alcanzando la madurez comercial entre los 70 y 75 días tras el trasplante, y por producir frutos de gran tamaño (4 a 5 pulgadas) con paredes gruesas, piel lisa y un nivel de pungencia característico. Además de contar con una tolerancia intermedia a bacterias, este material ha demostrado una excelente adaptabilidad en regiones clave de México, tales como El Bajío, San Luis Potosí, Chihuahua, Michoacán y Jalisco (Caloro Seed, 2026).

Sezar: Chile jalapeño, internudos cortos, hojas de tamaño medio, planta compacta, productivo. El fruto es picante de color verde oscuro, firme, crocante, 8-10 cm, pared gruesa, apto para el segmento de proceso, tiene resistencias a HR: PVY : 0,1,1.2 e IR: TSWV, Pc (Yüksel Seeds, 2026)

Leopard: Híbrido de ciclo precoz, 65-70 días a cosecha. Alta producción, frutos grandes, de color verde oscuro, paredes muy gruesas y cavidad cerrada. Adaptable, ideal para el Mercado fresco o de proceso, genera plantas de porte medio, múltiples ramificaciones, cortes concentrados y alta producción. Frutos de 4", verde oscuro, paredes gruesas, cavidad cerrada, sin rayas. Scoville de 2.500 a 5.000 (Agroinsumos El Field S. de R.L. de C.V., 2026)

Especial: Planta de vigor medio y de madurez temprana, tiene un peso de 35 a 40 g, longitud de 7 a 8 cm y diámetro de 2.5 a 3 cm. Presenta un atractivo color verde oscuro y está destinado principalmente para procesamiento. Alta resistencia (HR) a Xcv razas 1, 2 y 3 (NongWoo Bio, 2026).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los campos experimentales pertenecientes al departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, ubicada en la región sur del estado de Coahuila, sus coordenadas geográficas son 25° 22' N; 101° 00' O, con altitud de 1754 msnm (Mendoza, 2010). El clima es semiseco templado, caracterizado por veranos largos y cálidos, así como inviernos cortos, secos y fríos. La temperatura media anual es de aproximadamente 17 °C, con mañanas frescas y días templados, presentando variaciones a lo largo del año que oscilan entre los 5 °C y 29 °C Fuente INEGI, 2010.

3.2 Manejo del Cultivo

3.2.1 Preparación del terreno

Se realizó un barbecho con arado en disco con el fin de recuperar y regenerar el suelo. Una vez realizado este procedimiento se procedió a realizar el proceso de rastra con el propósito de mejorar la calidad del suelo y facilitando el crecimiento de cultivos y finalmente se realizó un bordeado utilizando azadones.

3.2.2 Acolchado

Después de formar los surcos, se instaló la cinta de riego por goteo, con goteros ubicados cada 20 cm y un caudal de 1 litro por hora. Posteriormente, se colocó el plástico de acolchado, utilizándose en este ensayo el de color plateado. La separación utilizada fue de 30 cm entre plantas y 1.60 m entre cada bordo.

3.2.3 Siembra

La siembra de los híbridos de chile jalapeño se realizó el 18 de marzo del 2023, en charolas de polietileno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss al 10%, perlita y vermicompost al 15%, se le adicionó *trichoderma* 25 g a 85% tierra cribada; complejo de endomicorizas se le adiciono 20 g a la mezcla, se sembró una semilla por cavidad.

3.2.4 Trasplante

El trasplante de los híbridos se realizó el 27 de abril del 2023, con plantas de 55 días de edad, cada híbrido se trasplantó a una hilera, con una densidad de población de 20,600 plantas por hectárea

3.3 Descripción de tratamientos

Se establecieron diez plantas y se evaluaron seis plantas por híbrido con tres repeticiones; la primera cosecha se realizó a los 82 días después del trasplante, con un total de tres cortes, los cuales se realizaron en intervalos de 15 días, dándose por terminados el 12 de agosto del 2023.

3. 4 Material genético

Para el estudio se utilizaron híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño descritas en el siguiente cuadro

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos de materiales comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.

Materiales	Empresa
21-2366	Experimental
21-2373	Experimental
21-2045	Experimental
21-2346	Experimental
13-1311	Experimental
21-2305	Experimental
21-2206	Experimental
HM8310	Mar Seeds
Imperial	Nong woo Seed American

MSC-818

Nong woo Seed American

Raider

Nong woo Seed American

Especial

Nong woo Seed American

3.5 Variables morfológicas, rendimiento y pungencia

La cosecha se realizó cada 15 días, iniciando el 18 de julio 2023 y terminando el 12 de agosto del 2023, dando un total de tres cortes evaluados. En cada corte se evaluaron las siguientes variables:

Híbridos	Empresa
21-2366	Experimental
21-2373	Experimental
21-2045	Experimental
21-2346	Experimental
13-1311	Experimental
21-2305	Experimental
21-2206	Experimental
HM8310	Mar Seeds
Imperial	Nongwoo Seed American
MSC-818	Nongwoo Seed American
Raider	Nongwoo Seed American
Especial	Nongwoo Seed American

3.5.1 Peso total (kg). El peso total se determinó pesando el corte de fruta total de seis plantas y se determinó un promedio.

3.5.2 Peso promedio del fruto (PPF, g). El peso individual de los frutos se determinó en la madurez fisiológica utilizando una báscula digital. Esta variable se

calculó dividiendo el rendimiento total por planta entre el número total de frutos recolectados en cada corte.

3.5.3 Rendimiento (REND, $t \cdot ha^{-1}$). El rendimiento se estimó obteniendo primero el promedio de kilogramos por planta en cada tratamiento. Posteriormente, este valor se multiplicó por la densidad de plantas establecida por hectárea para expresar el rendimiento en toneladas por hectárea.

3.5.4 Número de frutos por planta (NF). Se contabilizó el número de frutos totales por planta durante la cosecha de 3 cortes.

3.5.5 Largo de fruto (LF, cm). Se tomaron diez chiles y se colocaron en horizontal sin despegar los chiles; con la ayuda de una cinta métrica se determinó el largo dividiendo entre diez.

3.5.6 Ancho de fruto (AF, cm). Se determinó con una cinta métrica, tomando en cuenta diez chiles juntos y la división entre los diez frutos.

3.5.7 Grosor de cáscara (GRCAS, mm). Una vez cosechados los frutos se tomó una muestra representativa, con un vernier digital se midió el grosor de la cáscara de tres frutos por tratamiento y repetición.

3.5.8 Número de lóculos (NL). Se realizó un corte transversal en el fruto para contar el número de lóculos presentes, evaluando tres frutos por tratamiento.

3.5.9 Pungencia (PUN). La pungencia se evaluó de forma sensorial mediante un panel integrado por diez personas, quienes probaron las muestras de chile para calificar la intensidad del picor. Para ello, se utilizó una escala ordinal de 1 a 9, adaptada de escalas de pungencia reportadas en Chile, donde: 1 = sin picor, 2 = picor muy ligero, 3 = picor ligero, 4 = picor leve, 5 = picor medio, 6 = picor moderado-alto, 7 = picor alto, 8 = picor muy alto y 9 = extremadamente picante (Lyu et al., 2022).

3.5.10 Capsaicina (CAP, $mg g^{-1}$)

Las muestras de chile jalapeño en estado verde se obtuvieron del segundo corte. Los frutos se trocearon y se deshidrataron en horno a 70 °C durante 48 h; una vez secos, se pulverizaron en mortero hasta conseguir un polvo uniforme. Para la extracción, se pesó 1 g de muestra seca y se colocó en un tubo cónico de 10 mL, al que se añadieron 10 mL de etanol. La mezcla se sometió a extracción asistida por ultrasonido usando un sonicador a 35 kHz durante 3 h, a una temperatura de 50 °C. Posteriormente, los extractos se centrifugaron a 4000 rpm durante 5 min y se recuperó el sobrenadante para preparar las diluciones necesarias. La determinación de capsaicina se realizó mediante espectrofotometría UV-Vis, registrando la absorbancia a 280 nm, y la concentración se calculó a partir de una curva de calibración elaborada con estándar de capsaicina al 98%. Este procedimiento se llevó a cabo con modificaciones de métodos previamente publicados para la extracción ultrasónica de capsaicinoides y su cuantificación espectrofotométrica (Maksimova et al., 2014; González-Zamora et al., 2015).

3.5.11 Scoville (SHU)

La pungencia se expresó en unidades Scoville (SHU) a partir de la concentración de capsaicina determinada en mg g^{-1} . La conversión se realizó multiplicando los valores de capsaicina por 16,100, de acuerdo con la equivalencia de 16.1 millones de SHU por gramo de capsaicina pura. Por tanto, la ecuación utilizada fue:

$$\text{SHU} = \text{capsaicina (mg g}^{-1}\text{)} \times 16100$$

(AOAC International, 1995; González-Zamora *et al.*, 2015).

3.6 Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento fue evaluado bajo un diseño de bloques completos al azar con 12 tratamientos y tres repeticiones cada uno, cada repetición con 10 plantas de las cuales se tomaron solo 6 plantas. Se realizó un análisis de varianza utilizando el

software estadístico Minitab V19, para la comprobación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del $P \leq 0.05$.

$$\gamma_{ij} = \mu + ti + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

γ_{ij} = En la observación obtenida en la j-ésima repetición, con el tratamiento i-ésimo.

μ = Media general

ti = Efecto de tratamiento i

β_j = Efecto del bloque j

ε_{ij} = Efecto del error experimental que se presenta al efectuar la j-ésima observación del i-ésimo tratamiento.

3.7 Análisis de correlación

Las correlaciones fenotípicas entre las variables evaluadas se estimaron mediante el coeficiente de correlación de Pearson, con el fin de determinar el grado de asociación lineal entre los caracteres estudiados (Steel *et al.*, 1997).

3.8 Análisis multivariado de componentes principales

Se realizó un análisis de componentes principales (CP) a partir de la matriz de correlaciones, con la finalidad de que todas las variables evaluadas tuvieran la misma importancia dentro del análisis. Este procedimiento permitió reducir la dimensionalidad del conjunto de datos y resumir la variación total en un menor número de componentes, facilitando la interpretación de la información original. Los componentes principales se obtuvieron como combinaciones lineales de las

variables estandarizadas, de tal manera que los primeros componentes concentraran la mayor proporción de la variabilidad presente en los datos. Para su interpretación, se consideraron los valores propios (eigenvalues) asociados a cada componente, ya que éstos indican la cantidad de varianza explicada por cada uno; asimismo, se estimó el porcentaje de varianza explicada y la varianza acumulada para identificar los componentes de mayor importancia en la explicación de la variabilidad total. Finalmente, se elaboró una gráfica biplot con los dos primeros componentes principales, lo que permitió observar de manera conjunta la relación entre las variables y la distribución de los materiales evaluados (Jolliffe, 2002; Gabriel, 1971).

