UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Crecimiento y Rendimiento de Seis Líneas de Chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en Invernadero en Saltillo, Coahuila

Por:

GUADALUPE HERNÁNDEZ SOLÍS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Febrero,2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Crecimiento y Rendimiento de Seis Líneas de Chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en Invernadero en Saltillo, Coahuila

Por:

GUADALUPE HERNÁNDEZ SOLÍS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Arturo Mancera

Dr. Arturo Mancera Rico
Asesor Principal

Dr. David Sánchez Aspeytia
Asesor Prihcipal Externo

Dra. Diana Jasso Cantú
Coasesor

M.C. Daniel Aldaco Gómez
Coasesor

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Febrero, 2026

Declaración de no plagio

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

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo, utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de 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

Guadalupe Hernández Solís

DEDICATORIAS

A DIOS:

Gracias por darme la fortaleza y la sabiduría para poder llegar hasta este momento, por guiarme en cada paso de mi formación académica y darme paciencia en los momentos difíciles y no permitirme nunca rendirme ante los obstáculos, gracias por las personas que pusiste en mi camino y por acompañarme en todo el proceso.

A mis Padres:

Gracias por estar siempre a mi lado, por su amor sin condiciones, por ser mi guía, mi apoyo y mi inspiración en cada etapa de mi vida.

Yolanda Solís Borges

Gracias por ser mi guía, mi apoyo, mi inspiración en cada etapa de mi vida, por tu amor incondicional y por creer en mi incluso cuando yo dudaba y por enseñarme con su ejemplo la importancia de la perseverancia, la responsabilidad y la dedicación.

Mamá este logro también es tuyo. Gracias por estar siempre a mi lado, por tu amor sin condiciones y por enseñarme que con esfuerzo y fe se pueden alcanzar los sueños.

Gustavo Hernández Hernández

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi papá, con quien me siento como dos gotas de agua. Gracias por su amor, apoyo incondicional y por enseñarme con su ejemplo la perseverancia, la diciplina y la pasión por lo que hago.

Papá, compartir tantas cosas contigo y sentirme tan conectada contigo hace que este logro sea nuestro. Gracias por estar siempre a mi lado y por ser una inspiración constante en mi vida.

A mi hermano:

Gustavo Hernández Solís

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi hermano, por su apoyo constante en este camino, gracias por estar siempre dispuesto a escucharme, aconsejarme y motivarme, incluso en los momentos más difíciles de este camino académico.

Su presencia ha sido un pilar de fortaleza y seguridad, y su ejemplo me ha inspirado a perseverar, esforzarme y nunca rendirme, siempre llevaré en mi corazón tu apoyo y tu compañía a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mi tía:

Hortensia Solís Borges

Quiero dedicar un agradecimiento muy especial a mi querida tía, quien fue como una segunda mamá para mí, aunque ya no está físicamente, su amor, cariño y apoyo dejaron una huella imborrable en mi vida.

Aunque no pudo ver todos mis logros, sentí su presencia en cada paso y su recuerdo fue un refugio que me dio fuerza en los momentos difíciles.

Siempre te llevaré conmigo.

Pbro. Samuel Juarez Matilde

Quiero agradecer al Padre Samuel quien ha sido para mí como un tío, brindándome consejos, su apoyo y compañía en los momentos difíciles.

Gracias por sus palabras de aliento, su disposición para escucharme y por nunca dejarme sola, su ejemplo de fe, dedicación y generosidad ha dejado huella profunda en mi vida, y este logro también refleja la confianza y el respaldo que siempre me brindo.

AGRADECIMINETOS

A mi **ALMA TERRA MATER**, Agradezco profundamente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme abierto sus puertas. Los conocimientos, valores y experiencias adquiridas durante mi formación fueron fundamentales para la realización de este trabajo y para mi desarrollo como profesionista, gracias por ser un pilar en mi crecimiento académico y personal, y por fomentar la excelencia, el esfuerzo y la responsabilidad profesional.

AL **Dr. David Sánchez Aspeytia** por bríndame su apoyo y su valiosa orientación y disposición durante el desarrollo de este trabajo y por compartir cada uno de sus conocimientos y experiencia, las cuales fueron pieza fundamental para la culminación de esta investigación y crecimiento académico.

Al **Dr. Arturo Mancera Rico** por su tiempo, paciencia y compromiso a lo largo de este proceso, sus conocimientos y consejos que contribuyeron de manera significativa a mi formación académica y profesional.

Al la **Dra. Diana Jasso Cantú** por su amistad y por guiarme como tutora en mi carrera universitaria

Al **M.C. Daniel Aldaco Gómez** por su tiempo y amistad a lo largo de este camino

A mi **Deporte** quiero expresar mi más sincero agradecimiento al deporte, que ha sido una fuente de inspiración y motivación, a través de él, aprendí el valor del esfuerzo, la disciplina, la perseverancia y el trabajo en equipo, agradezco a las personas que compartieron conmigo esta bonita disciplina durante mi carrera (Montserrat, Itzel y Fernanda), su amistad me dio motivación, alegría y fuerza para continuar, un agradecimiento especial a mis entrenadores, quienes han sido pilares fundamentales en mi desarrollo tanto dentro como fuera del campo. Gracias por su paciencia, guía, apoyo constante y por enseñarme a nunca rendirme.

Al **Ing. Nohemi Illescas Morales** por su amistad sincera, por su apoyo, compañía y consejos que han sido invaluables a lo largo de este camino, su presencia y respaldo han

contribuido significativamente a mi crecimiento personal y profesional, y me siento afortunada de contar con su amistad.

A mi amiga **Joselin Montalvo Dominguez** quien ha estado conmigo desde el día uno de la carrera, su compañía, apoyo y amistad incondicional hicieron cada logro aún más especial, Amiga tu presencia ha sido invaluable, y esta etapa en mi vida no habría sido la misma sin ti. Siempre llevaré en mi corazón todo lo que hemos vivido juntas durante estos años, gracias por escucharme cuando no encontraba las palabras, por animarme cuando dudaba de mí misma, y por compartir conmigo risas, secretos y sueños.

A mi mejor amiga **Ana María Chavez Mendoza** por tus palabras de aliento, por escucharme sin juzgar, por compartir risas, secretos y desvelos, y por estar siempre presente incluso en los días más complicados. Tu amistad ha sido un verdadero regalo que me ha dado fuerza, confianza y esperanza, y no podría haber llegado hasta aquí sin ti.

A mi amiga **Itzel Jiménez Desaida,** Gracias por ser tú, por tu amistad sincera y por enseñarme que, a veces, las personas más importantes en nuestra vida no solo nos acompañan, sino que nos ayudan a crecer y a creer en nosotros mismos. Siempre llevaré en mi corazón el tesoro de tu amistad.

A mis amigos **Christian, Manuel, Kevin, Rolando, Sonia, Karla, Neftali y Jesús** por su apoyo, compañía y palabras a lo largo de toda mi carrera, gracias por estar presentes y por compartir conmigo tanto los retos como las alegrías de esta etapa de mi vida.

A mis hermanas **Yuseli, Guadalupe, Vianney** que, aunque no compartimos la misma sangre, han sido parte fundamental de mi vida, su cariño, apoyo incondicional, gracias por siempre estar conmigo y por creer en mí.

A mi Roomie **María José Rodríguez** por su compañía durante esta última etapa, gracias por compartir risas, conversaciones por siempre ser de gran apoyo y por convertir la convivencia en una experiencia inolvidable.

A la Fam **Hernández y Solís** por su apoyo constante y presencia en mi vida me han dado la fuerza para superar cualquier obstáculo.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS 4

