

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación Agronómica de Siete Genotipos de Chile Habanero en el Sureste de Coahuila Bajo Condiciones de Invernadero.

Por:

**ERODIN RODRÍGUEZ SÁNCHEZ**

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2021.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación Agronómica de Siete Genotipos de Chile Habanero en el Sureste de Coahuila Bajo Condiciones de Invernadero.

Por:

**ERODIN RODRÍGUEZ SÁNCHEZ**

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Neymar Camposeco Montejo  
Asesor Principal

Dr. Antonio Flores Naveda  
Coasesor

Dr. Josué Israel García López  
Coasesor

Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2021.

## Declaración de no plagio

El autor 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 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, 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



---

Erodin Rodríguez Sánchez

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le agradezco a **DIOS** quien me ha regalado la vida, por acompañarme en el caminar y a lo largo de mi carrera, por regalarme una vida llena de aprendizaje y experiencias, al darme la fuerza y el coraje para hacer este sueño realidad, por haberme guiado por el sendero correcto y estar en cada momento de mi vida y por todas las bendiciones que hoy me has dado. Gracias padre celestial.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, mi **ALMA MATER**, por abrirme sus puertas al haberme brindarme la oportunidad de forjarme en sus aulas, no solo como profesionista sino como una mejor persona de bien y hoy me atrevo a decir que soy **ORGULLOSAMENTE BUITRE** de la “**Antonio Narro**”.

Al **Dr. Neymar Camposeco Montejo** por darme la oportunidad de ser su tesista y brindarme la confianza para realizar este proyecto de investigación, sobre todo por el apoyo y paciencia en la revisión y aportación a este trabajo, por compartir sus conocimientos que me han servido de mucho.

Al **Dr. Antonio Flores Naveda** y al **Dr. Josué Israel García López** por su valiosa colaboración y ser parte del jurado calificador.

A mis amigos de toda la vida **Ervin** e **Iván** por esa valiosa amistad y confianza que hasta hoy hemos conservado.

A mis amigos del alma **Berni, Susi, Gladis** gracias por compartir tan gratos momentos en mi vida, por estar ahí cuando más los necesite, por su apoyo incondicional, en especial a mi amiga más querida **Lupita Aguilar Santana** gracias amiga por compartir momentos inolvidables llenos de alegría y felicidad, por la confianza inmensa que existió y seguirá por el resto de nuestras vidas, hoy les digo gracias por todo y que sigan cumpliendo todos sus propósitos y que dios padre me los bendiga siempre.

A mis compañeros y amigos de dormitorio a **Berni, Aldren, Derli, Cristian, Dani, Néstor, Ezequiel, Celino, Josué, Dayner**, por brindarme su confianza y apoyo

durante el tiempo que nos conocimos, por hacer sentirme como en casa y encajar bien en el pequeño grupito de amigos que siempre los recordare.

Al departamento de servicios asistenciales por brindarme su hospitalidad en sus bellos y acogedores dormitorios en especial palomares 2 curto 10.

Y por supuesto a todas aquellas personas que creyeron y confiaron en mí, a los que formaron parte de este caminar, por los buenos deseos y oraciones que en mi depositaron. Gracias.

## DEDICATORIA

**Como un pequeño homenaje... a mis dos grandes ejemplos de vida, mis padres...**

*Desde que un niño nace, los  
padres recorren con él cada trayecto hacia  
el éxito y superación. Hoy quiero felicitarlos por ser  
los padres que me sirvieron de guía, ejemplo y motivación  
para que tu hijo hoy alcance una meta más de  
su vida...*

**Con cariño y respeto:**

### **A MI PADRE**

**TRANCITO RODRÍGUEZ ROBLERO**, a ti papá por ser esa persona que me enseñó el amor al campo, eres un ejemplo para mí, me has inculcado y enseñado a ser una persona de bien, humilde y respetuoso como tú, agradezco por todas esas cosas que me has inculcado hoy me ha servido de mucho estando fuera de casa, gracias al esfuerzo y trabajo que has hecho para ver triunfar a tu hijo. Te amo papá.

### **A MI MADRE**

**RAFAELA SÁNCHEZ GARCÍA**, a ti mamá, gracias por los mejores consejos, tus palabras de aliento y motivación, por esos días de desvelo en los que te preocupaste en tenerme en tus brazos, por aquellos abrazos que para mí significaban protección y bendición al partir de casa, por todos esos esfuerzos que realizaste día a día. Te amo mamá.

Gracias papas por ser los pilares fundamentales de mi vida, por haberme guiado por los senderos correcto con sus sabios consejos, con mucho cariño y amor dedico todos mis esfuerzos, a ustedes gracias por convertirme en la persona que ahora soy, en reconocimiento a lo que hoy he logrado, por este triunfo que es de ustedes.

### **A MIS HERMANOS**

**ROXANA, ADAIR, ROCÍO Y BELINDA** por el cariño que siempre me han brindado y ser la fuente de alegría más grande en mi vida, por compartir cada momento de su vida en los buenos y malos, sin embargo, cuando derramaron una lagrima al verme partir de casa y que sea para ustedes un ejemplo de lucha y perseverancia. Los quiero hermanos.