De manera general, el modelo matemático del análisis de componentes principales se expresó como:

$$CP_i = a_{i1}Z_1 + a_{i2}Z_2 + \cdots + a_{ip}Z_p$$

donde CP_i es el i-ésimo componente principal, a_{ij} corresponde al coeficiente o peso de la j-ésima variable en el i-ésimo componente, y Z_j representa la variable estandarizada. Los valores propios λ_i obtenidos de la matriz de correlaciones se utilizaron para cuantificar la varianza explicada por cada componente principal. El porcentaje de varianza explicada se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Varianza explicada} = \left(\frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \right) \times 100$$

donde λ_i es el valor propio del i-ésimo componente y $\sum \lambda_i$ representa la varianza total explicada por el conjunto de componentes. Con base en estos criterios se seleccionaron los componentes principales más importantes para describir la estructura de variación de los datos y para la construcción del biplot (Jolliffe, 2002; Gabriel, 1971), la gráfica biplot se realizó en el lenguaje R Statistical (R Core Team, 2024).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento

El análisis de varianza (Cuadro 2) realizado para la variable rendimiento en toneladas por hectárea, mostró diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.01$) entre repeticiones, cortes, y materiales mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$), pero no hubo diferencias significativas para la interacción entre materiales*cortes, el coeficiente de variación fue de 29.25%.

Los rendimientos calculados en toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$) de los 12 materiales, el 21-2346 fue el que presentó mayor rendimiento con $33.88\ t\ ha^{-1}$, mientras que el material Imperial registró el menor rendimiento con $11.84\ t\ ha^{-1}$ (Cuadro 8, Figura 2).

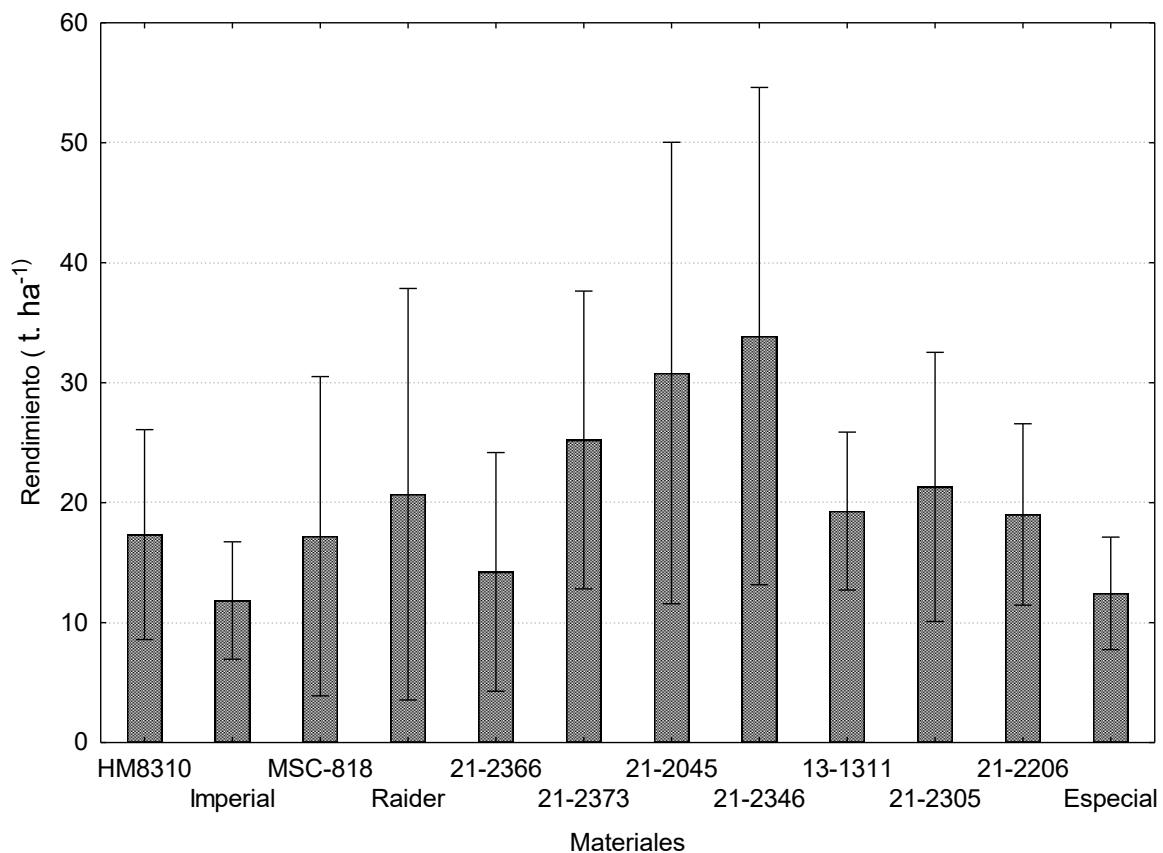


Figura 2. Rendimiento de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.

En la interacción materiales * corte no fue significativa, de manera descriptiva se observó que en el primer corte el material 21-2045 presentó el mayor rendimiento con 16.12 t ha^{-1} , mientras que 13-1311 tuvo el menor con 11.91 t ha^{-1} . En el segundo corte, nuevamente 21-2045 mostró el valor más alto con 36.91 t ha^{-1} , mientras que Imperial presentó el menor con 8.24 t ha^{-1} . En el tercer corte, el material 21-2346 alcanzó el mayor rendimiento con 53.95 t ha^{-1} , mientras que Especial registró el menor con 14.51 t ha^{-1} (Cuadro 8, Figura 3).

Estos resultados coinciden con lo reportado por Ortiz-Talamantes y Paredes-Jácome (2025), quienes observaron diferencias de rendimiento entre materiales evaluados en varios cortes, atribuyendo este comportamiento al potencial productivo de cada genotipo y a su adaptación a las condiciones de cultivo.

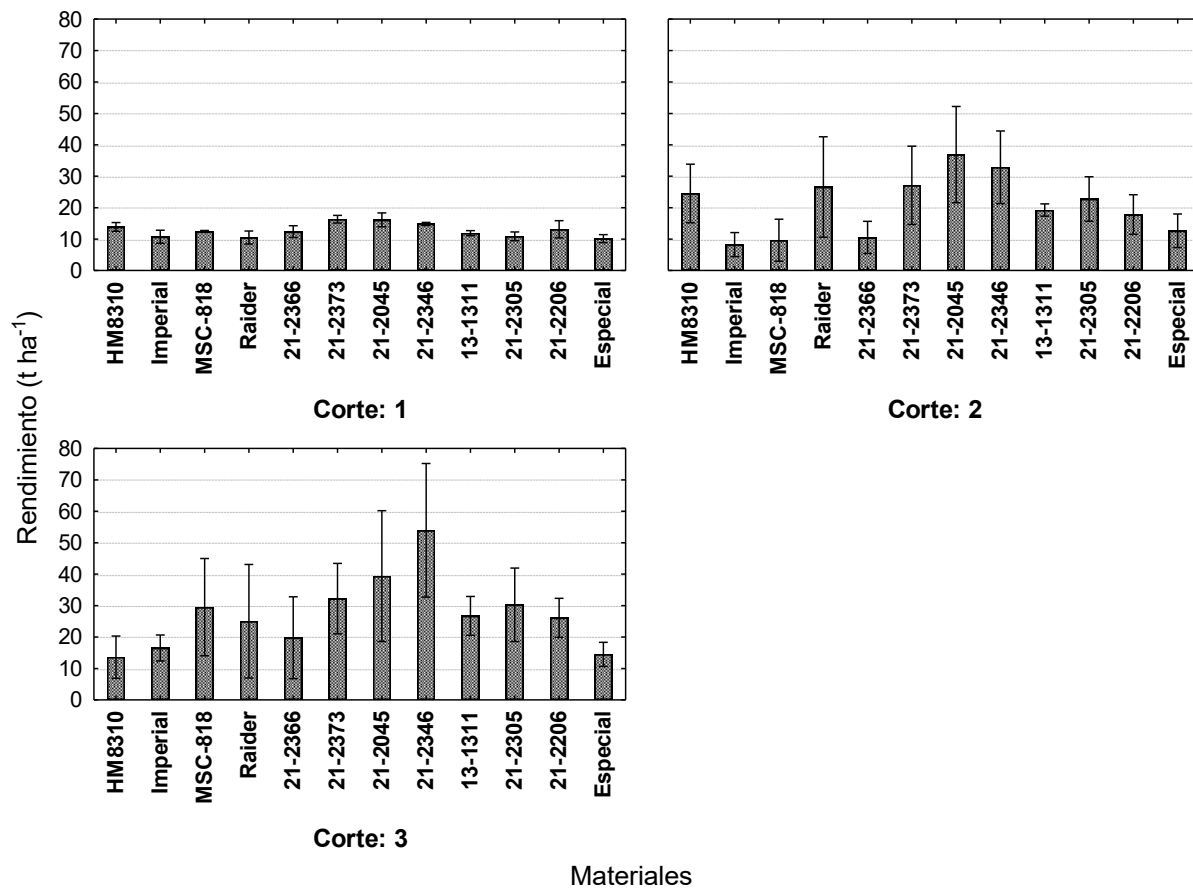


Figura 3. El rendimiento de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.

4.2 Peso total

En el análisis de varianza (Cuadro 2), la variable peso total presentó diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre repeticiones y cortes, y diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre materiales. En cambio, la interacción materiales * corte no mostró diferencias significativas. Esta variable presentó un coeficiente de variación de 29.25%.

En la comparación de medias, el material 21-2346 registró el mayor peso total con 1.62 kg, mientras que Imperial y Especial presentaron los valores más bajos, con 0.57 y 0.60 kg, respectivamente. Esto muestra que los materiales con mayor peso total también tendieron a presentar mejor respuesta productiva.

En cuanto al efecto de corte, se observó un incremento del peso total conforme avanzó la cosecha, ya que en el primer corte se obtuvo un promedio de 0.61 kg, en el segundo de 1.00 kg y en el tercer corte de 1.31 kg (Cuadro 8).

4.3 Numero de frutos

El análisis de varianza (Cuadro 2) realizado para la variable grosor de cascara mostro diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.01$) entre repeticiones y corte, pero no hubo diferencias significativas en la interacción entre materiales*cortes y materiales, el coeficiente de variación fue de 25.76%.

Aunque estadísticamente no hubo diferencias entre materiales, sin embargo, en la comparación de Tukey ($P \leq 0.05$), el material 21-2346 presentó el promedio más alto con 55.11 frutos por planta, mientras que MSC-818 mostró el valor más bajo con 23.89 frutos por planta.

En el corte, se observó un aumento en el número de frutos conforme avanzó la cosecha. El promedio fue de 21.75 frutos en el primer corte, 36.92 en el segundo y 48.64 en el tercero. En la interacción materiales * corte, en el primer corte el material Especial presentó 26 frutos, mientras que Raider obtuvo 18 frutos teniendo el menor valor. En el segundo corte, 21-2346 registró 63.66 frutos, mientras que MSC-818 presentó 12.33 frutos. En el tercer corte, nuevamente 21-2346 mostró el valor más alto con 79.66 frutos, mientras que HM8310 tuvo 21.33 frutos (Cuadro 8, Figura 4).