AGRADECIMINETOS 6

ÍNDICE DE CUADROS 10

ÍNDICE DE FIGURAS 11

1. INTRODUCCIÓN 13

2. JUSTIFICACIÓN 16

3. OBJETIVOS 16

3.1 Objetivo general 16

3.2 Objetivos específicos 16

4. HIPÓTESIS 17

5. REVISIÓN DE LITERATURA 18

5.1. Origen del chile habanero 18

5.2. Importancia e usos del chile habanero 18

5.3. Características botánicas 18

5.3.1. Tallo y raíz 18

5.3.2. Hojas 19

5.3.3. Flor y fruto 19

5.3.4. Semillas 19

5.4. Taxonomía 19

5.5. Producción del chile habanero en México 20

5.6. Intercambio comercial total de frutos del género capsicum o pimenta, frescos o refrigerados 21

5.7. Mejoramiento genético de chile habanero 21

5.8. Variedades más reconocidas de chile habanero 21

5.9. Factores que afectan el crecimiento y rendimiento 22

5.9.1. Manejo del clima y temperatura 22

5.9.2. Poda y conducción y calidad del fruto ... 23
5.9.3. Riego ... 23
5.10. Producción en invernadero ... 23
6. MATERIALES Y MÉTODOS ... 24
6.1. Localización de las áreas de estudio ... 24
6.2. Material genético ... 24
6.3. Labores Culturales ... 26
6.3.5. Fertilización ... 26
6.4. Plagas ... 28
6.5. Principales Enfermedades ... 28
6.6. Tratamientos ... 29
6.7. Diseño experimental ... 29
6.8. Variables evaluadas ... 30
6.8.1. Altura de planta ... 30
6.8.2. PPP: Peso promedio por planta, PPF: Peso promedio por fruto y NFPP: Número de frutos promedio por planta ... 30
6.9 Análisis estadístico ... 31
7. RESULTADOS ... 32
8. DISCUSIÓN ... 42
9. CONCLUSIÓN ... 45
10. LITERATURA CITADA ... 46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía del chile habanero 19
Cuadro 2. Material genético utilizado, líneas de chile habanero (*capsicum chinense* jacq.) 24
Cuadro 3. Formulación de la solución concentrada A de macronutrientes, utilizado en el cultivo de chile habanero 27
Cuadro 4. Formulaciones de la solución concentrada B de micronutrientes, utilizado en el cultivo de chile habanero. 27
Cuadro 5. Productos utilizados para controlar las plagas y su respectiva dosis. 28
Cuadro 6. Análisis de varianza para las variables de Variedad y Cosecha sobre la variable dependiente PPP, peso promedio por planta de frutos. 32
Cuadro 7. Análisis de varianza para las variables Variedad y Cosecha sobre la variable dependiente PPF, peso promedio por fruto. 34
Cuadro 8. Análisis de varianza para las variables Variedad y Cosecha sobre la variable dependiente NPFP, número promedio de frutos por planta. 36
Cuadro 9. Análisis de varianza para Altura. 38
Cuadro 10. Resultados de altura promedio por cada variedad y fecha de medición, según el análisis de comparación múltiple. 40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Líneas de chile habanero..... 25
Figura 2. Prueba de medias para la variable Peso promedio por planta de frutos (PPP), en diferentes variedades..... 33
Figura 3. Prueba de medias para la variable Peso promedio por planta de frutos (PPP), en diferentes cosechas..... 33
Figura 4. Prueba de medias para la variable peso promedio de fruto (PPF), en diferentes variedades..... 35
Figura 5. Prueba de medias para la variable peso promedio de fruto (PPF), en diferentes cosechas..... 35
Figura 6. Prueba de medias para la variable número promedio de frutos por planta (NPFP), en diferentes variedades..... 37
Figura 7. Prueba de medias para la variable número promedio de frutos por planta (NPFP), en diferentes cosechas..... 37
Figura 8. Prueba de medias para la variable altura en diferentes variedades..... 39
Figura 9. Prueba de medias para la variable altura en diferentes fechas..... 39
Figura 10. Comparación de medias para la interacción de los factores Variedad y Fecha (CoVaFe) sobre la altura de la planta..... 41

RESUMEN

El chile habanero es clave para la agricultura mexicana, especialmente en la Península de Yucatán, por su alto valor económico. El estudio evaluó el crecimiento y rendimiento de seis líneas de chile habanero en invernadero en Saltillo, Coahuila, para identificar las variedades más productivas y adaptables. Se evaluaron seis líneas (HRM1, HRM10, HRM6, HRM3, HRM2 y H-NEG) mediante un diseño experimental completamente al azar con dos factores. Las variables evaluadas fueron altura de planta, peso promedio por planta, número de frutos y peso promedio por fruto. Los resultados mostraron que las variedades HRM1, HRM10, HRM3 y HRM6 fueron las más productivas, destacándose especialmente en peso promedio por planta y número de frutos, mientras que la variedad H-NEG presentó los valores más bajos. En términos de calidad del fruto, la Cosecha C4 fue la más productiva en cuanto a peso, y la Cosecha C1 tuvo los frutos individualmente más pesados. En cuanto al crecimiento vegetativo, la variedad HRM6 mostró el mayor vigor, alcanzando alturas cercanas a los 72 cm hacia la última medición. Este comportamiento sugiere que algunas variedades aprovechan mejor el tiempo para su desarrollo, lo cual es crucial para optimizar la producción en sistemas de invernadero.

Este estudio contribuye a la selección de variedades de chile habanero más eficientes para su cultivo en invernadero, lo cual puede mejorar la productividad y adaptación de este cultivo a condiciones controladas, favoreciendo así la sostenibilidad y competitividad del sector agrícola en la región.

Palabras clave: habanero, líneas, comportamiento, condiciones controladas, rendimiento por cosecha, altura de planta, número de frutos.

1. INTRODUCCIÓN

El chile habanero proviene del sur de Brasil al norte de Argentina, incluyendo Bolivia y Paraguay. En México, el cultivo es clave en el sureste por su bajo costo y alta rentabilidad. El chile habanero es valioso económicamente y rico en nutrientes, fundamental para muchos platillos. El chile habanero es un arbusto que puede medir hasta 2,5 metros. Es verde en su estado inmaduro y se torna de naranja a rojo al madurar. Este chile se usa en industrias agroalimentaria, farmacéutica y química para hacer salsas, pomadas, pinturas y gases lacrimógenos.

El 80 % del chile habanero de México se cultiva en la península de Yucatán. Casi la mitad de la producción es de variedades criollas, y el resto se compone de polinización libre y algunos híbridos transnacionales. El INIFAP liberó la variedad Jaguar en 2009 para mejorar el rendimiento y la calidad del fruto en las principales zonas productoras del país.

La alta demanda del chile habanero enfrenta el desafío de seleccionar variedades con buen crecimiento y alto rendimiento en invernaderos. El invernadero controla temperatura y humedad, pero el comportamiento agronómico de las plantas puede variar entre líneas, afectando su crecimiento, arquitectura, manejo y productividad.

La producción de chile habanero es mayor en Otoño-Invierno (57%) que en Primavera-Verano (43%) (SIAP, 2015). No obstante, hay dificultades para optimizar su rendimiento en invernadero.

La adopción de variedades mejoradas puede aumentar rendimientos y calidad de frutos, esencial para satisfacer la demanda interna y externa. La escasez de estudios comparativos sobre variedades mejoradas en invernaderos impide a los productores tomar decisiones informadas, afectando la rentabilidad y sostenibilidad (Santana Buzzy et al., 2015).

Los orígenes del chile habanero se encuentran en la zona que abarca desde el sur de Brasil hasta el norte de Argentina, pasando por el este de Bolivia y el oeste de Paraguay

(Fideicomiso de Riesgo Compartido, 2017). En México, es un cultivo de gran importancia, especialmente en el sureste, debido a su bajo costo de producción y su alta rentabilidad en el mercado. Además de su valor económico, el chile habanero es una fuente rica en nutrientes y es esencial para el sabor de muchos platillos. El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es una planta arbustiva y ramificada que puede alcanzar hasta 2,5 metros de altura. En su estado inmaduro, su color es verde, y al madurar, adquiere tonalidades que van desde el naranja hasta el rojo. Este chile es ampliamente utilizado en diversas industrias, como la agroalimentaria, farmacéutica y química, gracias a sus componentes, los cuales se emplean en la fabricación de salsas, pomadas, bases para pinturas y hasta en la producción de gases lacrimógenos.

El cultivo de chile habanero se concentra principalmente en la península de Yucatán, donde se produce cerca del 80 % del total nacional. Aproximadamente la mitad de esta producción corresponde a variedades criollas, mientras que el resto se establece con materiales de polinización libre y, en menor proporción, con híbridos desarrollados por empresas transnacionales. Como alternativa para mejorar el rendimiento y la calidad del fruto, el INIFAP liberó en 2009 la variedad Jaguar, la cual está dirigida a las principales zonas productoras del país (Ramírez et al., 2018).

A pesar de la alta demanda y rentabilidad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), uno de los mayores desafíos en su cultivo bajo condiciones de invernadero es la selección de variedades genéticas que presenten un crecimiento vegetativo adecuado y un elevado rendimiento de frutos. Aunque el ambiente controlado del invernadero permite gestionar factores como la temperatura y la humedad, el comportamiento agronómico de las plantas puede variar significativamente entre las diferentes líneas, especialmente en aspectos como el crecimiento en altura, lo cual impacta directamente en la arquitectura de la planta, el manejo del cultivo y su potencial productivo.

Además, existe una alta variabilidad en el rendimiento de las variedades de chile habanero, como lo muestra el estudio de Latournerie et al. (2015), donde el rendimiento promedio de fruto en 12 poblaciones criollas fue de 63.9 a 1,963.2 g planta-1; estos autores también señalan diferencias en la coloración, que incluyeron variedades de color amarillo, naranja y rojo. Las variaciones en el rendimiento representan una oportunidad para combinar

caracteres y obtener variedades mejoradas. En un estudio con variedades mejoradas (Meneses et al., 2018), el número de frutos por planta fue de 31, 42 y 48 frutos/planta para los híbridos H224, H241 y Jaguar. Asimismo, el rendimiento de la variedad Jaguar se ha reportado de 15 t ha-1 en condiciones de buen temporal y hasta 43 t ha-1 en condiciones de agricultura protegida (Ramírez et al., 2018). En un estudio con bioestimulantes, el peso por fruto fue de 8.27 a 10.18 g fruto-1 (Murillo et al., 2021). En cuanto a la morfología de la planta, Ramírez et al. (2018) mencionan que la altura del híbrido Jaguar es de 80 a 90 cm a cielo abierto y de 180 cm en agricultura protegida.

La producción de chile habanero es algo mayor en el ciclo Otoño-Invierno (57%) en comparación con el ciclo Primavera-Verano (43%) (SIAP, 2015). Sin embargo, persisten dificultades para optimizar su rendimiento, sobre todo cuando se cultiva en condiciones de invernadero.

La adopción de variedades mejoradas podría aumentar significativamente los rendimientos y mejorar la calidad de los frutos, lo que resulta fundamental para satisfacer la creciente demanda tanto en el mercado interno como externo. Sin embargo, la falta de estudios comparativos sobre el rendimiento de distintas líneas mejoradas en condiciones de invernadero limita la capacidad de los productores para tomar decisiones informadas sobre qué variedades utilizar, lo que dificulta la maximización de la rentabilidad y la sostenibilidad en la producción (Santana Buzzy et al., 2015).