### **A MIS ABUELOS**

**JAVIER (†), JESÚS (†) Y MANUEL (†)** por sus palabras de aliento y grandes bendiciones que me dieron, en especial a mis abuelas **EPIFANIA Y MARTINA (†)** dos personas maravillosas que formaron parte de vida de las cuales estoy inmensamente agradecido por las veces que se preocuparon por mí y sobre todo por todas esas bendiciones y oraciones que en mi depositaron. Los quiero.

### **A MIS TÍAS**

**RUFINA, EDUVINA Y EDDINEY** por el gran cariño y afecto que me tienen, por esos días en los que se han preocupado por mí, gracias por esos momentos de alegría y felicidad que hemos compartido juntos a lo largo de todo este tiempo. Gracias tías.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>RESUMEN</b> .....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	3
2.1. Objetivo general .....	3
2.2. Objetivos específicos .....	3
<b>III. HIPÓTESIS</b> .....	3
3.1. Hipótesis nula.....	3
3.2. Hipótesis alternativa .....	3
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
4.1. Origen y distribución.....	4
4.2. Descripción botánica .....	5
4.3. Clasificación taxonómica.....	5
4.4. Morfología del chile habanero .....	6
4.4.1. Raíz.....	6
4.4.2. Tallo .....	6
4.4.3. Hoja.....	6
4.4.4. Flor.....	7
4.4.5. Fruto.....	7
4.4.6. Semilla .....	7
4.4.7. Pungencia .....	7

4.5.	Importancia del chile habanero a nivel mundial .....	8
4.6.	Importancia nacional del chile habanero en México .....	9
4.7.	Importancia del chile en Coahuila .....	10
4.8.	Evaluación agronómica de genotipos en <i>Capsicum sp</i> .....	11
4.9.	El chile habanero en condiciones de invernadero.....	12
4.10.	El mejoramiento genético de chile habanero en México .....	13
4.11.	Tipos de mejoramiento de chile habanero en México .....	14
4.12.	Tipos de chile habanero en México.....	16
<b>V.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
5.1.	Ubicación y localización .....	18
5.2.	Material genético .....	18
5.3.	Descripción de la parcela experimental.....	18
5.4.	Labores culturales .....	19
5.4.1.	Siembra.....	19
5.4.2.	Trasplante .....	19
5.4.3.	Fertilización .....	20
5.4.4.	Riego.....	20
5.4.5.	Poda.....	21
5.4.6.	Tutorado.....	22
5.4.7.	Control de plagas y enfermedades .....	22
5.4.8.	Cosecha .....	23
5.4.9.	Variables agronómicas evaluadas .....	23
5.5.	Diseño experimental y análisis estadístico .....	24
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>25</b>
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>32</b>
<b>VIII.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>33</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Código de identificación, color del fruto y origen de los genotipos de chile habanero ( <i>Capsicum chinense</i> Jacq.) evaluados. ....	18
<b>Cuadro 2.</b> Solución nutritiva (SN) utilizada en la etapa final del cultivo de chile habanero bajo condiciones de invernadero. ....	20
<b>Cuadro 3.</b> Varianza y comparación de medias de rendimiento y componentes de rendimiento en siete genotipos de chile habanero evaluados en el sureste de Coahuila. ....	25
<b>Cuadro 4.</b> Varianza y comparación de medias de variables de desempeño agronómico de siete genotipos de chile habanero evaluados en el sureste de Coahuila. ....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Plantas de chile habanero producidas previas al trasplante en las macetas. ....	19
<b>Figura 2.</b> Sistema de fertirrigación instalado. ....	21
<b>Figura 3.</b> Poda de tallos laterales basales y hojas viejas. ....	21
<b>Figura 4.</b> Tutoreo de plantas de chile habanero usando carrizos atadas con rafia. ....	22
<b>Figura 5.</b> Rendimiento de siete genotipos de chile habanero, probados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. ....	28
<b>Figura 6.</b> Diámetro polar de frutos de siete genotipos de chile habanero, probados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. ....	29
<b>Figura 7.</b> Diámetro ecuatorial de frutos de siete genotipos de chile habanero, probados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. ....	30
<b>Figura 8.</b> Altura de planta de siete genotipos de chile habanero, probados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. ....	31