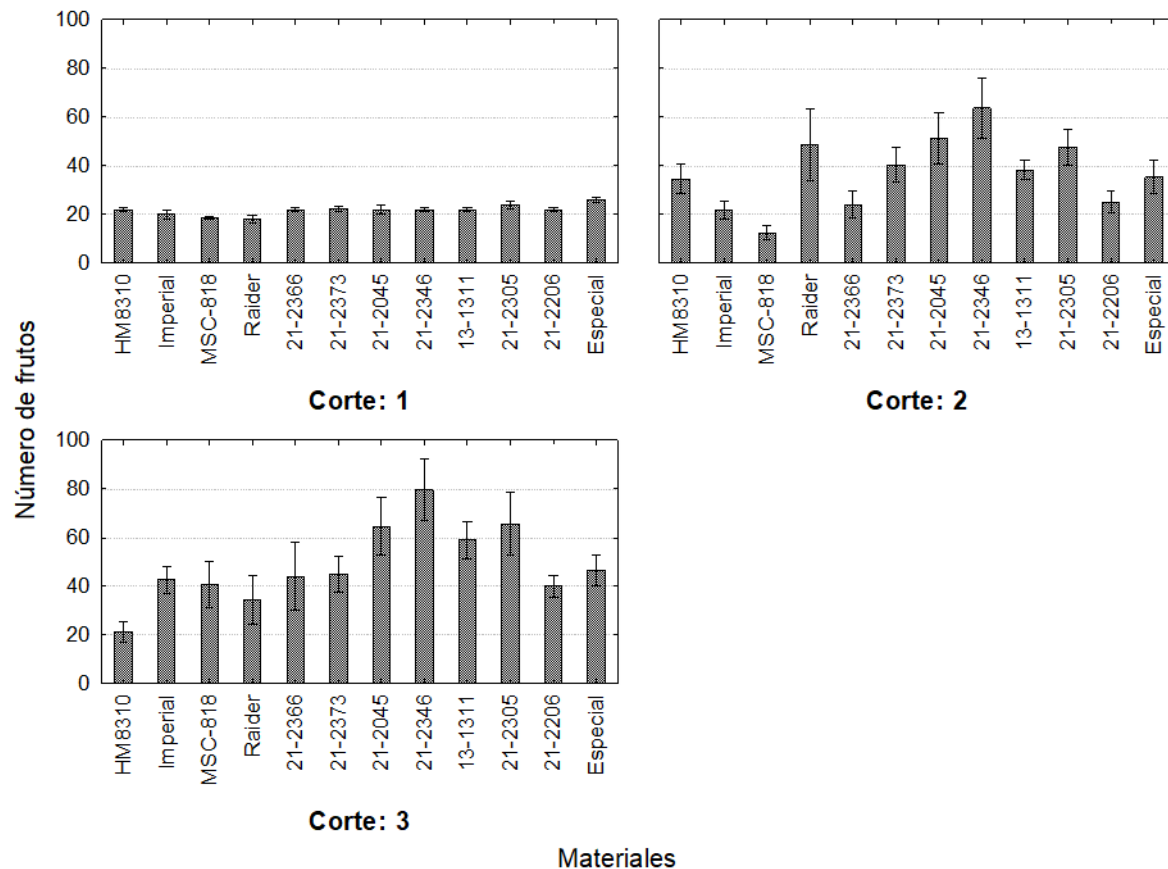


Figura 4. El número de frutos de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.

4.4 Peso promedio del fruto

El análisis de varianza (Cuadro 2) realizado para la variable peso promedio del fruto mostro diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.01$) entre materiales mientras que en la fuente variación repetición tiene diferencias significativas ($P \leq 0.05$), Pero en materiales*cortes y corte no se encontró diferencias significativas, el coeficiente de variación fue de 18.43%.

En la comparación de Tukey, los materiales 21-2373, 21-2045 y MSC-818 mostraron el mayor peso promedio del fruto, con promedios de 32.71, 31.90 y 31.78 g, en comparación con los materiales Especial e Imperial de 16.88 a 20.74 g registraron los menores pesos promedio, con 16.88 y 20.75 g.

Cuadro 2. Análisis de varianza (cuadros medios) de las variables: peso, rendimiento, número de frutos y peso promedio del fruto, de híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.

FV	GL	Peso	REND	NF	PPF
Rep	2	7.15 **	3101.80 **	7508.5 **	106.67 *
Materiales	11	0.96 *	418.50 *	796.8 ns	257.75 **
Corte	2	4.39 **	1905.50 **	6542.7 **	74.15 ns
Materiales*Corte	22	0.28 ns	123.00 ns	307.2 ns	24.07 ns
Error	70	0.42	180.50	418.4	24.52
Total	107				
Maximo		4.50	93.75	111	45.96
Media		0.98	20.45	35.77	26.74
Mínimo		0.11	2.27	5	11.82
CV%		29.25%	29.25%	25.8%	18.4%

FV: Fuente de variación; **GL:** Grados de libertad; **Peso:** Peso; **REND:** Rendimiento; **NF:** Numero de frutos; **PPF:** Peso promedio del fruto; **CV=** Coeficiente de Variación; *, **= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente.

4.5 Variables morfológicas del fruto

4.5.1 Largo del fruto

El análisis de varianza para la variable largo de fruto mostro diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.01$) entre materiales, corte y la interacción material*corte mientras que repetición tiene diferencias significativas ($P \leq 0.05$), el coeficiente de variación fue de 8.59%.

En la comparación de medias Tukey, el material 21-2373 presentó el mayor largo de fruto con 8.28 cm, seguido de 21-2045 con 8.16 cm y 21-2206 con 7.92 cm. En comparación con los testigos comerciales Especial e Imperial presentaron los frutos más cortos, con 5.97 y 6.24 cm.

En la interacción materiales * corte, se observó el comportamiento de los materiales en cada corte. En el primer corte, 21-2045 presentó el mayor largo de fruto con 6.51

cm, mientras que Raider mostró el menor con 5.39 cm. En el segundo corte, 21-2373 alcanzó el mayor valor con 9.04 cm, mientras que Especial presentó el menor con 5.61 cm. En el tercer corte, 21-2045 volvió a sobresalir con 9.21 cm, mientras que Especial tuvo el menor largo con 6.13 cm (Figura 5). Estos resultados encontrados son similares a los reportados por Marcia y Portillo (2009), quienes encontraron longitudes promedio cercanas a 6.8 cm en híbridos comerciales de chile jalapeño.

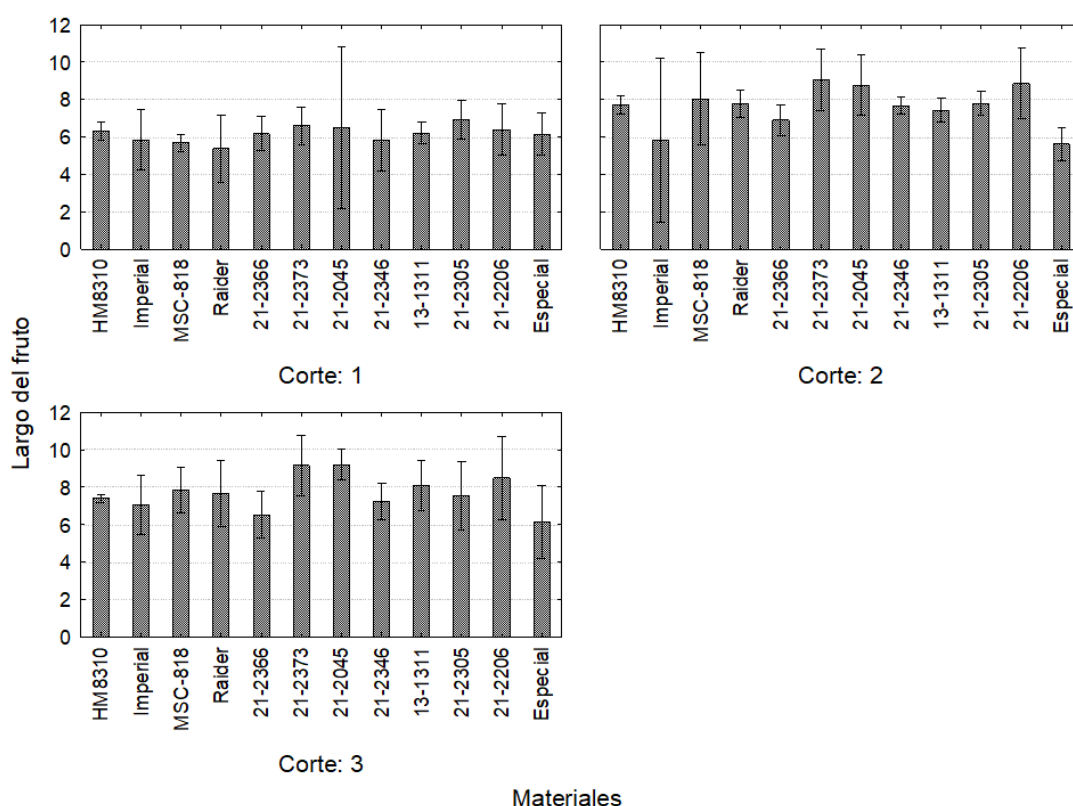


Figura 5. Largo de fruto de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.

4.5.2 Ancho de fruto

El análisis de varianza realizado para la variable ancho de fruto mostro diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.01$) entre repeticiones y corte, mientras que

para materiales tiene diferencias significativas ($P \leq 0.05$), pero no hubo diferencias significativas para la interacción materiales*corte, el coeficiente de variación fue de 10.70%.

En la comparación de medias, el material 21-2045 presentó el mayor ancho de fruto con 2.93 cm, seguido del híbrido comercial MSC-818 con 2.71 cm. Por lo tanto, los materiales Raider, 21-2373 y 13-1311 mostraron los menores anchos de fruto, con valores entre 2.43 y 2.47 cm.

En el corte, los frutos anchos del primer corte presentaron un menor ancho promedio (2.12 cm) en comparación con el segundo (2.84 cm) y el tercer corte (2.81 cm). De manera descriptiva, 21-2045 presentó los valores más altos en los tres cortes, con 2.31, 3.34 y 3.13 cm, respectivamente.

En la interacción materiales * corte no fue significativa en el análisis de varianza, de manera descriptiva se observó que el material 21-2045 presentó los valores más altos en los tres cortes, con 2.31 cm en el primero, 3.34 cm en el segundo y 3.13 cm en el tercero. Por lo tanto, el material Raider mostró uno de los valores más bajos en el primer corte con 1.73 cm, mientras que Imperial presentó 2.46 cm en el segundo corte y Especial 2.56 cm en el tercero (Figura 6). Estos resultados permiten observar la tendencia del comportamiento de los materiales en cada corte, aunque estadísticamente la interacción no fue significativa. Estos resultados coinciden con lo reportado por Moctezuma (2019), quien señala que los frutos típicos de chile jalapeño presentan un ancho de entre 2.5 y 3.5 cm, intervalo en el cual se ubicaron la mayoría de los materiales evaluados en este estudio.