La investigación sobre el rendimiento de diferentes líneas de chile habanero en invernaderos resulta crucial para mejorar la productividad y adaptabilidad del cultivo. El estudio de las características agronómicas, como el crecimiento en altura, el peso promedio por planta y el rendimiento por cosecha, permitirá seleccionar las líneas más eficientes para este tipo de cultivo protegido. Estas líneas podrían representar una solución para maximizar la producción y asegurar un suministro constante de chile habanero de calidad, adaptado a las condiciones de mercado y las demandas de los productores.

2. JUSTIFICACIÓN

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es un cultivo clave en México, y su producción en invernadero ofrece ventajas significativas, como el control de condiciones ambientales y la protección contra plagas. Sin embargo, es necesario evaluar cómo diferentes líneas genéticas responden bajo estas condiciones controladas para optimizar su rendimiento. Este estudio permitirá identificar las variedades más productivas y adaptables, contribuyendo a mejorar la eficiencia del cultivo y a asegurar un suministro constante de chile de calidad. La información obtenida será esencial para resolver la necesidad de maximizar la producción y competitividad del chile habanero en el mercado.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar los parámetros de crecimiento y los índices de rendimiento de seis líneas genéticas de *Capsicum chinense* Jacq. para determinar las variedades con mayor aptitud agronómica y potencial de rendimiento, en condiciones controladas de invernadero, con el fin de optimizar la producción rentable y sostenible del cultivo.

3.2 Objetivos específicos

Determinar el crecimiento en altura de seis líneas de chile habanero en condiciones controladas de invernadero, con el fin de identificar cuáles presentan el mejor desarrollo vegetativo, favoreciendo así un crecimiento saludable y un alto rendimiento en el cultivo.

Analizar y comparar el rendimiento de las seis líneas de chile habanero, evaluando el peso total por cosecha y el peso promedio por fruto, para identificar las variedades con mayor capacidad de producción y asegurar una cosecha de alta calidad, adaptada a las demandas del mercado.

4. HIPÓTESIS

H_0: No existen diferencias significativas en el crecimiento ni en el rendimiento entre las seis líneas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivadas bajo condiciones de invernadero.

Hi: Existen diferencias significativas en el crecimiento (altura de planta) y en el rendimiento (peso total por cosecha y peso promedio por fruto) entre las seis líneas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivadas bajo condiciones de invernadero.

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Origen del chile habanero

El género Capsicum tiene su centro de origen entre el sur de Brasil y el este de Bolivia, oeste de Paraguay y norte de Argentina (Ruiz-Lau et al., 2011).

Laborde (citado por Soria et al., 2002) indicó en 1982 que el C. El habanero, originario de América del Sur, llegó a Cuba y luego a Yucatán.

5.2. Importancia e usos del chile habanero

El chile habanero, clave en la cocina mexicana, añade picante e intensidad a muchos platos y salsas. Su importancia en Yucatán radica en su valor histórico, cultural y económico, además de sus beneficios naturales y terapéuticos que benefician diversas industrias. (Flores-López et al.,2020)

El chile habanero destaca en la industria alimentaria por su alta concentración de capsaicina, que aporta picor a salsas y botanas, y su color a quesos y aderezos. En farmacéutica, se extrae capsaicina para cremas, pastas dentales, parches para dolor muscular y sprays repelentes (Torres Pimentel et al., 2005).

5.3. Características botánicas

Ruiz-Lau, Medina Lara y Martínez Estévez (2011) señalan que el chile habanero es una especie vegetal que tiene la capacidad de vivir hasta un año, dependiendo de su cuidado agronómico, se considera una planta de ciclo anual.

5.3.1. Tallo y raíz

Su tallo suele ser fuerte, recto y robusto con un crecimiento semideterminado, la raíz principal es profunda y pivotante, puede extenderse de 0.40 a 1.20 metros con un sistema radicular el cual cambia con forme la planta va creciendo.

5.3.2. Hojas

Son hojas simples, suaves y alternas en cuanto a su tamaño y color pueden diferir ya que existen diferentes variedades con diversos tonos de verde.

5.3.3. Flor y fruto

Las flores aparecen cuando la planta comienza a ramificarse y son flores individuales con cinco a siete pétalos de color blanco y el fruto es una baya con poca carnosidad y hueca, generalmente se compone de tres a cuatro lóbulos.

5.3.4. Semillas

Son pequeñas y lisas, se encuentran en placentas, su germinación es de entre 8 a 15 días.

5.4. Taxonomía

Según Izco (2004) se clasifica de la siguiente manera a la planta el chile habanero:

Cuadro 1. Taxonomía del chile habanero

Reino:	**Vegetal**
Subreino:	Embriophyta
División:	Angiospermae
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Ranunculidae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanáceae
Género:	Capsicum
Especie:	Chinense
Nombre común:	Chile habanero
Nombre científico:	*Capsicum Chinense* Jacq.

5.5. Producción del chile habanero en México

Entre 2003 y 2016, la producción de chile habanero en México fue de 3.2 millones de toneladas, con un aumento del 4.8% (Cruz, 2020).

Ramírez-Jaramillo y Lozano-Contreras (2018) destacan que el chile habanero se cultiva en 16 estados, siendo Yucatán su principal productor, y es un producto típico vendido fresco para consumo directo.

El chile habanero de la Península de Yucatán se distingue en el mercado nacional e internacional de otros provenientes de diferentes regiones. Esto se debe a sus características de sabor, olor, picante, color y duración, influenciadas por el clima, la tierra y la ubicación.

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es un componente crucial de la cocina y la cultura mexicana, siendo un fruto que no madura de forma climatérica y que tiene relevancia económica. Este tipo de chile es considerado un emblema de México, y es vital realizar investigaciones adicionales para respaldar el crecimiento y la mejora de su producción, lo que podría influir en la economía nacional. (Maldonado-Astudillo *et al.*, 2020)

Grandes empresas como Grupo Del Sol, El Mirador, Tropical Food Manufacturing, Tres Colinas, Jalapeños Don Juan, Monte Grande, Chileros de Xalapa y Agridulce se destacan en la exportación de chile habanero y sus derivados en México. Estas empresas no sólo participan en la producción y procesamiento de chiles habaneros, sino que también representan la visión de México como un importante competidor en el mercado global. México es el primer productor mundial de diferentes variedades de chiles, y de él proviene el 90% de los chiles que se consumen a nivel internacional (Gayosso y Hernández, 2024)

5.6. Intercambio comercial total de frutos del género capsicum o pimenta, frescos o refrigerados

México es uno de los líderes mundiales en la exportación de chiles (*Capsicum* spp.), entre los cuales se incluyen productos frescos como habanero (*Capsicum chinense*), jalapeño y serrano. Los datos oficiales de comercio agrícola muestran que México exportó más de US$1,443M. en frutas de *Capsicum* frescas o refrigeradas en 2024, con Estados Unidos como destino principal de estas exportaciones.

En cuanto a las exportaciones en el mes de noviembre fueron US$394K y en importaciones fueron US$88.7 M (Data México, 2025).

5.7. Mejoramiento genético de chile habanero

La mejora genética del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) se ha centrado en crear genotipos que presenten un rendimiento superior, homogeneidad, calidad en los frutos y resistencia a diferentes factores bióticos y abióticos, preservando al mismo tiempo las cualidades organolépticas que le dan un valor en el mercado, como el sabor picante, el aroma y el color.

Las técnicas más frecuentes incluyen la selección masal, la selección recurrente y el cruce controlado de líneas élite, además de aprovechar la diversidad genética de poblaciones nativas y criollas. Estos programas facilitan el desarrollo de variedades mejoradas que se adapten a condiciones específicas de cultivo y cumplan con las demandas del mercado nacional e internacional (Bosland y Votava, 2012).

5.8. Variedades más reconocidas de chile habanero

La producción de chile habanero (*Capsicum chinense*) en México se sustenta en el aprovechamiento de genotipos criollos y el desarrollo de variedades mejoradas. Según Lotourniere et al (2015), los materiales criollos se distinguen principalmente por su

coloración al madurar, destacando el Habanero Naranja por su demanda comercial y el Habanero Rojo por su alto nivel de pungencia. Para fortalecer la competitividad del sector, el INIFAP (2018) ha introducido variedades con mayor resistencia fitosanitaria, como Jaguar, que sobresale por su tolerancia a virus y adaptación climática, y Mayapán, seleccionada por su rendimiento superior.

Estas variedades permiten cumplir con los estándares de calidad exigidos por la Denominación de Origen (DOF, 2010), consolidando la relevancia económica y biológica de este cultivo en la Península de Yucatán.

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) constituye un cultivo de gran importancia económica en México, cuya variabilidad genética ha sido explotada a través de iniciativas de mejoramiento impulsadas por entidades del país. El INIFAP ha desarrollado variedades como Jaguar, que se distingue por su producción uniforme, su intenso color anaranjado y rendimientos que superan las 30 toneladas por hectárea, convirtiéndose en un insumo común en la producción comercial (Ramírez-Meraz *et al*., 2018).

El Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán ha registrado variedades locales como Mayan Ba'alché®, Mayan K'iin®, Mayan Chac® y Kisín®, las cuales provienen de germoplasma nativo y buscan preservar rasgos tradicionales mientras mejoran el rendimiento y la uniformidad (CICY, 2025). Estas semillas son un avance significativo para potenciar una producción estándar del habanero en el sureste de México.