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico de siete genotipos de chile habanero, dentro ellos materiales criollos y selecciones derivadas de la variedad Jaguar en el sureste de Coahuila y determinar su potencial para incluirlos en un programa de mejoramiento genético para la producción de semillas mejoradas en el sureste de Coahuila. La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Fue bajo condiciones de invernadero de baja tecnología, se utilizó un diseño experimental completamente al azar con siete tratamientos (genotipos) y cuatro repeticiones cada uno, la distancia entre plantas fue de 0.30 m y entre surcos fue 1.5 m, cultivadas en macetas. Para optimizar el uso de agua se implementó un sistema de fertirrigación por goteo localizado. Las variables evaluadas fueron: rendimiento en planta, número de frutos por planta, peso promedio de frutos, diámetro ecuatorial del fruto, diámetro polar del fruto, altura de planta, diámetro de tallo basal, longitud de hoja y ancho de hoja. El análisis estadístico (ANOVA  $p \leq 0.05$ ) se realizó en el software SAS 9.0 (sistema de análisis estadísticos) y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del  $p \leq 0.05$ . Los resultados que se obtuvieron a través del análisis y comparación de medias de Tukey, muestran que no existen diferencias significativas para la variable rendimiento por planta, número de frutos por planta y peso promedio de frutos, en diámetro ecuatorial de fruto, los genotipos con resultados mayores a 40 mm de longitud son el HCN-1, HNC-7 y HCN-6 mientras que los genotipos HNC-6, HNC-7 y HNC-5 expresaron los mejores resultados de diámetro polar del fruto. Para la variable altura de planta destaca el genotipo HNC-4, aunque en el mismo grupo estadístico también se encuentran los genotipos HNC-2, HNC-7 y HNC-1. En diámetro de tallo basal se observó un compartimento estadístico similar en la mayoría de los genotipos, a excepción del genotipo HNC-1 que obtuvo menos diámetro de tallo. Los genotipos mostraron un buen desempeño agronómico, no obstante, muy similares en sus atributos agronómicos, en las evaluaciones se observaron tendencias que expresan un buen desempeño agronómico por la calidad de los frutos en los genotipos HNC-6, HNC-7 y HNC-5, se observan diferencias en algunas variables debido a la existente variabilidad genética

presentes en los genotipos colectados en Yucatán y las selecciones de la variedad “Jaguar”, por lo tanto, podrían incluirse en programas de mejoramiento genético enfocado a atender otras regiones del norte de México.

**Palabras claves:** desempeño agronómico, *Capsicum chinense* Jacq., caracterización, mejoramiento genético.

## I. INTRODUCCIÓN

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), es originario de Sudamérica, de las tierras bajas de la cuenca amazónicas. Los frutos del chile habanero se caracterizan por ser de las más picantes de las especies de *Capsicum* (Long, 2011). El género *Capsicum* es característico por su alto nivel de pungencia conferido por metabolitos presentes en el fruto como son capsaicina, dihidrocapsaicina y otros compuestos capsaicinoides (López-Puc *et al.*, 2020). Debido a estas características culinarias conferidas por factores genéticos y ambientales ha adquirido gran demanda en países como Japón, China, Estados Unidos, Alemania, Italia y Corea del Sur. (SADER, 2018). Sin embargo, los únicos países que se sabe exportan esta especia son Belice y México (Ruiz *et al.*, 2011).

El cultivo de chile habanero tiene múltiples usos, se usa como condimento, verdura y colorante en las cocinas del mundo, y tiene, además, diferentes usos industriales (Aguilar *et al.*, 2018). Adicionalmente contiene una gran actividad antioxidante debido a altas concentraciones de vitamina C,  $\beta$ -caroteno y compuestos fenólicos (Navarro *et al.*, 2006), todos de importancia nutrimental en la medicina preventiva (Ferruzzi and Blakeslee, 2007).

En el sureste de México es muy conocido, donde forma parte de la gastronomía regional, principalmente en regiones de climas tropicales en los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, aunque también se han iniciado en regiones áridas como los estados de Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Nuevo León, San Luis Potosí y Coahuila. Los rendimientos en México comprenden de 18.32 toneladas por hectárea generando 21, 973.81 toneladas anuales (SIAP, 2021). Existen factores que limitan la producción de chile habanero de las cuales se presentan incidencia de plagas y enfermedades. El cultivo de chile habanero bajo ambiente controlado se puede mejorar al tiempo que se controlan las condiciones ambientales y de esta manera se reduce la presencia de patógenos maliciosos y se mejora la eficiencia de riego (Hartz *et al.*, 1993). La producción de chile habanero bajo condiciones de invernadero es de alta rentabilidad, siendo un cultivo competitivo y de mayor demanda en el mercado nacional e internacional, aunque en otros aspectos es exigente en condiciones climáticas

ya que no tolera temperaturas por debajo de 15° C (Rodríguez, 2017 y Macías *et al.*, 2013).

Los fitomejoradores han puesto su interés en esta especie de chile, para realizar mejoramiento genético con el fin de obtener nuevas variedades mejoradas, por ser un cultivo de alta demanda en el mercado sobre todo el de exportación, el mejoramiento para la obtención de nuevas variedades de plantas implica la aplicación de métodos estrictos para llegar al objetivo requerido, para ello existen métodos clásicos (selección masal, genealógica o hibridación) o biotecnológicos (González *et al.*, 2018), la obtención de fenotipos con características deseables dentro de poblaciones, se ha seguido a través de metodologías implementadas acorde a los objetivos perseguidos (Tanskley, 1984).

La caracterización fenotípica de chile habanero nos permite iniciar un programa de mejoramiento genético (Pardey *et al.*, 2006; García, 2007; Palacios y García, 2007). Por lo tanto, el presente trabajo se realizó para la evaluación agronómica de genotipos de chile habanero, para conocer su potencial agronómico y de rendimiento bajo condicione de invernadero en el sureste de Coahuila.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar el comportamiento agronómico de siete genotipos de chile habanero en el sureste de Coahuila y determinar su potencial para incluirlos en un programa de mejoramiento genético para la producción de semillas mejoradas en el sureste de Coahuila.