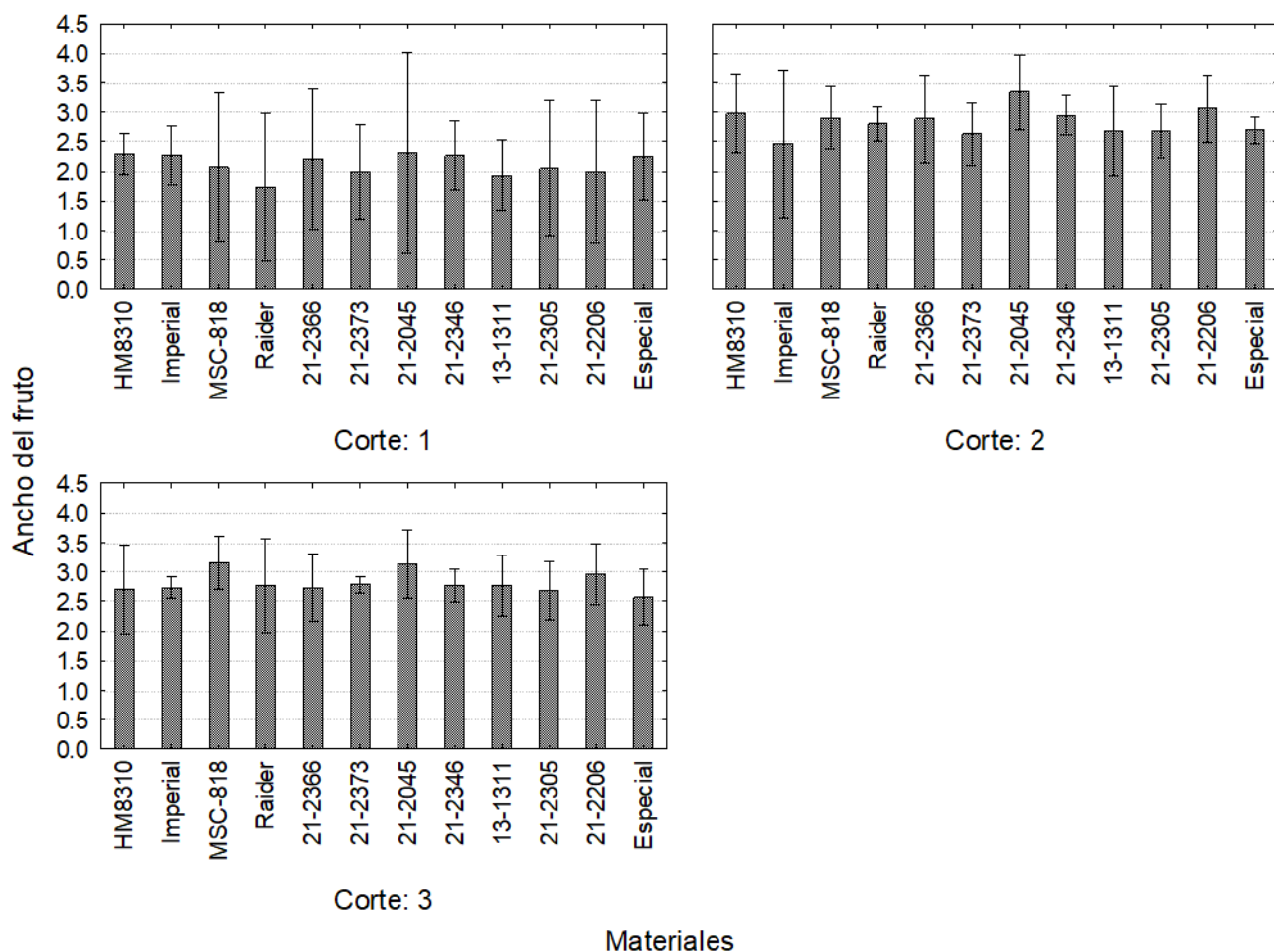


Figura 6. Ancho del fruto de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.

4.5.3 Grosor de cáscara

El análisis de varianza para la variable grosor de cáscara, mostro diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.01$) entre materiales, pero no hubo diferencias significativas en la interacción entre materiales*cortes, repetición y cortes, el coeficiente de variación de 14.40%.

En la comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$), los materiales experimentales 21-2045 y 21-2373 presentaron los mayores valores de grosor de cáscara, con 4.20 y 4.15 mm. Sin embargo, Especial presento los menores valores con 3.28 mm.

En la interacción materiales * corte no fue significativa, de manera descriptiva se observó que en el primer corte el material 21-2373 presentó 4.32 mm, mientras que Especial tuvo 3.38 mm. En el segundo corte, 21-2045 registró 4.07 mm, mientras que Especial presentó 2.96 mm. En el tercer corte, MSC-818 mostró el mayor valor con 4.54 mm, mientras que Raider tuvo 3.33 mm (Figura 7). El grosor de cáscara de chile es una característica importante, ya que puede relacionarse con la firmeza del fruto y su comportamiento durante el manejo y la conservación poscosecha (Tóth *et al.*, 2025).

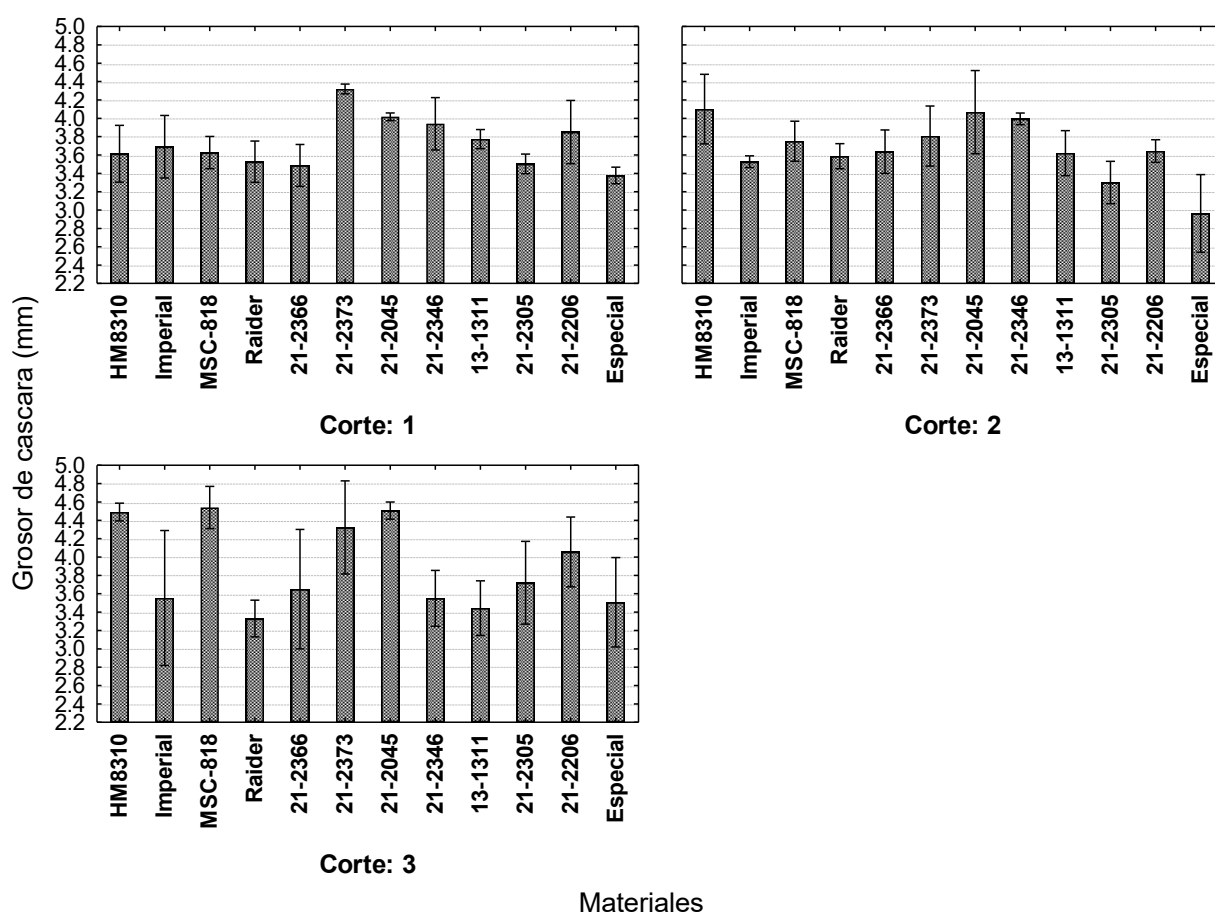


Figura 7. Grosor de cáscara de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.

4.5.4 Número de lóculos

El análisis de varianza realizado para la variable número de lóculos mostró diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.01$) para materiales, la interacción

material*corte, repetición y corte no tuvieron diferencias significativas, el coeficiente de variación fue de 16.33%.

En la comparación de medias, el material 21-2206 presentó el mayor número de lóculos con 3.33. Sin embargo, el material Imperial mostró el menor valor con 2.22. Esto sugiere que existió variabilidad entre materiales para esta característica.

Cuadro 3. Análisis de varianza (cuadrados medios) de las variables: largo de fruto, ancho de fruto, grosor de cáscara y número de lóculos de materiales comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.

FV	GL	LF	AF	GRCAS	NL
Rep	2	2.69 *	0.64 **	0.45	0.18 ns
Materiales	11	4.64 **	0.19 *	0.77 **	0.76 **
Corte	2	26.79 **	6.06 **	0.48	0.45 ns
Materiales*Corte	22	1.06 **	0.08	0.20	0.24 ns
Error	70	0.38	0.08	0.29	0.20
Total	107				
Maximo		9.80	3.56	5.03	4.00
Media		7.17	2.59	3.76	2.77
Mínimo		4.02	1.20	2.20	2.00
CV%		8.59%	10.70%	14.40%	16.33%

FV: Fuente de variación; **GL:** Grados de libertad; **LF:** Largo de fruto; **AF:** Ancho de fruto; **GRCAS:** Grosor de cascara; **NL:** Número de lóculos; **CV=** Coeficiente de Variación; *, **= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente.

4.6 Variables de pungencia

4.6.1 Pungencia, capsaicina y Scoville

El análisis de varianza realizado para las variables pungencia, capsaicina y Scoville mostró que únicamente la pungencia presentó diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre corte. Para capsaicina y Scoville no se detectaron diferencias significativas entre repeticiones, materiales, cortes ni en la interacción materiales * corte. Los coeficientes de variación fueron de 18.57% para pungencia y 26.18% para capsaicina y Scoville.

En la comparación de medias, no se observaron diferencias significativas entre materiales para pungencia, ya que todos quedaron dentro del mismo grupo estadístico. Sin embargo, de manera descriptiva, MSC-818, HM8310, 21-2305 y 21-2206 mostraron valores relativamente altos de pungencia, mientras que 21-2045, Imperial y 21-2346 presentaron valores más bajos.

En capsaicina y Scoville no se detectaron diferencias significativas, pero de manera descriptiva, el material HM8310 presentó los valores promedio más altos de capsaicina (0.35 mg g^{-1}) y Scoville (5608.89 SHU), mientras que 21-2346 mostró de los valores más bajos, con 0.23 mg g^{-1} de capsaicina y 3614.22 SHU.

En el corte, la pungencia promedio fue mayor en el primer corte (5.42) y en el segundo (5.03), mientras que disminuyó en el tercer corte (3.78). Estos resultados concuerdan con Morales-Fernández *et al.* (2020), quienes señalaron que el contenido de capsaicinoides puede variar de acuerdo con la etapa de desarrollo y el momento de cosecha del fruto.