La diversidad genética en poblaciones criollas ha sido fundamental para estos programas de mejoramiento, haciendo posible la selección de líneas con mejor adaptación y calidad de fruta (López-Espinosa *et al*., 2020).

5.9. Factores que afectan el crecimiento y rendimiento

5.9.1. Manejo del clima y temperatura

El chile habanero requiere temperaturas optimas entre 26 y 33ºC para un desarrollo adecuado (Intagri, 2020). Valores menores a 15ºC inhiben el crecimiento, mientras que una

humedad relativa superior al 80 % combinada con altas temperaturas favorece la abscisión de flores y frutos jóvenes.

5.9.2. Poda y conducción y calidad del fruto

López-Gómez et al. (2020) reportan que la conducción de plantas a dos o tres tallos en agricultura protegida mejora características comerciales del fruto, como firmeza y tamaño. Aunque esta práctica puede disminuir ligeramente el rendimiento total, incrementa la calidad y el valor para la exportación.

5.9.3. Riego

Ruiz-Lau et al. (2011) reportan que el riego es parte fundamental del crecimiento y rendimiento, es crítico ya que tanto el déficit hídrico como el exceso de agua afectan la floración, el cuajado de frutos y la calidad final del producto.

5.10. Producción en invernadero

La agricultura protegida en México ha impulsado cultivos de alto valor, como el rentable chile habanero en Yucatán. Campeche y Quintana Roo producen entre 10 y 40 $t \cdot ha^{-1}$, pero Quintana Roo usa tecnología de invernadero con sistemas medianamente tecnificados, como los de Hidroponía Maya. En este esquema, los rendimientos alcanzan entre 7 y 12 $kg \cdot m^{-2}$, superando ampliamente los obtenidos a cielo abierto y permitiendo la comercialización tanto en mercados nacionales como internacionales (Macías Rodríguez *et al*., 2012)

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Localización de las áreas de estudio

El experimento se llevó a cabo en el invernadero del campo experimental Saltillo, en Coahuila. Ubicado en 101° 01' 59" O y 25° 20' 41" N, a 1,812 msnm.

6.2. Material genético

Se utilizaron 6 líneas de chile habanero (cuadro 2, Figura 1) generadas en el Campo Experimental de las Huastecas, Altamira, Tamaulipas.

Cuadro 2. Material genético utilizado, líneas de chile habanero (*capsicum chinense* jacq.)

Número de identificación	Línea	Color
G1	H-NEG	Chile café-negro
G2	HRM10	Chile habanero rojo-naranja
G3	HRM6	Chile habanero rojo-naranja
G4	HRM3	Chile habanero rojo-naranja
G5	HRM1	Chile habanero rojo-naranja
G6	HRM2	Chile habanero rojo-naranja

G1 (H-NEG) G2 (HRM10)

G3(HRM6) G4 (HRM3)

G5(HRM1) G6 (HRM2)

Figura 1. Líneas de chile habanero. **Fuente:** Elaboración Propia, 2024**.**

6.3. Labores Culturales

6.3.1. Siembra

La siembra de chile habanero de las diferentes líneas se realizó el 5 de abril de 2024 en charolas de 200 cavidades. Las semillas de chile habanero se trataron con ácido giberélico al 85 % durante 24 h para favorecer una germinación uniforme.

6.3.2. Trasplante

El 30 de mayo se efectuó el trasplante, procurando no dañar las plántulas. Se colocaron 9 plantas por cada línea. El sustrato utilizado fue tierra-perlita en proporción 3:1 en bolsas de 5 kilos de capacidad. La distribución topológica fue de 0.50 m entre plantas y 1.00 m entre hileras.

6.3.3. Riego

El sistema de riego utilizado fue por goteo. Se realizaron riegos uno por la mañana, aproximadamente a las 8:00 am, y otro por la tarde después de las 2:00 pm, ambos con una duración de 10 min. La supervisión de los riegos fue diaria para evitar que alguna planta no recibiera agua adecuadamente.

6.3.4. Tutorado

El tutorado se realizó con rafia blanca. Se colocó una en cada extremo de los surcos para sostener las plantas de ambos lados y mantenerlas firmes. Esta actividad se llevó a cabo aproximadamente un mes y medio después del trasplante. El tutorado se reforzó en la parte reproductiva de la planta, ya que la planta necesitaba sostenerse debido al peso de los frutos.

6.3.5. Fertilización

La fertilización que se utilizó fue la más recomendada para los requerimientos de la planta, se utilizaron macroelementos y microelementos. Se realizaron dos soluciones

nutritivas, la solución A (macroelementos) (Cuadro 3) y la solución B (microelementos) (Cuadro 4).

Cuadro 3. Formulación de la solución concentrada A de macronutrientes, utilizado en el cultivo de chile habanero.

Solución A-Macronutrientes	Cantidad en gramos
Fosfato mono amónico (MAP)	340 g
Nitrato de calcio	2080 g
Nitrato de potasio	1100 g

Para la formulación de la solución A, se agregaron 6 litros de agua en un recipiente de plástico. Luego, se disolvieron los fertilizantes uno por uno, en el orden indicado, agitando constantemente. Una vez que se añadieron todos los fertilizantes, se completaron los 10 litros de solución concentrada A agregando los 4 litros restantes (Cuadro 3).

Cuadro 4. Formulaciones de la solución concentrada B de micronutrientes, utilizado en el cultivo de chile habanero.

Solución B-Micronutrientes	Cantidad en gramos
Sulfato de magnesio	492 g
Sulfato de cobre	0.48 g
Sulfato de manganeso	2.48 g
Sulfato de zinc	1.2 g
Boro	6.2 g
Sulfato de hierro	50 g

Para la formulación de la solución B, se agregaron 2 litros de agua en un recipiente de plástico. Luego, se disolvieron los fertilizantes uno por uno, en el orden indicado, agitando constantemente. Una vez que se añadieron todos los fertilizantes, se completaron los 4 litros de solución concentrada B agregando los 2 litros de agua restantes (Cuadro 4).

La dosis utilizada en el cultivo de chile consistió en agregar 500 mililitros de solución A y 200 mililitros de solución B en 100 litros de agua."

6.4. Plagas

Se monitorearon las plantas diariamente para observar posibles plagas y enfermedades. Durante el ciclo de vida del cultivo, se identificaron las siguientes plagas: Mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y Chapulín de la milpa (*Phenarium purpurascens*), ambas plagas aparecieron durante la floración del cultivo. Los chapulines comenzaron a propagarse desde un invernadero vecino, que estaba lleno de maleza. Se procedió a limpiar el área, lo que redujo la propagación de la plaga. Finalmente, se aplicó un producto específico para controlar la infestación.

Para el control de estas plagas, se realizó una aplicación con los siguientes productos:

Cuadro 5. Productos utilizados para controlar las plagas y su respectiva dosis.

Producto	**Ingrediente Activo**	**Plaga que controla**	**Dosis**
Confidel	Imidacloprid	Mosca blanca	1 mL por L de agua
Pegodel	Nonilfenol Polioxietilenico	Adherente	1 mL por L de agua
Dimetoato	imetoato	Chapulines	1 mL por L de agua

6.5. Principales Enfermedades

En el caso de enfermedades no se presentó ninguna durante el ciclo del cultivo.

6.6. Tratamientos

Se evaluaron seis líneas del INIFAP: H-NEG HRM10 HRM6 HRM3 HRM1 HRM2

6.7. Diseño experimental

Para determinar el crecimiento de altura de las seis líneas de chile habanero e identificar las líneas con el mejor desarrollo vegetativo, se utilizó un Diseño Experimental Factorial 2FCA. La variable independiente fue la variedad de chile Habanero (6 líneas), y la variedad dependiente fue el crecimiento en altura de las plantas. E l modelo matemático utilizado para este diseño es el siguiente:

Modelo Matemático (2FCA):

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}: Valor observado de la variable dependiente (crecimiento en altura).

μ: Media global de todos los tratamientos.

α_i: Efecto del factor Variedad.

β_j: Efecto del factor Fecha.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción entre los factores Variedad y Fecha.

ϵ_{ij}: Error aleatorio o residual.

Se empleó un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar para analizar el rendimiento de seis líneas de chile habanero. La variedad independiente fue el chile habanero y las dependientes, el peso promedio por planta, por fruto y el número promedio de frutos por planta. El modelo matemático para este diseño es:

Modelo Matemático (BCA):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}: Valor observado para el tratamiento $i$en el bloque j.

μ: Media general de todos los tratamientos.

T_i: Efecto del i-ésimo tratamiento (variedad de chile).

B_j: Efecto del j-ésimo bloque.

E_{ij}: Error experimental o residual

6.8. Variables evaluadas

6.8.1. Altura de planta

Con el propósito de cumplir el objetivo específico:

Determinar el crecimiento en altura de seis líneas de chile habanero en condiciones controladas de invernadero, con el fin de identificar cuáles presentan el mejor desarrollo vegetativo, favoreciendo así un crecimiento saludable y un alto rendimiento en el cultivo

Se midió la altura de las plantas en centímetros, desde la base del tallo hasta la última hoja. Las mediciones se hicieron semanalmente, cada miércoles, durante gran parte del cultivo.