### **2.2. Objetivos específicos**

Evaluar el rendimiento, componentes de rendimiento y caracteres morfológicos de siete genotipos de chile habanero en el sureste de Coahuila bajo condiciones de invernadero.

Seleccionar los genotipos de chile habanero con el mejor comportamiento agronómico para implementar un programa de mejoramiento genético.

## **III. HIPÓTESIS**

### **3.1. Hipótesis nula**

Todos los genotipos de chile habanero presentan el mismo comportamiento agronómico bajo condiciones de invernadero.

### **3.2. Hipótesis alternativa**

Al menos uno de los siete genotipos de chile habanero presenta mejor comportamiento agronómico bajo condiciones de invernadero.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Origen y distribución

El *Capsicum* forma parte de la familia de las solanáceas y, como la gran mayoría de las plantas de este grupo, tuvo su origen en América del Sur. El género (una subdivisión de una familia con una o más especies relacionadas) de plantas incluidas entre veinte y treinta especies silvestres y únicamente cinco especies domesticadas, dentro de ellas el *Capsicum chinense*, cuya especie silvestre ha sido encontrada en las zonas amazónicas (McLeod *et al.*, 1982).

Diversos estudios han definido como centro de origen del género *Capsicum* a una gran área ubicada entre el sur de Brasil y el este de Bolivia, el oeste de Paraguay y el norte de Argentina. En esta región se observa la mayor distribución de especies silvestres en el mundo (Ruiz *et al.*, 2011). El chile habanero proviene de las tierras bajas de la cuenca amazónica y de ahí se dispersó a Perú durante la época prehispánica. La distribución también se dirigió hacia la cuenca del Orinoco (ubicada actualmente en territorios de Colombia y Venezuela) hacia Guyana, Surinam, Guyana Francesa y las Antillas del Caribe. Se ha sugerido que la introducción prehispánica del chile habanero en el Caribe se debió a migraciones indígenas de agricultores y alfareros procedentes de Sudamérica, pertenecientes a grupos arahuacos (originarios de Puerto Rico) que viajaron por las Antillas Menores hasta llegar a Puerto Rico, La Española (República Dominicana y Haití), Jamaica y Cuba, entre los años 250 d.C. y 1,000 d.C. (Andrews, 1995). Al igual Andrews (1999) señala que pudo haber sido por vía terrestre a través de nexos comerciales, se cree que fue introducido a la península de Yucatán vía Cuba (Aguirre *et al.*, 2015).

La situación del chile habanero en México es que en 2010 se obtuvo la certificación de origen del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) de la península de Yucatán, siendo el estado de Yucatán el principal productor (Borges *et al.*, 2014). La amplia diversidad del chile habanero (*Capsicum chinense*) en la península de Yucatán, considerada como un centro de reserva genética de este fruto por ser una de las regiones geográficas con mayor diversidad de estas especies (Narváez, 2018).

## **4.2. Descripción botánica**

El chile (*Capsicum chinense* Jacq.), también es conocido como chile congo, chocolate, chile porrón y ají chombo, es una hortaliza con mucho potencial comercial en México. Es considerado como el chile más picante en el mundo por ser de los que presenta los mayores niveles de picor o pungencia en unidades Scoville, características relacionadas con factores genéticos y ambientales (Intagri, 2019).

La especie de chile conocido botánicamente con la nomenclatura taxonómica de *Capsicum chinense*, es conocida en la península de Yucatán y Belice con el apelativo “chile habanero”. Esta especie se caracteriza por ser la más picante de todas las especies de *Capsicum*. La planta de la especie crece a una altura de 40 a 75 centímetros (Long, 2011), según los factores ambientales pueden alcanzar un tamaño de hasta 2,5 metros de alto (FIRCO, 2017). El cáliz carece de dientes, pero presenta una indentación marcada entre la base y el pedúnculo. La planta produce de dos a seis frutos por nudo, de forma esférica o alargada y de gran variación en el tamaño. Los frutos inmaduros se presentan de color verde y van adquiriendo un tono anaranjado, amarillo, salmón, rojo o café al madurar. El fruto tiene un aroma característico que algunos consumidores relacionan con el olor del chabacano y que es considerada una característica distintiva a las demás especies (Long, 2011).

## **4.3. Clasificación taxonómica**

Según USDA (2011), la clasificación taxonómica del chile habanero es la siguiente:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solaneceae

Género: *Capsicum* L.

Especie: *Capsicum chinense* Jacq.

#### **4.4. Morfología del chile habanero**

Es una planta de ciclo anual, que puede alcanzar hasta 12 meses de vida, dependiendo del manejo agronómico (Ruiz *et al.*, 2011). Tiene hábitos de crecimiento indeterminado, comportándose como una planta perenne. El tallo principal está bien diferenciado, con variación en cuanto al tipo de ramificación la cual, generalmente, es recta y produce de 3 a 5 ramas primarias por 9 a 13 ramas secundarias (Soria *et al.*, 2002).