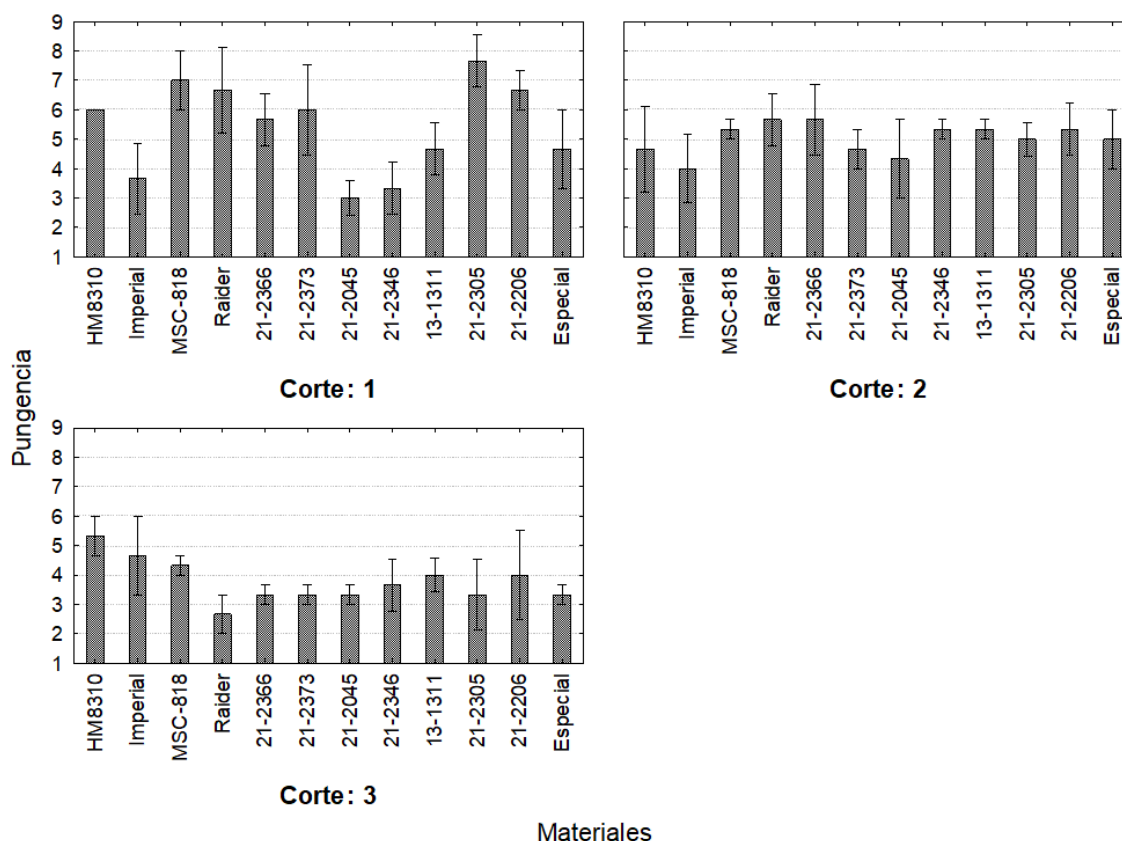


Figura 8. Pungencia de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.

En la interacción materiales * corte no presentó diferencias significativas para capsaicina y Scoville, de manera descriptiva se observó variación entre materiales en los diferentes cortes. En el primer corte, el material Raider presentó el mayor contenido de capsaicina y Scoville con 0.408 mg g^{-1} , 6,528.00 SHU, mientras que 21-2346 mostró los valores más bajos, con 0.169 mg g^{-1} de capsaicina y Scoville 2,714.67 SHU. En el segundo corte, el material 21-2366 registró el mayor contenido de capsaicina con 0.411 mg g^{-1} , también el valor más alto de Scoville con 6581.33 SHU; sin embargo, Imperial presentó uno de los valores más bajos, con 0.238 mg g^{-1} de capsaicina y Scoville 3,808.00 SHU. En el tercer corte, el material HM8310 mostró el mayor contenido de capsaicina con 0.391 mg g^{-1} y el mayor valor de Scoville con 6,250.67 SHU, mientras que 21-2373 cuenta con los valores más bajos,

con 0.132 mg g⁻¹ de capsaicina y Scoville 2,106.67 SHU. Estos resultados muestran una tendencia semejante entre el contenido de capsaicina y las unidades Scoville, ya que los materiales con mayor concentración de capsaicina también tendieron a presentar mayor nivel de picor.

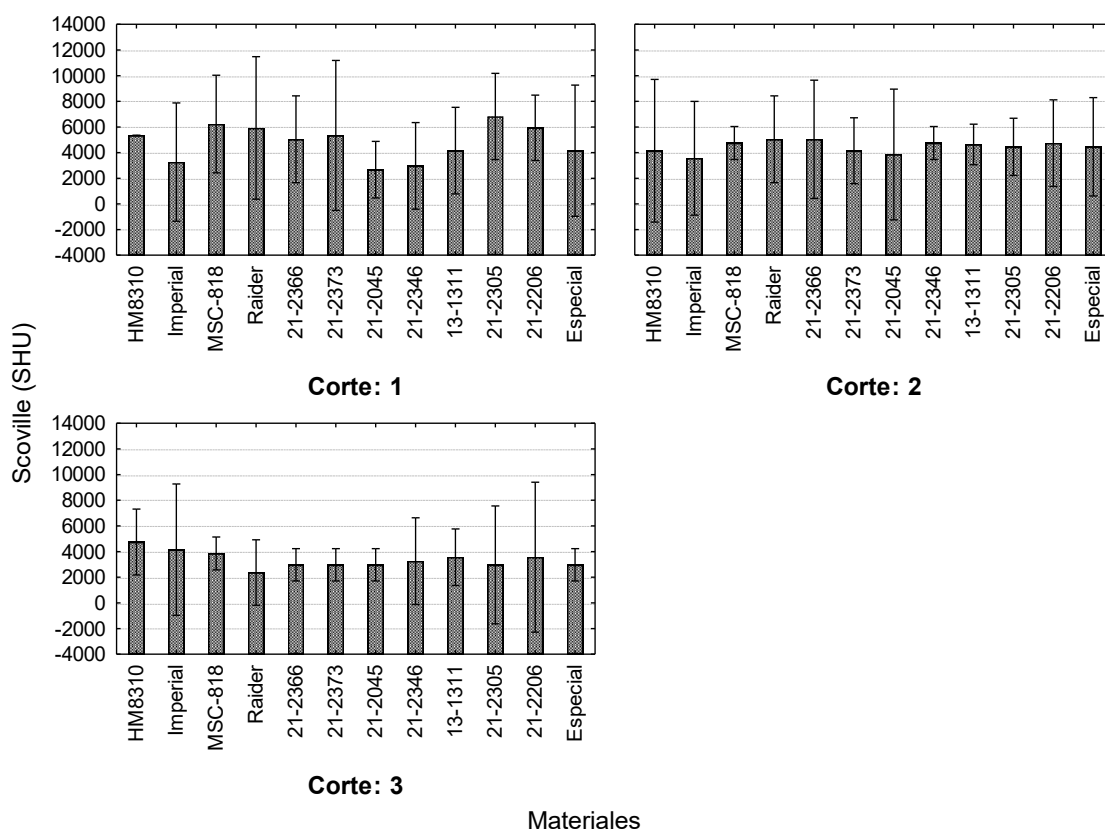


Figura 9. Escala Scoville de la interacción entre materiales*corte, de los 12 híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.

Cuadro 4. Análisis de varianza (cuadrados medios) de las variables: pungencia, capsaicina y escala Scoville de materiales comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.

FV	GL	PUN	CAP	SCO
Rep	2	0.84 ns	0.01 ns	1664002.00 ns
Materiales	11	3.42 ns	0.02 ns	5250314.00 ns
Corte	2	26.40 **	0.03 ns	7992991.00 ns
Materiales*Corte	22	3.01 ns	0.01 ns	3463875.00 ns
Error	70	2.63	0.02	4465042.00
Total	107			
Maximo		9.00	0.60	9600.00

Media	4.74	0.29	4593.93
Mínimo	1.00	0.03	480.00
CV%	18.57%	26.18%	26.18%

FV: Fuente de variación; **GL:** Grados de libertad; **PUN:** Pungencia; **CAP:** Capsaicina; **SCO:** Escala scoville; **CV=** Coeficiente de Variación; *, **= Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente.

4.7 Correlaciones de Pearson

Las correlaciones de Pearson ($P \leq 0.05$), para las once variables evaluadas. Se observaron correlaciones positivas entre peso total y número de frutos ($r = 0.78$), peso total y peso promedio del fruto ($r = 0.63$), rendimiento y número de frutos ($r = 0.78$), peso promedio del fruto y largo del fruto ($r = 0.77$), así como entre peso promedio del fruto y grosor de cáscara ($r = 0.88$). Estos resultados indican que los materiales con frutos más pesados y de mayor tamaño tendieron a presentar mejor comportamiento productivo.

En las variables relacionadas el picor se observaron correlaciones positivas entre pungencia, capsaicina y Scoville, estas variables están relacionadas con el nivel de picor del fruto. Por lo tanto, el número de frutos mostró una correlación negativa con capsaicina y Scoville ($r = -0.67$), lo que indica los resultados obtenidos que los materiales con mayor cantidad de frutos tendieron a mostrar menor intensidad de picor.

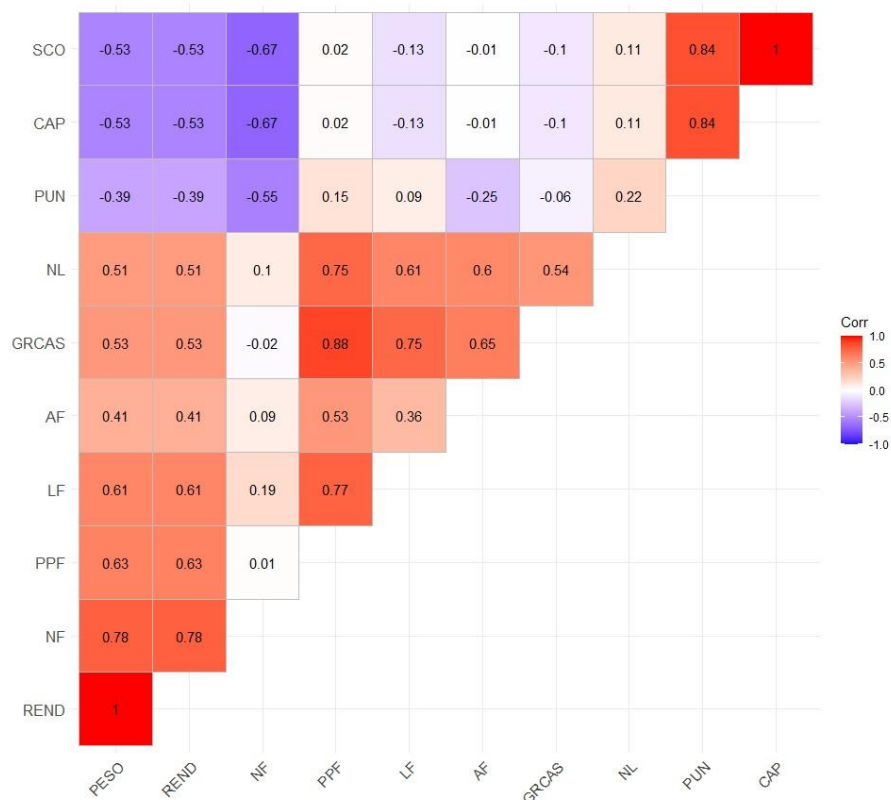


Figura 10. Matriz de correlación de variables del rendimiento, pungencia y peso promedio del fruto.