6.8.2. PPP: Peso promedio por planta, PPF: Peso promedio por fruto y NFPP: Número de frutos promedio por planta

Con el propósito de cumplir el objetivo específico:

Analizar y comparar el rendimiento de las seis líneas de chile habanero, evaluando el peso total por cosecha y el peso promedio por fruto, para identificar las variedades con mayor capacidad de producción y asegurar una cosecha de alta calidad, adaptada a las demandas del mercado.

Se calculó el peso total de los frutos de 9 plantas para las variables PPP y PPF. Se calculó el peso promedio de cada variable para comparar objetivamente el rendimiento de las distintas líneas.

Se contó el total de frutos de 9 plantas por línea y se calculó el promedio de frutos por planta (NFPP) para cada variedad.

6.9 Análisis estadístico

Se analizaron los resultados con un ANOVA para detectar diferencias significativas entre tratamientos. Se utilizó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) tras el ANOVA para comparar medias e identificar tratamientos con diferencias significativas. El análisis se realizó con el software SAS (SAS Institute Inc., 2020).

7. RESULTADOS

PPP

Tanto la variedad como la cosecha tuvieron un efecto significativo sobre el peso promedio por planta, de frutos, PPP (Cuadro 6). Esto significa que al menos una variedad se comporta de forma distinta a las demás, en cuanto al PPP.

Cuadro 6. Análisis de varianza para las variables de Variedad y Cosecha sobre la variable dependiente PPP, peso promedio por planta de frutos.

Origen	**gl**	**Suma de Cuadrados**	**Cuadro de la Media**	**Valor F**	**Pr > F**
Variedad	5	38598.930	7719.786	7.95	0.0008
Cosecha	3	132553.687	44184.562	45.49	<0.0001
Total Corregido	23	185722.856			

En la comparación de medias de Tukey, se observa que las variedades HRM1, HRM10, HRM3, HRM6 y HRM2 se encuentran dentro del grupo estadístico “a”, y presentaron un comportamiento significativamente superior al grupo “b” (DHS=71.60; Tukey, 0.05), en el cual se ubica la variedad H-NEG (Figura 2). Asimismo, el efecto de las cosechas sobre PPP resultó en tres grupos (DHS=51.86; Tukey, 0.05), las cosechas C4 y C3 se posicionaron en el grupo “a” con los valores más altos; seguidas por C2 en el grupo “b”; y finalmente C1, que se clasificó en el grupo “c” (Figura 3).

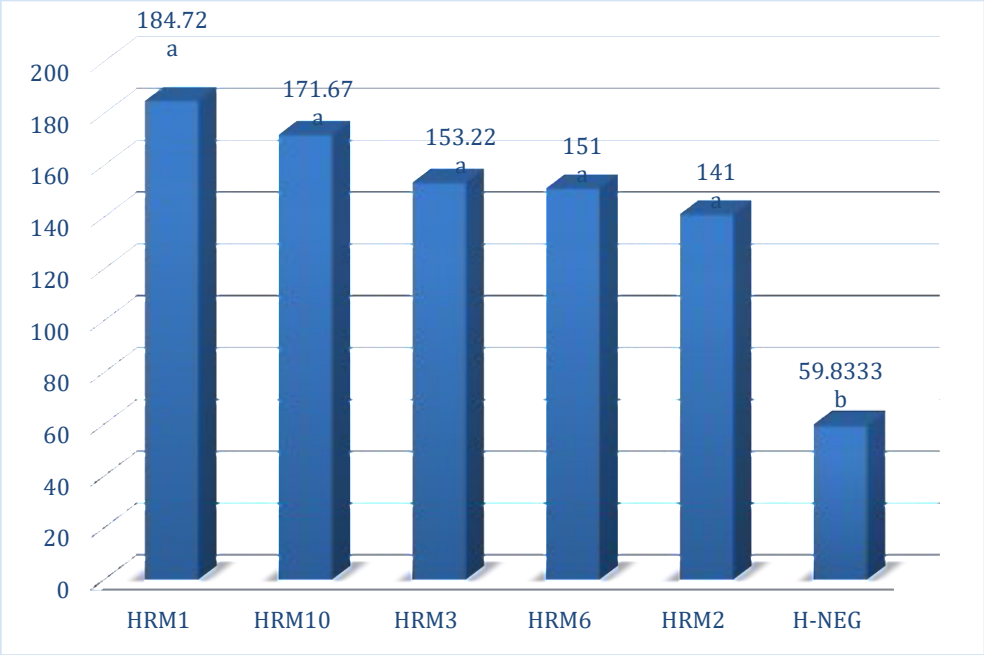

Figura 2. Prueba de medias para la variable Peso promedio por planta de frutos (PPP), en diferentes variedades.

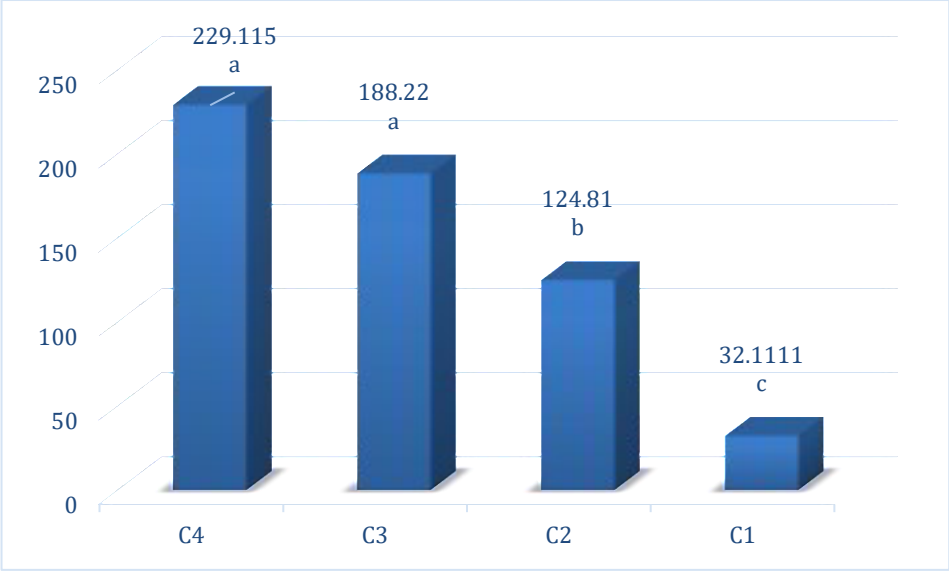

Figura 3. Prueba de medias para la variable Peso promedio por planta de frutos (PPP), en diferentes cosechas.

PPF

Tanto la variedad como la cosecha tuvieron un efecto significativo sobre el peso promedio por fruto. PPF (Cuadro 7). Esto significa que al menos una variedad se comporta de forma distinta a las de más en cuanto a PPF.

Cuadro 7. Análisis de varianza para las variables Variedad y Cosecha sobre la variable dependiente PPF, peso promedio por fruto.

Origen	**gl**	**Suma de cuadros**	**Cuadrado de la media**	**Valor F**	**Pr > F**
Variedad	5	12.679	2.535	2.94	0.0481
Cosecha	3	12.679	16.606	19.23	<0.0001
Total Corregido	23	75.451			

En la comparación de las medias de Tukey, se observa que las variedades H-NEG, HRM2, HRM1 y HRM6 obtuvieron los valores más altos y son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, 0.05; DHS=2.13), perteneciendo al grupo "a", en cambio el HRM10 se encuentra en el grupo "ab" y por último el HRM3 se encuentra en el último lugar, obteniendo el grupo “b” (Figura 4). Por otro lado, el efecto de las cosechas sobre PPF se clasificaron en cuatro grupos (Tukey, 0.05; DHS=1.54), la C1 pertenece al grupo “a” la cual es significativamente superior, la C2 pertenece al grupo “b”, como tercer grupo “ab” tenemos a C3 y por último la C4 se encuentra en el grupo “c” (Figura 5).

Figura 4. Prueba de medias para la variable peso promedio de fruto (PPF), en diferentes variedades.

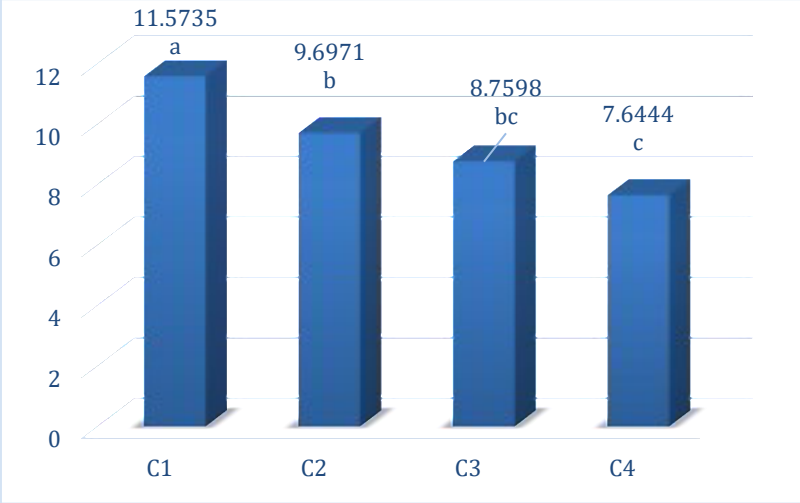

Figura 5. Prueba de medias para la variable peso promedio de fruto (PPF), en diferentes cosechas.

NPFP

La variedad y la cosecha afectaron significativamente el NPFP (Cuadro 8). Esto indica que al menos una variedad tiene un comportamiento diferente en NPFP.