##### **4.4.1. Raíz**

Tiene una raíz principal de tipo pivotante, que profundiza de 0.40 a 1.20 metros, con un sistema radicular bien desarrollado, cuyo tamaño depende de la edad de la planta, las características del suelo y las prácticas de manejo que se le proporcionen; puede alcanzar longitudes mayores a los 2 metros (Ruiz *et al.*, 2011).

##### **4.4.2. Tallo**

Es cilíndrico, erecto, glabro o pubescente. Presenta una altura de 30 a 120 cm y un diámetro que oscila entre 0.9 y 3.1 cm. Muestra una tendencia a formar tres tallos en primera ramificación (Soria *et al.*, 2002).

##### **4.4.3. Hoja**

Las hojas son simples, lisas, alternas y de forma lanceoladas, de tamaño variable. Los mismo su color de follaje el cual puede presentar diferencias de

tonos de verde dependiendo de la variedad (Tun-Dzul, 2001). Presenta escasa pubescencia, su longitud es de 11.5 cm y el ancho es de 4.8 cm (Trujillo, 2005).

#### **4.4.4. Flor**

La floración inicia cuando la planta empieza a ramificarse. Las flores se presentan solitarias o en grupos de dos o más en cada una de las axilas, y son blancas. Su tamaño varía entre 1.5 y 2.5 centímetros de diámetro de la corola. El número de sépalos y pétalos es variable, de cinco a siete, aun dentro de la misma especie, lo mismo que la longitud del pedúnculo floral (Ruiz *et al.*, 2011). Las flores son hermafroditas y frecuentemente tri o tetralocular (lóculos) y el estigma usualmente se encuentra a nivel de las anteras lo cual facilita la autopolinización (Guenkov, 1974, citado por Ramírez, 2003).

#### **4.4.5. Fruto**

El fruto del chile habanero es una baya hueca en forma de trompo, poco carnosa, con dos y hasta ocho hojas modificadas que constituyen el aparato reproductor femenino de la flor y se denominan carpelos. El fruto es muy picante y aromático, su color antes de alcanzar la madurez, generalmente es verde; sin embargo, cuando madura puede presentar variantes de color amarillo, naranja, rojo, morado o café. Las paredes que dividen el interior del fruto son incompletas y en el extremo inferior se unen para formar unas estructuras membranosas que comúnmente denominamos venas, las cuales se insertan en la placenta que es de color blanco amarillento y de apariencia esponjosa (González *et al.*, 2006).

#### **4.4.6. Semilla**

Las semillas son lisas, ovaladas y pequeñas (2.5-3.5 mm), tienen testa de color café claro o café oscuro y su período de germinación varía entre 8 y 15 días (Tun-Dzul, 2001). Por fruto se puede encontrar entre 20 y 50 semillas, factor relacionado directamente con las condiciones ambientales en que se desarrolla en el cultivo (Trujillo, 2005).

#### **4.4.7. Pungencia**

El género *Capsicum* produce diferentes metabolitos, de los cuales, los más característicos son los capsaicinoides, los cuales les confieren el picor o pungencia a los frutos, provocando una sensación de ardor que se percibe al comer el chile, que se debe a la presencia de capsaicina, dihidrocapsaicina y otros compuestos capsaicinoides que son sintetizados en los frutos. La producción de capsaicinoides puede ser atribuida al genotipo, al ambiente y a la interacción genotipo-ambiente (López-Puc *et al.*, 2020).

#### **4.5. Importancia del chile habanero a nivel mundial**

El chile es un recurso multifacético, se utiliza como condimento, verdura y colorante en las cocinas del mundo, y tiene, además, diferentes usos industriales que generan fuertes divisas. Aunque se cultiva en diversas regiones del planeta, en el continente americano tiene su centro de origen y es donde se encuentra su mayor diversidad morfológica (Aguilar, 2018).

A nivel mundial el chile es una de las principales hortalizas cultivadas, con una producción de 38,027,164 toneladas anuales y creciendo a un ritmo de 1.8%. La superficie cosechada del cultivo es de 1,990, 850 hectáreas que al igual tuvo un incremento de 0.04% en el mismo periodo. Con respecto a los países productores de chile, china se reporta para 2019 como el principal productor a nivel mundial con el 49.90% de la producción mundial, seguido por México (8.51%), Turquía (6.93%), Indonesia (6.80%), España (3.68%), Estados Unidos de América (2%), Nigeria (1.98%), Egipto (1.77%), Argelia (1.64%) y Republica de Carea (1.16%), estos 10 países conforman el 84.42% de la producción mundial de chile (FAOSTAT, 2019).

El chile habanero tiene gran demanda en Estados Unidos, ya que se considera dentro de los más picantes y aromáticos. Los únicos países que se sabe exportan esta especia son Belice y México; generalmente se hace en forma de pasta, para ser utilizada en la preparación de salsas verdes y rojas de chile habanero, que se distribuyen en el mercado nacional, Estados Unidos y Canadá (Ruiz *et al.*, 2011).

Gracias a su excelencia en calidad e inocuidad, ha adquirido la importancia comercial para lograr fracciones arancelarias que le abren oportunidad de

exportación en diversas modalidades (fresco, en polvo y en salsas), a países como Japón, China, Estados Unidos, Alemania, Italia y Corea del Sur. (SADER, 2018).