Números en color rojo y naranja nivel de significación de Pearson: $\ast = P \leq 0.05$; **REND t. ha-1**: Rendimiento toneladas por hectárea; **PESO**: Peso total; **NF**: Número de frutos por planta; **PPF**: Peso promedio del fruto; **LF**: Largo de fruto; **AF**: Ancho de fruto; **GRCAS**: Grosor de cascara; **NL**: Numero de lóculos; **PUN**: Pungencia; **CAP**: Capsaicina; **SCO**: Scoville.

4.8 Análisis de componentes principales

En el análisis de componentes principales se evaluaron once variables en doce materiales de chile jalapeño. Los dos primeros componentes principales explicaron el **78.47% de la varianza total (Cuadro 5)**, por lo que se consideran suficientes para interpretar la mayor parte de la variación presente en los datos.

Cuadro 5: Análisis del total de la varianza de 12 materiales comerciales y experimentales de chile jalapeño para cada componente principal.

CP	Eigenvalue	% Varianza total	Eigenvalue acumulado	Acumulado %
1	5.252599	47.75090	5.252599	47.75090
2	3.379249	30.72044	8.631848	78.47135

CP: Componente principal

El componente principal 1 (CP1) explicó el 47.75% de la varianza total y está asociado principalmente con peso total, rendimiento, peso promedio del fruto, largo de fruto y grosor de cáscara, con valores positivos. Esto indica que este componente representa principalmente variables relacionadas con el rendimiento y el tamaño del fruto (Cuadro 6).

El componente principal 2 (CP2) explicó el 30.72% de la varianza total y está determinado principalmente por pungencia, capsaicina y Scoville, con valores negativos. Por lo tanto, este componente está más relacionado con las variables de picor del fruto (Cuadro 6).

Cuadro 6. Contribución relativa de las variables analizadas en dos componentes principales de 12 materiales comerciales y experimentales de chile jalapeño en campo abierto.

Variable	CP1	CP2
PESO	0.95	0.07
REND	0.95	0.07
NF	0.64	0.56
PPF	0.71	-0.64
LF	0.71	-0.45
AF	0.57	-0.38
GRCAS	0.70	-0.52
NL	0.58	-0.61
PUN	-0.46	-0.74
CAP	-0.59	-0.75
SCO	-0.59	-0.75
EXPL.VAR	5.252599	3.379249

PRP.TOTL

0.477509

0.307204

CP: Componente principal; **REND t. ha-1:** Rendimiento toneladas por hectárea; **PESO:** Peso total; **NF:** Número de frutos por planta; **PPF:** Peso promedio del fruto; **LF:** Largo de fruto; **AF:** Ancho de fruto; **GRCAS:** Grosor de cáscara; **NL:** Numero de lóculos; **PUN:** Pungencia; **CAP:** Capsaicina; **SCO:** Scoville.

En el biplot que se representa en la Figura 11, se observó que los materiales 21-2346 y 21-2045 se ubicaron en la zona asociada con rendimiento, peso total y número de frutos, lo cual indica que destacaron por su comportamiento productivo. Por lo tanto, el material 21-2206 se ubicó en la región relacionada con ancho de fruto, largo de fruto, grosor de cáscara, número de lóculos y peso promedio del fruto, lo que indica que presentó características favorables de tamaño y estructura del fruto. Posteriormente, los materiales HM8310 y MSC-818 se ubicaron cercanos a las variables pungencia, capsaicina y Scoville, por lo que sobresalieron por su mayor intensidad de picor.

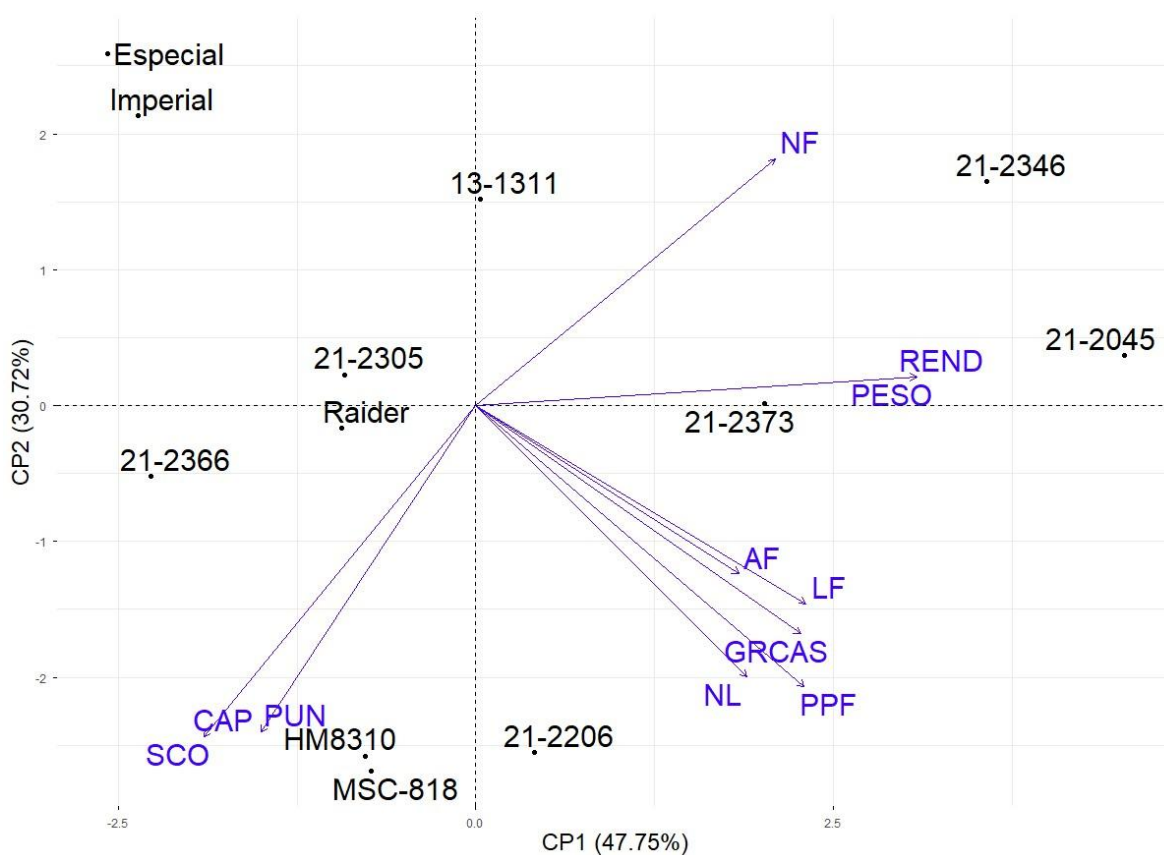


Figura 11. Análisis de componentes principales de los materiales comerciales y experimentales en características de rendimiento y pungencia en chile jalapeño en condiciones de campo abierto.

REND t. ha-1: Rendimiento toneladas por hectárea; **PESO:** Peso total; **NF:** Número de frutos por planta; **PPF:** Peso promedio del fruto; **LF:** Largo de fruto; **AF:** Ancho de fruto; **GRCAS:** Grosor de cáscara; **NL:** Numero de lóculos; **PUN:** Pungencia; **CAP:** Capsaicina; **SCO:** Scoville.

V. CONCLUSIÓN

Evaluación agronómica, morfológica y de pungencia de los 12 materiales híbridos comerciales y experimentales de chile jalapeño en condiciones de campo abierto, al evaluar encontramos diferencias importantes en variables de rendimiento, características del fruto y pungencia. El material 21-2346 destacó por presentar el mayor rendimiento por hectárea, mayor peso total y mayor número de frutos por planta, por lo que puede considerarse uno de los materiales con mejor comportamiento. Por lo tanto, el material 21-2045 también mostró resultados positivos, en ancho de fruto y en el comportamiento de algunas variables relacionadas con el rendimiento durante los cortes.

En las variables morfológicas del fruto, el material 21-2373 sobresalió por su mayor largo de fruto, mientras que 21-2206 presentó valores altos en número de lóculos y características relacionadas con el tamaño del fruto. En cuanto al grosor de cáscara, los materiales 21-2045 y 21-2373 mostraron los valores más altos, lo cual puede ser importante por su relación con la firmeza y la calidad del fruto.

En las variables de pungencia, aunque en general no se encontraron diferencias significativas entre materiales, de manera descriptiva los materiales HM8310 y MSC-818 presentaron mayores valores de capsaicina y unidades Scoville, lo que indica un mayor nivel de picor. Además, el análisis de componentes principales permitió identificar que algunas variables estuvieron más asociadas al rendimiento y otras a la pungencia, lo que facilitó diferenciar materiales con distinto potencial agronómico y de calidad.

Los resultados indican que existen materiales experimentales con características sobresalientes de interés para su uso en programas de mejoramiento y selección para su posible aprovechamiento en la producción e industria del chile jalapeño.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguilar Aguilar, P. A., Velásquez Arroyo, C. E., Dominguez Pulgarín, C., Latorre Gonzalez, M. Á., & Mira Herrera, R. H. (2022). *Manejo agronómico: Selección de semilla y variedades*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.infografia.2022.37>.
- Aguilar-Rincón, V. H., Corona Torres, T., López López, P., Latournerie Moreno, L., Ramírez Meraz, M., Villalón Mendoza, H., & Aguilar Castillo, J. A. (2010). *Los chiles de México y su distribución*. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT Conkal, UANL, UAN.
- Agroinsumos El Field S. de R.L. de C.V. (s. f.). Chile jalapeño híbrido Leopard US Agriseeds. <https://www.elfield.com.mx/tienda/producto/chile-jalapeno-hibrido-leopard-us-agriseeds> (Consulta 23 de Marzo, 2026).
- Al Othman, Z. A., Ahmed, Y. B., Habila, M. A., & Ghafar, A. A. (2011). Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in *Capsicum* fruit samples using high performance liquid chromatography. *Molecules*, 16(10), 8919-8929. <https://doi.org/10.3390/molecules16108919>
- AOAC International. (1995). Official Method 995.03: Capsaicinoids in capsicums and their extractives—Liquid chromatographic method. En *Official methods of analysis of AOAC International*. AOAC International.
- Azcarate, C., & Barringer, S. A. (s. f.). *Effect of enzyme activity and frozen storage*. [Referencia incompleta en origen].
- Basulto, F. S., & Pérez, R. D. G. (2023). Características de calidad de fruto de chile jalapeño que se solicitan a productores y comercializadores en el Sur de Quintana Roo, México. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 6(3), 2179-2190.
- Caloro Seed. (2026). Ficha técnica: Chile jalapeño Goliat. <http://caloroseed.com/wp-content/uploads/2022/08/FICHA-TECNICA-CHILE-JALAPENO-GOLIAT.pdf> (Consulta 23 de Marzo, 2026)
- Casas, A., Torres, I., Parra, F., & Torres, J. (2019). Centros de origen y diversificación de plantas cultivadas en América. En J. J. Torres-Guevara, F. A. Parra-Rondinel, A. Casas, & A. Cruz-Soriano (Eds.), *De los cultivos nativos y el cambio del clima. Hallazgos (Huánuco y Apurímac)* (pp. 23–54). Universidad Nacional Autónoma de México.
- De Oliveira, C. P., de Siqueira Júnior, J. P., & da Silva, J. A. (2012). Bacteriocinas como alternativa na conservação de alimentos. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, 7(1), 2.
- Enza Zaden. (2026). *Forajido* EZ. <https://www.agrisolucion.com/soluciones/semillas/forajido-ez/> (Consulta 23 de Marzo, 2026)