Cuadro 8. Análisis de varianza para las variables Variedad y Cosecha sobre la variable dependiente NPFP, número promedio de frutos por planta.

Origen	**gl**	**Suma de Cuadrados**	**Cuadrado de la media**	**Valor F**	**Pr > F**
Variedad	5	636.339	127.267	5.80	0.0036
Cosecha	3	2563.318	854.439	38.93	<0.0001
Total Corregido	23	3528.8703			

En base a las medias de Tukey, se observa que las variedades HRM3, HRM1, HRM1O Y HRM6 se encuentran dentro de grupo estadístico “a” las cuales superan significativamente a la variedad H-NEG, la cual pertenece al grupo “b”, la cual presentó el desempeño más bajo, mientras que la variedad HRM2 se mantiene en un nivel intermedio, es decir se encuentra en el grupo estadístico” ab”. (Figura 6) con un (DHS=10.763; Tukey, 0.05). Asimismo, el efecto de las cosechas sobre NPFP resultó en cuatro grupos (Tukey, 0.05, DHS=7.79), la cosecha C4 se encuentra en el grupo “a”, la C3 está localizada en el grupo “b”, la C2 está localizada en el grupo “c” y por último la C1 se localizó en el grupo “d” (Figura 7).

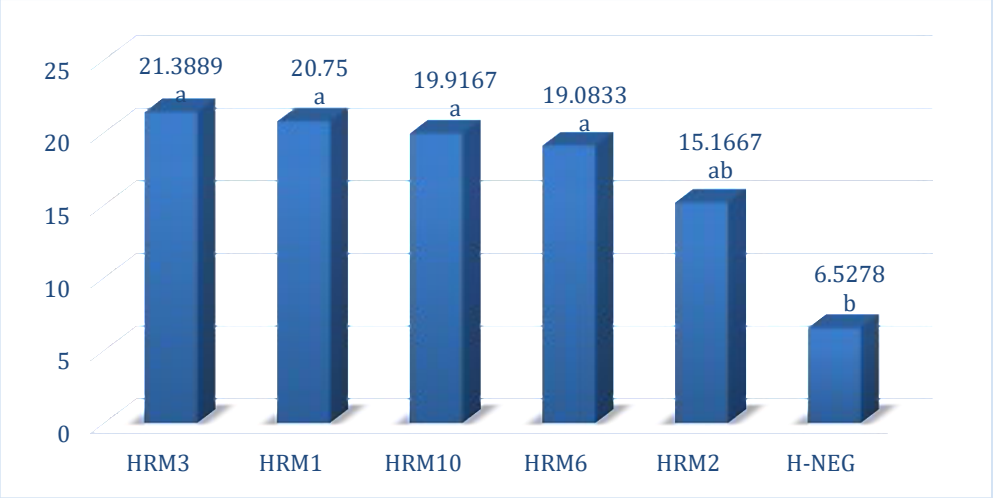

Figura 6. Prueba de medias para la variable número promedio de frutos por planta (NPFP), en diferentes variedades.

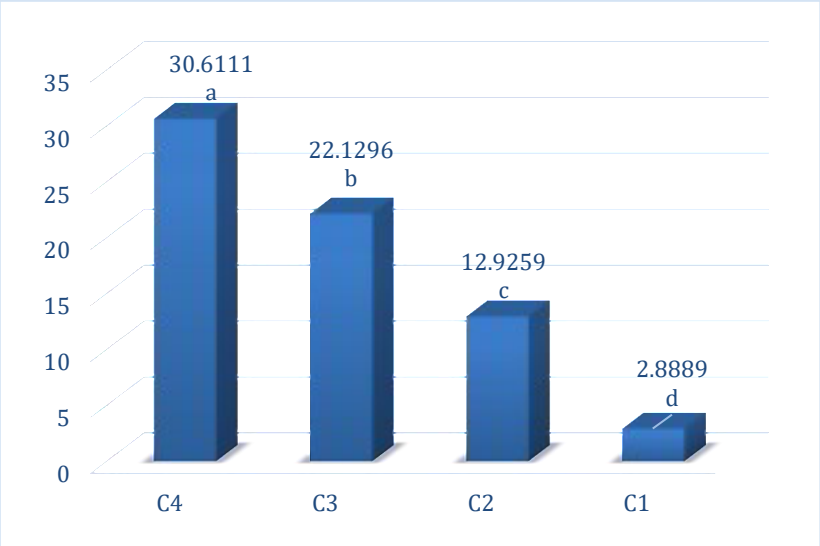

Figura 7. Prueba de medias para la variable número promedio de frutos por planta (NPFP), en diferentes cosechas.

Análisis de Varianza para la Variable Altura

El análisis de varianza reveló que tanto el factor Variedad como el factor Fecha ejercieron un efecto altamente significativo sobre la altura de las plantas (Cuadro 9). Por el contrario, la interacción entre ambos factores (Variedad x Fecha) no mostró una influencia significativa, indicando que las diferencias entre variedades se mantuvieron constantes durante todo el periodo de evaluación.

Cuadro 9. Análisis de varianza para Altura.

Origen	**Gl**	**Suma de cuadrados**	**Cuadrado de la media**	**Valor F**	**Pr > F**
Variedad	5	9373.993	1874.7988	31.17	<0.0001
Fecha	8	152761.407	19095.175	317.46	<0.0001
Variedad por fecha	40	2047.802	51.1951	0.85	0.7285
Total Corregido	485	190167.648			

De acuerdo con la prueba de Tukey, se identificaron los grupos estadísticos (DHS= 3.48; Tukey, 0.05), la variedad HRM6 presentó el mayor promedio de altura, situándose en el grupo estadístico “a”, después tenemos la variedad HRM3 estando en el grupo “ab”, en tercer lugar, se encuentra la variedad HRM10 que ocupa el grupo “b” y por último tenemos la variedad H-NEG y HRM2 las cuales se ubican en el grupo “c” (Figura 8). En cuanto al crecimiento por fechas se puede observar que las plantas fueron creciendo de manera constante desde la primera hasta la última medición (DHS= 4.65; Tukey, 0.05). El crecimiento no se detuvo en ningún momento, mostrando un aumento de altura conforme pasaban los días (Figura 9).

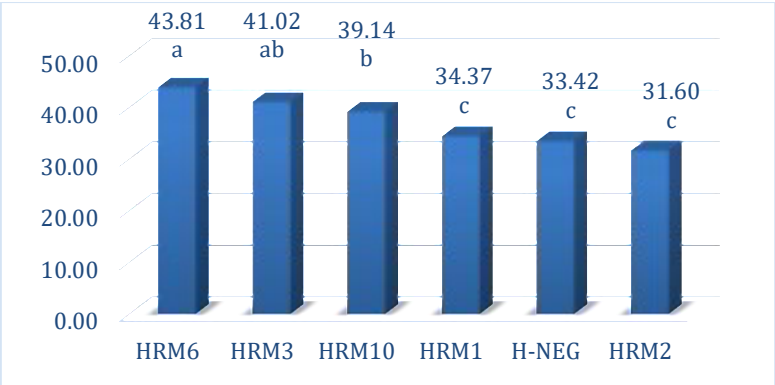

Figura 8. Prueba de medias para la variable altura en diferentes variedades.

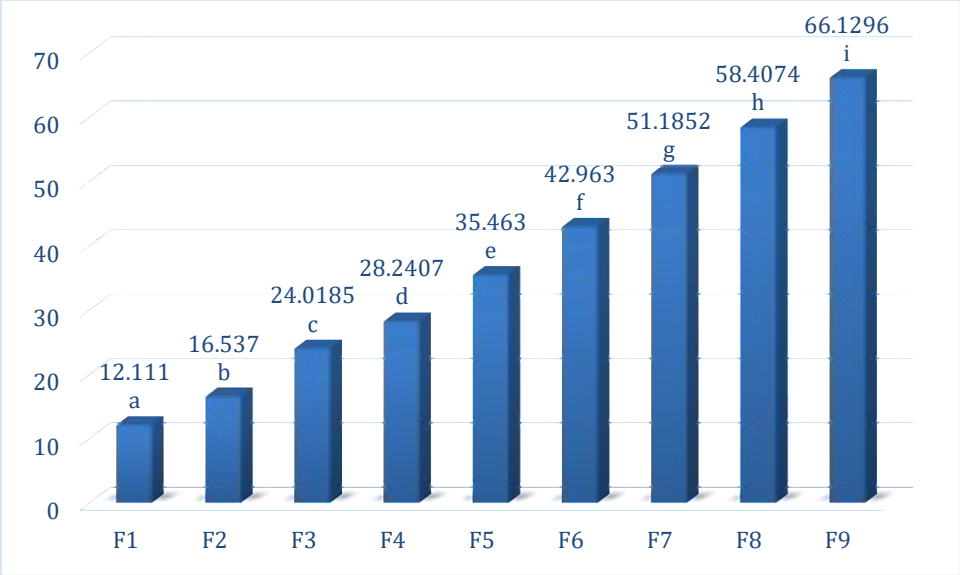

Figura 9. Prueba de medias para la variable altura en diferentes fechas.

Combinación de CoVaFe.

En la siguiente tabla se muestran los resultados detallados de la altura nos indican que el cruce de "Variedad por Fecha" fue significativo (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resultados de altura promedio por cada variedad y fecha de medición, según el análisis de comparación múltiple.