#### **4.6. Importancia nacional del chile habanero en México**

El chile tiene una larga tradición de dieta alimentaria de la población mexicana, por lo tanto, es uno de los atributos que la identifica y ha sido muypreciado como condimento desde tiempos prehispánicos (Latournerie *et al.*, 2002). En México existen más de 100 variedades de chile de los cuales los más comunes son el chile verde o serrano, el habanero, el pimiento morrón, el jalapeño y el chile poblano (SADER, 2020.). El chile habanero tiene gran importancia económica por ser uno de los vegetales que en la actualidad es demandado en el mercado nacional e internacional no sólo como alimento, sino también por ser una fuente excelente de colorantes naturales y compuestos fitoquímicos benéficos para la salud tales como los capsaicinoides (Navarro *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2009; Chan *et al.*, 2011).

Su producción es considerada una de las actividades económicas primarias más importantes y, gracias a los altos estándares de inocuidad y de calidad que presenta el chile mexicano, es uno de los productos más consumidos a nivel mundial donde Canadá, Japón y Estados Unidos son los principales compradores. Logrando así posicionarse en el segundo país en producción mundial de chile después de china, con exportaciones a 42 países (SADER, 2020).

El chile habanero (*Capsicum chinense*) es uno de los chiles más producidos por su alta rentabilidad, competencia y demanda en el mercado. En México, son varios los estados que actualmente están produciendo chile habanero: Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Jalisco, Veracruz, Baja California Sur, San Luis Potosí, Chiapas, Sonora, Michoacán, Nayarit, Sinaloa, Chihuahua y Colima. De éstos, Yucatán ocupa el primer lugar como productor nacional de chile habanero (Enriquez, 2012). Para el año 2012 estadísticamente se tenían registrado 14 estados productores de habanero, para el 2013 y 2015 ya se

contaban con 17 más y para el año 2020 ya eran 19 estados en producción de este tipo de chile (SIAP, 2021).

En 2020 la producción nacional de chile habanero fue de 21, 973.81 toneladas en una superficie de 1,283.45 hectáreas, generando así un valor de \$ 371.980 millones de pesos, de los cuales los estados con mayor producción fueron Sinaloa (38.28%), Tabasco (11.17%), Campeche (9.11%) y Yucatán (7%). En base al ciclo anual, la producción es mayor en otoño-invierno con el 72.13%, mientras que para primavera-verano se obtuvo el 27.86 (SIAP, 2021).

#### **4.7. Importancia del chile en Coahuila**

En el norte del país, que comprende los estados de Nuevo León, Coahuila, Chihuahua, Sonora y la Península de Baja California, se registran diferentes variantes de chile piquín o chiltepín (Vera *et al.*, 2016). Coahuila, destinado como una zona de producción de chile, en donde La Comarca Lagunera contribuye con la siembra de casi mil hectáreas de chile en 12 municipios, enfatizando que dicha región fue donde se llevó a cabo la 15ª convención mundial del chile, de igual manera la región laguna, se cuenta la mayor superficie de riego en donde sobresalen los cultivos de forrajes, melón, nuez, algodón y maíz; así como la producción de hortalizas, como tomate y chile en invernaderos y malla sombra (SADER, 2018).

El chile habanero en Coahuila comienza a cobrar vida en 2013 registrándose así sus primeras estadísticas de producción, iniciando con 6 hectáreas de superficie sembrada con una producción de 140.34 toneladas anuales obteniendo rendimientos de hasta 23.39 toneladas por hectárea, para el 2020 el chile habanero aporta una producción de 210.50 toneladas anuales generando un 0.96% del total de la producción anual que se genera en el país, posicionándose así en el decimocuarto lugar de los estados productores de este cultivo, la superficie destinada a la producción del cultivo es de 10 hectáreas con rendimientos de 21.05 toneladas por hectárea. (SIAP, 2021).

#### 4.8. Evaluación agronómica de genotipos en *Capsicum sp*

La evaluación agronómica es una actividad a través de la cual se valoran las características cuantitativas de las accesiones o genotipos que conforman una colección de trabajo con el fin de iniciar un programa de mejoramiento genético (Pardey *et al.*, 2006; García, 2007; Palacios y García, 2007). Las evaluaciones agronómicas permiten conocer el potencial productivo que posee un cultivo; no obstante, las evaluaciones fenológicas y fisiológicas son un reflejo de su productividad y permiten relacionar las respuestas de las plantas con el ambiente (Jaimez and Rada, 2016).

Diversos autores describen las principales características agronómicas del género *Capsicum* en relación a las variables cuantitativas:

**Altura de planta:** Para algunas variedades mejoradas de *Capsicum*, la altura de planta es una característica asociada a mayor rendimiento en la medida que se relacione con mayor cantidad de nudos y con la mayor radiación que pueda interceptar (Linares, 2004; Elizondo, 2017). En algunas ocasiones la altura de la planta es mayor conforme aumenta la densidad de siembra (Jovicich *et al.*, 2004; Seifi *et al.*, 2012).