- FAOSTAT. 2024. Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fontaine, A. (2003). La lata como utopía (Chile). *Nexos: Sociedad, Ciencia, Literatura*, 25(306), 60-63.
- Gabriel, J., Angulo, A., Velasco, J., & Guzmán, R. (2016). Adaptación de híbridos de tomate indeterminado [*Solanum lycopersicum* L. (Mill.)] bajo condiciones de invernadero. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 7(2), 47-65.
- Gabriel, K. R. (1971). The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58(3), 453–467. <https://doi.org/10.1093/biomet/58.3.453>
- García-Sánchez, A. N., Hernández-Juárez, A., López-López, H., Sierra-Gómez, U. A., & Delgado-Ortiz, J. C. (2023). Resistencia de Tres Variedades de Tomate a la Mosca Blanca de los Invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum*. *Southwestern Entomologist*, 48(1), 249-256.
- Gómez, R., Choubert, G., & Gobantes, I. (2001). Envasado de alimentos: Aspectos técnicos del envasado al vacío y bajo atmósfera protectora. *Alimentación, equipos y tecnología*, 20(1), 75-84.
- 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*, 61651.
- González-Zamora, A., Sierra-Campos, E., Pérez-Morales, R., Vázquez-Vázquez, C., Gallegos-Robles, M. A., López-Martínez, J. D., & García-Hernández, J. L. (2015). Measurement of capsaicinoids in chiltepin hot pepper: a comparison study between spectrophotometric method and high performance liquid chromatography analysis. *Journal of Chemistry*, 2015(1), 709150.
- Gutiérrez, B., Hernández, M., Gómez, J., Cameraz, A., Gómez, E., & Jiménez, J. (2013). *Elaboración de chiles jalapeños en escabeche* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de la Selva].
- Hernández Camacho, Y. E. (2019). Procesos que garantizan la inocuidad en la elaboración de alimentos enlatados. En C. Delgadillo Puga, M. Díaz Martínez & J. A. Ledesma Solano (Eds.), *El papel de los alimentos enlatados en la salud* (pp. 47–70). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández, E. Z., Rodríguez, L. F., González, L. R. G., & Martínez, I. G. (2009). Estudios preliminares de la fermentación de jugo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) empleando *Lactobacillus plantarum*. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria*, (8), 11.
- Hernández, S. A. M., & Fernández, G. D. (2007). *Chile*. Duncker & Humblot.
- HM. Clause. (2026). HM8310 Jalapeño. <https://ampa.hmclausefielddays.com/products/pepper/jalape-o/hm8310> (Consulta 23 de marzo 2026).

HM. Clause. (2026). *Camino Real*. <https://www.semillasmartinez.com/camino-real/> (Consulta 23 de marzo 2026).

Introducción a la Tecnología de Alimentos. (2004). México: Editorial Limusa S.A. De C.V.

ITIS. (2024). *Sistema Integrado de Información Taxonómica*. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=30491#null

Jolliffe, I. T. (2002). *Principal component analysis* (2.^a ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/b98835>

Kraft, K. H., Brown, C. H., Nabhan, G. P., Luedeling, E., Luna Ruiz, J. J., d'Eeckenbrugge, G. C., Hijmans, R. J., & 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. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308933111>

Leal, A. C. L., Corripio, G. R., Rodríguez, M. D., & Vélez-Ruiz, J. F. (2017). Chiles en escabeche. *ReCiTeIA*.

López, A., & Sánchez, M. (2003). El arreglo topológico y su efecto en el crecimiento, desarrollo y producción del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(3), 123–131.

López-Ordaz, G., Orozco-Palma, C. L., Daza-Merino, M. J., Perea-Flores, M. J., Torres-Ventura, H. H., & Yáñez-Fernández, J. (2022). Producción de chile (*Capsicum* spp.) en México y sus beneficios medicinales y alimentarios. *Mexican Journal of Technology and Engineering*, 1(3), 12-16. <https://doi.org/10.61767/mjte.001.3.1116>

Lyu, C., Hendriks, A., Geary, L. N., Forde, C. G., & Stieger, M. (2022). Getting hot: Effect of chili pepper addition on sensory perception of liquid and solid foods. *Journal of Food Science*, 1–14. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16425>

Maksimova, V., Koleva Gudeva, L., Ruskovska, T., Gulaboski, R., & Cvetanovska, A. (2014). Antioxidative effect of *Capsicum* oleoresins compared with pure capsaicin. *IOSR Journal of Pharmacy*, 4(11), 44–48.

Mangaraj, S., & Goswami, T. K. (2009). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables for extending shelf-life-A review. *Fresh produce*, 3(1), 1-31.

Marcia, J. R., & Portillo, O. R. (2009). Evaluación de siete híbridos de chile jalapeño (*Capsicum annuum*). En Informe técnico 2009, Programa de Hortalizas (pp. 107–119). Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), La Lima, Cortés, Honduras.

Solagro Semillas. (2024). *Semilla de chile jalapeño Imperial Marseed*, <http://solagrosemillas.mex.tl/semilla-de-chile-jalapeno-imperial-marseed.html> (Consulta 23 de marzo 2026).

- Missouri Botanical Garden. (s. f.). *Capsicum annuum* 'Emerald Fire'. Plant Finder. <https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?basisc=%25emerald+fire&isprofile=1&taxonid=358292>
- Moctezuma, B. T. F. G. (2019). *Etnobotánica y caracterización morfológica del chile jalapeño criollo (Capsicum annuum var. annuum L.) en la región centro de Veracruz* [Tesis Doctoral, Universidad Veracruzana].
- Morales-Fernández, S. D., Moreno-Velázquez, D., Trinidad-De Jesús, S., Vázquez-Cruz, F., Ibáñez-Martínez, A., & Tobar-Reyes, J. R. (2020). Fenología y contenido de capsaicinoides en chile producidos en condiciones de invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(3), 663-675.
- NongWoo Bio. (2026). International catalogue. NongWoo Bio Co., Ltd. (Consulta el 25 de marzo 2026).
- Ortiz Talamantes, N., & Paredes Jácome, J. R. (2025). *Evaluación y selección de híbridos experimentales en tres subtipos de chile jalapeño (Capsicum annuum), basado en componente de rendimiento y calidad*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Raab, C. (2007). *Pickling vegetables*. Oregon State University Extension.
- Ramesh, M. (2007). Canning and Sterilization of Foods. En Rahman (Ed.), *Handbook of Food Preservation* (2.^a ed., pp. 585-623). CRC Press.
- García Rosas, M., Loeza, R. P., Vargas Magaña, J. J., Salas Castillo, J. M., Lastra del Rivero, C. A., & Corbalá-Bermejo, J. A. (2022). *Cultivo de chile jalapeño (Capsicum annuum L.) en tubos de recirculación acuapónica*. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 9(2), 82-92. <https://doi.org/10.5281/zenodo.655XXXX>.
- SIAP. (2024). *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*.
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H., & Dickey, D. A. (1997). *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach* (3.^a ed.). McGraw-Hill.
- Tóth, C., Pilik, G. G., Oláh, K. I., & Tóth, B. (2025). The effect of alternative nutrient supplements on histological traits and postharvest water loss in pepper fruit. *Horticulturae*, 11(9), 1113. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11091113>
- Urquía, H. O. L., & Orlando, H. (2010). *Desarrollo y evaluación de un chile jalapeño (Capsicum annuum) en salmuera y su diseño de planta*. Universidad Zamorano.
- Wilches, R. S. (2015). Tecnologías no térmicas en el procesado y conservación de alimentos vegetales. *Revista colombiana de investigaciones agroindustriales*, 2(1), 73-82.
- Yüksel Seeds. (2026). Sezar. de <https://www.yukselseeds.mx/mx/productos-globales/sezar> (Consulta 23 de marzo 2026).

APÉNDICE

Cuadro 8. Comparación de medias entre híbridos comerciales y experimentales, cortes e interacción híbridos*cortes en chile jalapeño para las variables: peso, rendimiento, numero de frutos, peso promedio del fruto.

Materiales		PESO		REND		NF		PPF	
Raider		0.99	ab	20.71	ab	33.67	a	27.94	a-d
MSC-818		0.83	ab	17.20	ab	23.89	a	31.78	a
Imperial		0.57	b	11.84	b	28.11	a	20.75	de
HM8310		0.83	ab	17.34	ab	26.00	a	30.52	ab
Especial		0.60	b	12.44	b	36.00	a	16.88	e
21-2373		1.21	ab	25.22	ab	35.89	a	32.71	a
21-2366		0.68	ab	14.23	ab	30.00	a	22.56	c-e
21-2346		1.63	a	33.88	a	55.11	a	30.32	a-c
21-2305		1.02	ab	21.31	ab	45.78	a	22.41	de
21-2206		0.91	ab	19.02	ab	29.00	a	31.10	ab
21-2045		1.48	ab	30.81	ab	46.00	a	31.90	a
13-1311		0.93	ab	19.30	ab	39.78	a	23.46	b-e
Corte		PESO		REND		NF		PPF	
1		0.61	b	12.78	b	21.75	c	28.52	a
2		1.00	a	20.74	a	36.92	b	26.08	a
3		1.31	a	27.31	a	48.64	a	25.98	a
Materiales	Corte	PESO		REND		NF		PPF	
13-1311	1	0.57	ab	11.92	ab	22.00	ab	26.17	a-d
13-1311	2	0.92	ab	19.24	ab	38.33	ab	22.10	a-d
13-1311	3	1.28	ab	26.74	ab	59.00	ab	22.13	a-d
21-2045	1	0.77	ab	16.12	ab	22.00	ab	35.76	a
21-2045	2	1.77	ab	36.92	ab	51.33	ab	33.89	ab
21-2045	3	1.89	ab	39.37	ab	64.67	ab	26.05	a-d
21-2206	1	0.63	ab	13.12	ab	22.00	ab	28.11	a-d
21-2206	2	0.86	ab	17.81	ab	25.00	ab	33.90	ab
21-2206	3	1.25	ab	26.11	ab	40.00	ab	31.29	a-d
21-2305	1	0.52	ab	10.87	ab	24.00	ab	21.87	a-d
21-2305	2	1.09	ab	22.78	ab	47.67	ab	22.92	a-d
21-2305	3	1.45	ab	30.28	ab	65.67	ab	22.45	a-d
21-2346	1	0.71	ab	14.83	ab	22.00	ab	32.75	a-c
21-2346	2	1.58	ab	32.86	ab	63.67	ab	25.80	a-d
21-2346	3	2.59	a	53.96	a	79.67	a	32.42	a-c
21-2366	1	0.59	ab	12.37	ab	22.00	ab	26.67	a-d
21-2366	2	0.50	ab	10.51	ab	24.00	ab	20.11	a-d
21-2366	3	0.95	ab	19.79	ab	44.00	ab	20.92	a-d
21-2373	1	0.78	ab	16.33	ab	22.33	ab	35.28	a