	Gl	**Suma de cuadrados**	**Cuadrado de la media**	**Valor F**	**Pr > F**
CoVaFe	53	164183.203	3097.7963	51.50	<0.0001
Total de error	485	190167.648			

De acuerdo con la prueba de Tukey, logramos observar que el crecimiento no se detuvo; las plantas aumentaron su tamaño de forma constante desde la primera medición hasta la última. Al observar el detalle máximo en la (Figura 10) con una (DHS=14.84; Tukey, 0.05). CoVaFe, vemos que el mejor momento del estudio ocurrió en la Fecha 9, donde la combinación de la Variedad 4 (HRM3) y la Variedad 3 (HRM6) lograron las alturas máximas cercanas a los 72 cm. Esto demuestra que, bajo estas condiciones, estas dos variedades son las que mejor aprovechan el tiempo para desarrollarse.

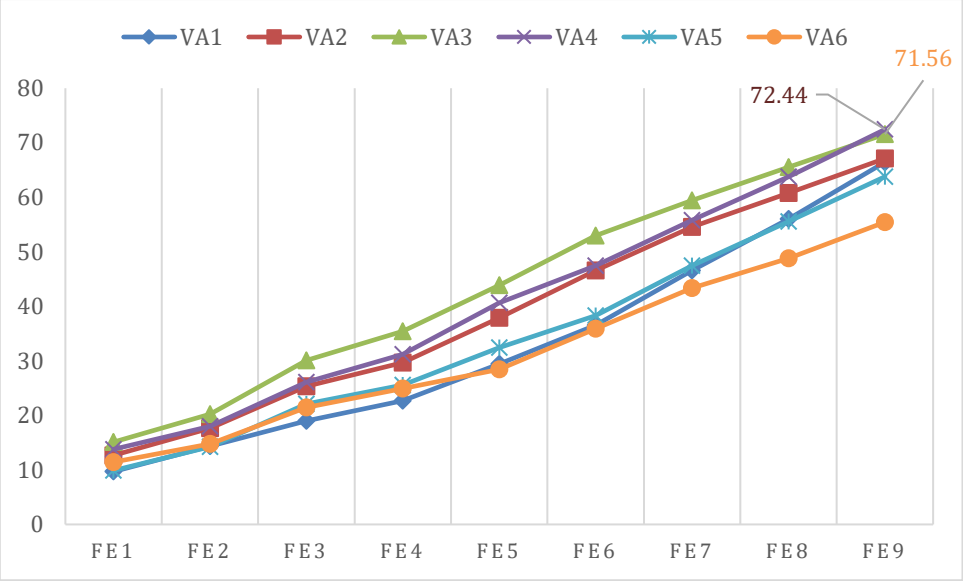

Figura 10. Comparación de medias para la interacción de los factores Variedad y Fecha (CoVaFe) sobre la altura de la planta.

8. DISCUSIÓN

PPP (Peso Promedio por Planta)

Los resultados indicaron que la variedad y el momento de la cosecha afectaron significativamente el peso promedio de frutos por planta. El análisis de varianza indicó que las variedades HRM1, HRM10, HRM3, HRM6 y HRM2 superaron significativamente al grupo H-NEG. Estos resultados coinciden con los de Latournerie et al. (2015) reportaron alta variabilidad en el rendimiento de 12 poblaciones de chile habanero. La variedad Jaguar reportó rendimientos de 15 to/ha en temporal y 43 ton/ha en agricultura protegida. En este estudio, las líneas HRM1, HRM10, HRM3, HRM6, HRM2 y HRM1 obtuvieron 4.62, 4.29, 3.83, 3.78, 3.53 y 4.62 ton/ha en un invernadero. Se espera que un híbrido de estas líneas alcance rendimientos similares a los de Jaguar, aunque se desconoce el rendimiento de sus líneas parentales para una comparación justa.

C4 y C3 mostraron los mayores valores de PPP, según Maldonado et al. (2020) concluyeron que cosechas tardías generan mayores rendimientos. En nuestro estudio, los rendimientos fueron 32.11, 124.81, 188.22 y 229.12 g/planta (0.80, 3.12, 4.71 y 5.73 ton/ha) para C1, C2, C3 y C4, mostrando una tendencia positiva. En 2022, los rendimientos del tratamiento con lombricomposta fueron 176.91, 147.75, 100.67, 49.54, 62.51 y 79.03 g/planta en los cortes 1 a 6, mostrando una tendencia inversa. En cambio, el rendimiento del tratamiento con fertilización química y arena de río fue variable: 85.92, 133.29, 101.28, 42.61, 7.45 y 34.59 g/planta en los mismos cortes.

PPF (Peso Promedio por Fruto)

El peso promedio por fruto (PPF) fue significativamente afectado por la variedad y la cosecha. Las variedades H-NEG, HRM2, HRM1 y HRM6 tuvieron los mayores PPF, mientras que HRM10 y HRM3 los más bajos. El PPF en nuestro estudio fue de 10.50, 10.02, 9.63, 9.08, 8.99 y 8.27 g/fruto para H-NEG, HRM2, HRM1, HRM6, HRM10 y HRM6, similar a los reportados por Murillo et al. En 2021, la variedad Jaguar tratada con bioestimulantes produjo de 10.18 a 8.27 g de fruto por planta. La variabilidad en el PPF muestra cómo la genética y el manejo afectan el desarrollo del fruto.

La cosecha C1 mostró el mayor PPF, indicando que las cosechas tempranas produjeron frutos más grandes. En nuestro estudio, el PPF fue de 11.57, 9.69, 8.75 y 7.64 g/fruto en las cosechas 1 a 4, respectivamente, según López et al. En 2022, los rendimientos del tratamiento con lombricomposta fueron decrecientes: 10.99, 9.04, 8.04, 5.08, 6.54 y 7.09 en los cortes 1 a 6, mostrando tendencias similares a otros tratamientos.

NPFP (Número Promedio de Frutos por Planta)

El análisis del NPFP mostró diferencias significativas entre variedades, destacando HRM3, HRM1, HRM10 y HRM6 con los mayores valores. La variedad H-NEG tuvo el menor rendimiento de frutos por planta, destacando la importancia de la selección genética en la producción. El promedio de frutos por planta fue de 21.38 a 6.52 para HRM3 a H-NEG, y 48, 42 y 31 para los híbridos Jaguar, H241 y H224 (Meneses et al, 2018).

El promedio de frutos por planta fue 2.89, 12.92, 22.12 y 30.61 en las cosechas 1, 2, 3 y 4. López et al. (2022) reportaron frutos por planta en días post-transplante: 3.73, 6.27, 17.13, 26.40, 44.13, 45.27, 39.07, 29.00, 29.20, 10.53, 11.07, 19.13, 7.80, 8.13 y 9.93, utilizando fertilización química y arena de río con la variedad Chichen Itzá.

Este crecimiento es similar a estudios recientes que muestran diferencias significativas en la altura de plantas de chile habanero según las condiciones. El estudio mostró que las variedades de chile habanero tenían diferentes alturas, sugiriendo que el crecimiento depende de la variedad y del momento de la medición. La investigación mostró que el crecimiento de las plantas variaba según la fecha de evaluación. En resumen, nuestros resultados concuerdan con (Avilés-Baeza et al.,2021) y sugieren que el genotipo y el momento de medición influyen en el crecimiento del chile habanero. Destaca la importancia de considerar la variedad y las fechas de medición para evaluar con precisión el crecimiento de las plantas.

ALTURA DE LA PLANTA

La variedad y la fecha de medición afectaron significativamente la altura de las plantas. El análisis de varianza ($p < 0.0001$) mostró variabilidad en el crecimiento, destacando HRM6 por su altura, seguida de HRM3, HRM10, H-NEG y HRM2, agrupadas por rendimiento. Este

comportamiento muestra el impacto directo de la genética en el crecimiento de Capsicum chinense, coherente con estudios previos que registran diferencias entre variedades.

Nuestros resultados coinciden con la literatura, con alturas de 43.81, 41.02, 39.14, 34.37, 33.42 y 31.60 cm para HRM6, HRM3, HRM10, HRM1, H-NEG y HRM2. Según Ramírez et al. En 2018, la altura del híbrido Jaguar varía de 80 a 90 cm al aire libre y alcanza 180 cm en agricultura protegida. HRM6 tuvo la mayor altura, pero no se comparó con la del híbrido Jaguar.

La altura fue de 12.11, 16.53, 24.01, 28.24, 35.46, 42.96, 51.18, 58.40 y 66.12 cm en días 1-9; mientras que López et al (2022) reportaron 12.13, 30.40, 48.67, 73.20, 96.19, 113.78, 131.57, 150.73, 150.80 y 153.53 en días 45, 59, 66, 73, 80, 87, 101, 108, 115 y 122 tras el transplante.

CoVaFe (Interacción Variedad × Fecha)

La interacción Variedad × Fecha (CoVaFe) fue significativa ($F = 51.50$; $p < 0.0001$), indicando que el crecimiento de Capsicum chinense depende de la combinación de estos factores. La comparación de medias mostró que las variedades HRM3 y HRM6 alcanzaron las mayores alturas promedio, cerca de 72 cm, en la Fecha 9, indicando una mejor eficiencia en el crecimiento y competitividad contra malezas.

Este comportamiento concuerda con estudios recientes que hallaron diferencias significativas en la altura del chile habanero bajo distintas condiciones. Ramírez et al. En 2018, se observó que la altura de la variedad Jaguar varió entre 80-90 cm al aire libre y 180 cm en agricultura protegida. La variabilidad muestra cómo el genotipo y el ambiente afectan el crecimiento de las plantas, como en nuestro estudio, donde la variedad y la fecha de medición también impactaron el crecimiento vegetativo.