**Diámetro de tallo:** el diámetro del tallo de la planta nos orienta a que, entre mayor sea el valor para esta variable, mayor es la capacidad para soportar el peso de órganos principales como ramas, flores y frutos, y a su vez disminuye el riesgo de que el tallo se quiebre por un exceso de peso de la parte aérea de la planta (Elizondo, 2017).

**Diámetro polar y ecuatorial del fruto:** el tamaño final del fruto está estrechamente correlacionado con el número de semillas y de lóculos; también se ve influido por la cantidad de asimilados provenientes de las hojas, la temperatura ambiental, la temperatura interna del fruto y la luminosidad (Pineda, 2000).

**Peso de fruto:** las diferencias en el peso de los frutos se atribuyen a la composición genética y al ambiente, pues el componente varietal tiene una gran influencia sobre la velocidad de crecimiento, el tamaño final y la forma del fruto (Azcón y Talón, 1993; Arjona *et al.*, 1992).

**Número de frutos por planta:** las condiciones agroclimáticas determinan esta variable, como ejemplo: La temperatura determina el cuajado de frutos; Baja radiación presenta tallos débiles y dificultad en la cosecha; Vientos ocasionan rupturas de ramas; Precipitación presenta condiciones propicias para el desarrollo de hongos; Humedad relativa presenta dificultad en la fecundación (Guato, 2017).

**Rendimiento:** el rendimiento es de las variables que más determinan la selección de un genotipo o accesión en este sentido, Fabeiro *et al.* (2002) mencionan que el rendimiento de las plantas tiene un comportamiento lineal cuando se incrementa la humedad del suelo, pero llegan a un nivel en donde un mayor contenido de humedad no se traduce en un mayor rendimiento. La competencia en el chile habanero genera inconveniencias causadas por la proximidad de las plantas vecinas y que pueden ser: disminución de disponibilidad de luz, espacio, agua o nutrientes para cualquier planta individual, cuando su follaje o área radicular se traslapa con la de otro individuo, entre los factores más importantes que deciden la densidad de siembra óptima para un cultivo, están las características morfológicas de las plantas, las cuales deben de tener condiciones ambientales para que puedan desarrollarse sin limitantes y expresar la capacidad genética (Cruz *et al.*, 2020).

#### **4.9. El chile habanero en condiciones de invernadero.**

La producción de chile habanero a campo abierto, ha sido limitada por una serie de factores entre los que se encuentran la incidencia de plagas y enfermedades, programación eficiente del riego y control de la nutrición. Bajo sistemas de producción en condiciones de invernadero se pueden controlar las condiciones ambientales y reducir las infestaciones por enfermedades y plagas. Además, en años recientes, el riego por goteo ha sido usado ampliamente en la producción del cultivo de chile ya que hace posible una distribución de agua eficiente y una completa flexibilidad en relación a la fertirrigación (Hartz *et al.*, 1993).

Al año 2010 se cuantificaron en México 12,000 hectáreas que han aplicado la agricultura protegida con cultivos de tomate, pimiento, pepino y chile habanero, siendo este último el más rentable en el mercado nacional y de exportación. Los

estados productores de chile habanero se localizan en la península de Yucatán: Campeche y Quintana Roo. Los rendimientos a campo abierto varían de 10 a 40 toneladas de chile por hectárea, y es en Quintana Roo donde se ha desarrollado la tecnología de producción bajo condiciones de invernadero, específicamente en la empresa social Hidroponía Maya, que opera con mediana tecnología (Macías *et al.*, 2013).

Rodríguez (2017) menciona que el chile habanero es uno de los más producido en invernadero debido a su alta rentabilidad, retornos económicos, competencia y demanda en el mercado. Es un cultivo exigente en aspectos climáticos como lo es la temperatura. La temperatura del chile habanero varía aproximadamente entre los 25° y los 30°, abajo de una temperatura de 15° no se desarrollaría óptimamente el cultivo. En cuestiones de humedad en chile habanero, como cuenta con una alta retención de humedad, no es necesario mantener altos los niveles. El cultivo está listo para cosechar cuando adquiere un tamaño mediano y un color amarillo, rojo o verde dependiendo de su tipo y su periodo de cosecha es de aproximadamente 85 días a cielo abierto y 130 en invernadero, la cantidad de producción en invernadero de este cultivo en condiciones óptimas es de 90-100 toneladas al año por hectárea y el cultivo se vende 18-20 pesos por Kilo por lo que lo hace un cultivo muy rentable.

#### **4.10. El mejoramiento genético de chile habanero en México**

Los recursos fitogenéticos son la base del mejoramiento genético de las plantas, tanto por métodos clásicos como por métodos biotecnológicos, o por la complementación de ambos métodos de mejora. En el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) se conserva el germoplasma de chile habanero, representado por alrededor de 250 colectas de las que se ha podido caracterizar solo 25% de las accesiones conservadas. Esta colección es una de las más completas de la especie en el ámbito internacional (González *et al.*, 2018). Con el objetivo de preservar la diversidad genética y aprovechar los recursos genéticos para generar variedades mejoradas de chile habanero (*Capsicum chinense*), desde hace alrededor de 20 años el (CICY) ha trabajado para establecer un Banco de Germoplasma de esta especie, único en México (CICY, 2019).