21-2373	2	1.30	ab	27.12	ab	40.33	ab	29.39	a-d
21-2373	3	1.55	ab	32.22	ab	45.00	ab	33.46	ab
Especial	1	0.49	ab	10.17	ab	26.00	ab	18.65	b-d
Especial	2	0.61	ab	12.65	ab	35.33	ab	16.89	cd
Especial	3	0.70	ab	14.51	ab	46.67	ab	15.11	d
HM8310	1	0.67	ab	13.87	ab	22.00	ab	30.22	a-d
HM8310	2	1.18	ab	24.53	ab	34.67	ab	32.95	abc
HM8310	3	0.65	ab	13.61	ab	21.33	ab	28.40	a-d
Imperial	1	0.52	ab	10.75	ab	20.00	ab	26.50	a-d
Imperial	2	0.40	b	8.25	b	21.67	ab	17.23	cd
Imperial	3	0.79	ab	16.53	ab	42.67	ab	18.52	b-d
MSC-818	1	0.60	ab	12.46	ab	18.67	ab	32.17	a-c
MSC-818	2	0.46	b	9.64	b	12.33	b	30.82	a-d
MSC-818	3	1.42	ab	29.51	ab	40.67	ab	32.35	a-c
Raider	1	0.50	ab	10.50	ab	18.00	ab	28.08	a-d
Raider	2	1.28	ab	26.58	ab	48.67	ab	27.02	a-d
Raider	3	1.20	ab	25.03	ab	34.33	ab	28.72	a-d

Peso, g; **Peso**; **REND**, ha⁻¹: Rendimiento toneladas por hectárea; **NF**: Numero de frutos; **PPF**, g: Peso promedio del fruto.

Cuadro 9. Comparación de medias para híbridos comerciales y experimentales, cortes e interacción híbridos*cortes en chile jalapeño para las variables; largo de fruto, ancho de fruto, grosor de cáscara, número de lóculos.

Materiales	LARGO		ANCHO		GRCAS		NL	
Raider	6.94	c-e	2.44	b	3.48	ab	2.78	a-c
MSC-818	7.20	b-e	2.71	ab	3.97	ab	2.89	a-c
Imperial	6.24	e	2.49	ab	3.59	ab	2.22	c
HM8310	7.14	c-e	2.66	ab	4.07	ab	2.89	a-c
Especial	5.97		2.51	ab	3.28	b	2.44	bc
21-2373	8.28	a	2.47	b	4.15	a	2.67	a-c
21-2366	6.54	de	2.61	ab	3.59	ab	2.67	a-c
21-2346	6.92	d-f	2.66	ab	3.83	ab	3.00	ab
21-2305	7.43	a-f	2.47	b	3.51	ab	2.56	bc
21-2206	7.92	a-f	2.68	ab	3.85	ab	3.33	a
21-2045	8.16	a-f	2.93	a	4.20	a	3.00	ab
13-1311	7.25	b-f	2.46	b	3.61	ab	2.78	a-c
Corte	LARGO		ANCHO		GRCAS		NL	
1	6.17	b	2.12	b	3.73	a	2.89	a
2	7.62	a	2.84	a	3.67	a	2.75	a
3	7.71	a	2.81	a	3.89	a	2.67	a

Materiales	Corte	LARGO		ANCHO		GRCAS		NL	
13-1311	1	6.22	e-h	1.93	gh	3.77	a	2.67	ab
13-1311	2	7.44	a-i	2.68	a-g	3.62	a	2.67	ab
13-1311	3	8.10	a-e	2.77	a-g	3.44	a	3.00	ab
21-2045	1	6.51	d-h	2.31	b-h	4.02	a	3.00	ab
21-2045	2	8.77	a-i	3.34	a	4.07	a	3.33	ab
21-2045	3	9.22	a	3.13	ab	4.51	a	2.67	ab
21-2206	1	6.39	e-h	1.99	f-h	3.85	a	3.67	a
21-2206	2	8.86	a-i	3.07	a-c	3.64	a	3.33	ab
21-2206	3	8.50	a-d	2.97	a-d	4.06	a	3.00	ab
21-2305	1	6.93	c-h	2.05	e-h	3.50	a	3.00	ab
21-2305	2	7.80	a-i	2.68	a-g	3.30	a	2.00	b
21-2305	3	7.57	a-h	2.68	a-g	3.72	a	2.67	ab
21-2346	1	5.83	f-i	2.27	b-h	3.94	a	3.00	ab
21-2346	2	7.68	a-i	2.95	a-e	3.99	a	3.00	ab
21-2346	3	7.25	a-i	2.77	a-g	3.55	a	3.00	ab
21-2366	1	6.18	e-i	2.21	c-h	3.49	a	3.00	ab
21-2366	2	6.91	c-i	2.89	a-f	3.64	a	2.67	ab
21-2366	3	6.53	d-h	2.73	a-g	3.65	a	2.33	ab
21-2373	1	6.61	d-h	1.99	f-h	4.32	a	2.33	ab
21-2373	2	9.05	a-i	2.63	a-h	3.81	a	2.67	ab
21-2373	3	9.17	ai	2.78	a-g	4.32	a	3.00	ab
Especial	1	6.15	e-i	2.26	b-h	3.38	a	2.67	ab
Especial	2	5.61	hi	2.70	a-g	2.96	a	2.33	ab
Especial	3	6.13	e-h	2.57	a-h	3.51	a	2.33	ab
HM8310	1	6.31	e-h	2.30	b-h	3.61	a	3.00	ab
HM8310	2	7.71	a-i	2.98	a-d	4.10	a	2.67	ab
HM8310	3	7.41	a-i	2.71	a-g	4.49	a	3.00	ab
Imperial	1	5.84	f-i	2.27	b-h	3.69	a	2.33	ab
Imperial	2	5.81	f-i	2.47	a-h	3.53	a	2.33	ab
Imperial	3	7.07	b-h	2.73	a-g	3.55	a	2.00	b
MSC-818	1	5.69	gh	2.07	d-h	3.63	a	3.00	ab
MSC-818	2	8.04	a-i	2.91	a-e	3.75	a	3.00	ab
MSC-818	3	7.87	a-e	3.15	ab	4.54	a	2.67	ab
Raider	1	5.39		1.73	h	3.53	a	3.00	ab
Raider	2	7.78	a-f	2.81	a-g	3.59	a	3.00	ab
Raider	3	7.67	a-g	2.77	a-g	3.33	a	2.33	ab

LF, cm: Largo de fruto; **AF**, cm: Ancho de fruto; **GRCAS**, mm: Grosor de cáscara; **NL**: Número de lóculos.

Cuadro 10. Comparación de medias para híbridos comerciales y experimentales, cortes e interacción híbridos*cortes en chile jalapeño para las variables; pungencia, capsaicina y Scoville.

Materiales		PUN		CAP		SCO	
Raider		5.00	a	0.31	ab	4986.67	ab
MSC-818		5.56	a	0.34	ab	5440.00	ab
Imperial		4.11	a	0.26	ab	4202.67	ab
HM8310		5.33	a	0.35	a	5608.89	a
Especial		4.33	a	0.26	ab	4222.22	ab
21-2373		4.67	a	0.24	ab	3889.78	ab
21-2366		4.89	a	0.34	ab	5452.44	ab
21-2346		4.11	a	0.23	b	3614.22	b
21-2305		5.33	a	0.32	ab	5130.67	ab
21-2206		5.33	a	0.32	ab	5107.56	ab
21-2045		3.56	a	0.23	ab	3669.33	ab
13-1311		4.67	a	0.24	ab	3802.67	ab
Corte		PUN		CAP		SCO	
1		5.42	a	0.31	a	4926.22	a
2		5.03	a	0.30	a	4800.89	a
3		3.78	b	0.25	a	4054.67	a
Materiales	Corte	PUN		CAP		SCO	
13-1311	1	4.67	a	0.22	a-d	3488.00	a-d
13-1311	2	5.33	a	0.32	a-d	5104.00	a-d
13-1311	3	4.00	a	0.18	b-d	2816.00	b-d
21-2045	1	3.00	a	0.22	a-d	3466.67	a-d
21-2045	2	4.33	a	0.26	a-d	4144.00	a-d
21-2045	3	3.33	a	0.21	a-d	3397.33	a-d
21-2206	1	6.67	a	0.38	a-c	6106.67	a-c
21-2206	2	5.33	a	0.31	a-d	5029.33	a-d
21-2206	3	4.00	a	0.26	a-d	4186.67	a-d
21-2305	1	7.67	a	0.40	a	6394.67	a
21-2305	2	5.00	a	0.31	a-d	4954.67	a-d
21-2305	3	3.33	a	0.25	a-d	4042.67	a-d
21-2346	1	3.33	a	0.17	cd	2714.67	cd
21-2346	2	5.33	a	0.29	a-d	4698.67	a-d
21-2346	3	3.67	a	0.21	a-d	3429.33	a-d
21-2366	1	5.67	a	0.37	a-c	5861.33	a-c
21-2366	2	5.67	a	0.41	a	6581.33	a
21-2366	3	3.33	a	0.24	a-d	3914.67	a-d
21-2373	1	6.00	a	0.33	a-d	5333.33	a-d
21-2373	2	4.67	a	0.26	a-d	4229.33	a-d
21-2373	3	3.33	a	0.13	d	2106.67	d

Especial	1	4.67	a	0.25	a-d	3989.33	a-d
Especial	2	5.00	a	0.28	a-d	4437.33	a-d
Especial	3	3.33	a	0.27	a-d	4240.00	a-d
HM8310	1	6.00	a	0.36	a-c	5824.00	a-c
HM8310	2	4.67	a	0.30	a-d	4752.00	a-d
HM8310	3	5.33	a	0.39	ab	6250.67	ab
Imperial	1	3.67	a	0.18	b-d	2922.67	b-d
Imperial	2	4.00	a	0.24	a-d	3808.00	a-d
Imperial	3	4.67	a	0.37	a-c	5877.33	a-c
MSC-818	1	7.00	a	0.41	a	6485.33	a
MSC-818	2	5.33	a	0.34	a-d	5456.00	a-d
MSC-818	3	4.33	a	0.27	a-d	4378.67	a-d
Raider	1	6.67	a	0.41	a	6528.00	a
Raider	2	5.67	a	0.28	a-d	4416.00	a-d
Raider	3	2.67	a	0.25	a-d	4016.00	a-d

PUN; Pungencia, **CAP**; Capsaicina; **SCO**; Escala Scoville