9. CONCLUSIÓN

Las variedades HRM1, HRM10, HRM3 y HRM6 tuvieron los mayores promedios en peso y número de frutos por planta, mientras que H-NEG fue la más baja en ambas. Las cosechas C4 y C3 fueron las más productivas, destacando C4 en número de frutos.

El peso promedio por fruto mostró un comportamiento diferente al rendimiento total. Las variedades H-NEG, HRM2, HRM1 y HRM6 produjeron frutos más pesados. Sin embargo, el peso de los frutos disminuyó progresivamente a medida que avanzaron las cosechas, con la C1 destacándose por tener los frutos más grandes, en cuanto el crecimiento vegetativo fue constante durante el estudio, con la variedad HRM6 destacando por su mayor vigor vegetativo. Dado que la interacción "Variedad x Fecha" fue significativa, las variedades HRM3 y HRM6 demostraron ser las más eficientes en el aprovechamiento del tiempo, alcanzando alturas cercanas a los 72 cm hacia la medición final, lo que le daría una ventaja ante las malezas.

10. LITERATURA CITADA

GOB (2017). Chile habanero, con denominación de México.Chile Habanero, con Denominación de Origen | Fideicomiso de Riesgo Compartido | Gobierno | gob.mx

https://www.gob.mx/firco/articulos/chile-habanero-con-denominacion-de-origen?idiom=es

Ramírez Meraz, Moisés, Arcos Cavazos, Gerardo, & Méndez Aguilar, Reinaldo. (2018). Jaguar: cultivar de chile habanero para México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *9*(2), 487-492.

https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1089

SIAP-SAGARPA 2015." Márgenes de comercialización del chile habanero" México.

Disponible en línea en:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/71194/MC_ChileHabanero_Abril2015.pdf
(Consultado el 1 octubre de 2025).

Santana Buzzy, N., Canto Flick, A., Balam Uc, E., Avilés Viñas, S., Zetina Rosado, G., Montalvo Peniche, M. C., Valle Gough, R., Bello Bello, J., Lecona Guzmán, C., Solís Marroquín, D., Gómez Uc, E., Muñoz Ramírez, L., Peña Yam, L., Pérez Pastrana, J., & Guzmán Antonio, A. (2018). Mejoramiento genético de chile habanero: Selección y registro de variedades mejoradas. En T. González Estrada (Dir.), J. J. Zúñiga Aguilar & F. Vázquez Flota (Coords.), *Mejoramiento genético del chile habanero de la Península de Yucatán* (pp. 9-371)

Ruiz-Lau, N., Medina-Lara, F., & Martínez-Estévez, M. (2011). El chile habanero: su origen y usos. *Ciencia*, *63*(3), 70-76.

Soria, F. M., A. Trejo, J. Tun, R. Saldívar (2002), Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (Capsi cum chinense Jacq.), Secretaría de Educación Pública/ SEIT/Instituto Tecnológico Agropecuario de Conkal, Yucatán, pp. 1-21.

Flores, L. M. L., & Sánchez, O. E. (2020). Entorno productivo del chile habanero en la Península de Yucatán, México. *Metabolómica y cultivo del chile habanero*.

Torres Pimentel, Héctor y Carlos Franco Cáceres (2005), Memoria, Seminario de Chile Habanero, INIFAP.

Ruiz-Lau, N., Medina Lara, F., & Martínez Estévez, M. (2011). *El chile habanero: su origen y usos*. **Ciencia, 62**(3), 70–78.

09_655_Habanero.qxp8_60_1

Izco, J. 2004. Botánica. M.C. Graw Hill-Interamericana. México. 508p.

Cruz-Cerino, P., Cristóbal-Alejo, J., Ruiz-Carrera, V., Carnevali, G., Vera-Ku, M., Martín, J., Reyes, F., & Gamboa-Angulo, M. (2020). *Extracts from six native plants of the Yucatán Peninsula hinder mycelial growth of Fusarium equiseti and F. oxysporum, pathogens of Capsicum chinense*. **Pathogens, 9**(10), 827. https://doi.org/10.3390/pathogens9100827

Ramírez-Jaramillo, G., & Lozano-Contreras, M. G. (2018). *Áreas potenciales para el establecimiento de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.) en condiciones de riego en la Península de Yucatán*. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9**(8), 1701–1712. https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1205

Maldonado-Astudillo, Y. I., Jiménez-Hernández, J., & Salazar, R. (2020). Fisiología y tecnología postcosecha del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). En CIATEJ (Ed.), *Metabolómica y cultivo del chile habanero (Capsicum chinense Jacq.) de la Península de Yucatán* (pp. 279–289). CIATEJ-CONACYT.

Gayosso Mejía, K. D., & Hernández Calderón, G. A. (2024). Análisis del potencial exportador en la comercialización del chile habanero de la Península de Yucatán hacia Japón. *CaleidoscoPI*, *2*(3), 9–14. https://doi.org/10.29057/caleidoscopi.v2i3.12538

Melo, O. O., López, L. A., & Melo, S. E. (2020). *Diseño de experimentos: Métodos y aplicaciones* (2da ed.). Universidad Nacional de Colombia.

Data México. (2025). *Exportaciones e importaciones de frutas de Capsicum frescas o refrigeradas en 2024*. Recuperado de Frutos del Género Capsicum o Pimenta, Frescos o Refrigerados: Intercambio comercial, importaciones y exportaciones, mercado y especialización | Data México

Bosland, P. W., Votava, E. J., & Votava, E. M. (2012). *Pimientos: Pimientos vegetales y especiados* (Vol. 22). CABI Publishing.

https://books.google.com.mx/books?id=5AWTPZeFL8QC

Latournerie-Moreno, L., Moo-Muñoz, A. J., Mijangos-Cortés, J. O., Jiménez-Balam, J. I., & Pérez-Gutiérrez, A. S. (2015). Evaluación de variedades de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en el estado de Yucatán, México. *Revista Fitotecnia Mexicana, 38*(1), 49-56.

https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n1/v38n1a7.pdf

Diario Oficial de la Federación. (4 de junio de 2010). *Declaratoria General de Protección a la Denominación de Origen Chile Habanero de la Península de Yucatán*. Secretaría de Gobernación.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/695079/Declaratoria_Chile_Habanero.04.06.2010.pdf

Ramírez-Meraz, M., Arcos-Cavazos, G., & Méndez-Aguilar, R. (2018). Jaguar: Cultivar de chile habanero para México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(5), 1121-1130.

Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). (2025). *Unidad productora de semillas: variedades Mayan de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.)*. Recuperado de https://www.cicy.mx/sitios/unidad-productora-de-semillas

López-Espinosa, S. Teresa, Latournerie-Moreno, Luis, Castañón-Nájera, Guillermo, Ruiz-Sánchez, Esaú, Gómez-Leyva, Juan F., Andueza-Noh, Rubén H., & Mijangos-Cortés, Javier O. (2018). Diversidad genética de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.) mediante issr. *Revista fitotecnia mexicana*, *41*(3), 227-236. Epub 30 de septiembre de 2020.https://doi.org/10.35196/rfm.2018.3.227-236

INTAGRI. 2022. Cultivo de Chile Habanero. Serie Hortalizas, Núm. 32. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/cultivo-de-chile-habanero

López-Gómez, José Daniel, Sotelo Nava, Héctor, Villegas-Torres, Oscar Gabriel, & Andrade Rodríguez, María. (2020). Rendimiento y calidad del chile habanero en respuesta a la poda de conducción y régimen nutrimental. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *11*(2), 315-325. Epub 15 de marzo de 2021.https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.1777

Ruiz-Lau, N., Medina-Lara, F., Minero-García, Y., Zamudio-Moreno, E., Guzmán-Antonio, A., Echevarría-Machado, I., & Martínez-Estévez, M. (2011). El déficit hídrico afecta la acumulación de capsaicinoides en los frutos de la jacq. *HortScience*, *46*(3), 487–492. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.3.487

Macías Rodríguez, H., Muñoz Villalobos, J. A., Velásquez Valle, M. A., Potisek Talavera, M. D., y Villa Castorena, M. M. (2013). CHILE HABANERO: DESCRIPCIÓN DE SU CULTIVO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, XII(2), 37-43.

Avilés-Baeza, W. I., Lozano-Contreras, M. G., & Ramírez-Silva, J. H. (2021). Evaluación de variedades de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo condiciones de invernadero en Yucatán, México. *Revista de la Biblioteca de Acceso Abierto*, 8(06), 1-10. https://doi.org/10.4236/oalib.1107515

Maldonado Astudillo, Y. I., Jimenez Hernández, J., & Salazar López, R. (2020). *Fisiología y tecnología postcosecha del chile habanero (Capsicum chinense Jacq.)*.

Chan-Cupul, W., Juárez-Cuevas, A., Gutiérrez-Campos, J. M., & Macedo-Barragán, R. J. (2020). Calidad de fruto y rendimiento de chile habanero Chocolate (*Capsicum chinense* Jacq.) en dos sistemas de cultivo. *Agricolis*, 2(1), 26. https://doi.org/10.29105/agricolis.v2i1.26

Sánchez, J. M., Pérez, J. A., Ramírez, M. E., & García, A. L. (2021). Rendimiento y calidad de chile habanero (Capsicum chinense) en diferentes sistemas de manejo y fechas de cosecha. Tropical Crop and Horticultural Journal, 19(1), 1662. https://doi.org/10.54167/tch.v19i1.1662