En México los trabajos de investigación se han enfocado a los chiles de tipo pungente, en donde la introducción y selección de líneas puras han figurado como las principales estrategias de mejoramiento genético en este cultivo. Existen algunos híbridos y variedades comerciales actualmente (Luna y Vásquez, 1996). La obtención realizada por instituciones públicas y empresas privadas. Entre las instituciones públicas, podemos destacar al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y al Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) como las que han impulsado programas de mejoramiento genético en el chile habanero, con la intención de proporcionar variedades que resistan enfermedades, principalmente causadas por hongos o virus y con características que sean de interés para las distintas industrias (Santana *et al.*, 2014).

Investigadores del INIFAP han logrado desarrollar variedades de chile habanero muy bien aceptadas en el mercado como la variedad de polinización libre Mayapán se obtuvo mediante el método de selección masal en las primeras etapas y selección uniseminal en el proceso final (Trujillo *et al.*, 2006), las variedades Jaguar y Calakmul se obtuvieron por selección masal al inicio y por pedigrí al final (Berny, 2011; Ramírez *et al.*, 2012) y las variedades híbridas H-CHYUC-HN05 y H-CHYUC-HR11 se obtuvieron por cruzamiento simple. Por otra parte, el CICY ha logrado obtener 10 variedades y 10 híbridos de chile habanero, los cuales conservan los atributos característicos del chile habanero de la Península de Yucatán (aroma, sabor y picor), en este reservorio genético de *Capsicum chinense* donde se ha ido realizando mejoramiento, tanto por selección como por cruzamiento, lo que no solo ha permitido generar nuevas variedades, si no también híbridos F1 en los que se conservan características de los materiales criollos (CICY, 2019).

#### **4.11. Tipos de mejoramiento de chile habanero en México**

El mejoramiento genético en las variedades de uso agrícola ha sido a través de selección. La elección de la metodología a emplear depende de principalmente de los objetivos perseguidos y del sistema de reproducción de la especie. Si bien la mayoría de las especies del género *Capsicum* son autógamas. El chile habanero, la obtención de variedades se ha realizado generalmente a través de

la selección de fenotipos promisorios dentro de las poblaciones, o bien siguiendo los esquemas de la mejora genética clásica, es decir, hibridación seguida de la selección (Tanskley, 1984).

Los objetivos de un programa de mejoramiento genético en Chile se enfocan a los siguientes apartados: hacia características culinarias como sabor, tamaño del fruto y color, resistencia a patógenos, alto rendimiento, precocidad, concentración de cosecha y a la obtención de híbridos (Pérez *et al.*, 1998)

En México, el mejoramiento genético en *Capsicum chinense* es de suma importancia y relevancia con fines de obtener mejores variedades para las diferentes zonas del país y con mejores características de resistencia a plagas y enfermedades. El mejoramiento de Chile habanero en México ha sido realizado por instituciones como el CICY e INIFAP, y entidades predecesoras, sin embargo, en la actualidad universidades e instituciones de enseñanza e investigación nacionales también realizan fitomejoramiento en diversas especies cultivadas (Santana *et al.*, 2014 y Puc, 2015), en Chile, por ser una planta autógena, los métodos más empleados para su mejoramiento son: la selección masal, la genealógica o de pedigrí y las retrocruzas.

El método de selección masal es el más antiguo que se ha empleado y se basa en la selección de un gran número de individuos con características fenotípicas similares, para mezclarlos y constituir de este modo la generación siguiente. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario hasta que la población se torne homogénea. Es eficiente en poblaciones heterogéneas constituidas por mezclas de líneas puras en especies autógenas. La idea principal de la selección masal es que al escoger los mejores fenotipos se mejora el nivel de la población con la reunión de los fenotipos superiores ya existentes. Es generalmente poco utilizada para características de baja heredabilidad (Ramírez y Méndez, 2018).

El método de selección genealógica o de pedigrí implica mantener registros de los cruzamientos y su progenie. Incluye hacer selecciones de una sola planta y autopolinizarla. El pedigrí de las auto-cruzas se registra en combinación de las características deseadas. Este sistema produce líneas homogéneas (Pérez *et al.*, 1998).

En el método de retrocruza se utiliza un cultivar sobresaliente como progenitor recurrente, realizando un cruzamiento inicial con otro cultivar donador de una característica deseada, seguido de retrocruzas sucesivas con el progenitor recurrente, pero conteniendo el rasgo adicional deseado del material donador (Pérez *et al.*, 1998).

El CICY ha venido desarrollando trabajos de selecciones con el fin de obtener nuevas variedades implemento el método de selección masal para su esquema de mejora genética (González *et al.*, 2018), al igual que el INIFAP ha recurrido al método de selección masal y pedigrí (Berny, 2011; Ramírez *et al.*, 2012).

#### **4.12. Tipos de chile habanero en México**

México cuenta con la mayor diversidad genética del género *Capsicum*. Yucatán es considerada como centro de reserva genética de *Capsicum chinense* Jacq., por ser una de las regiones geográficas con mayor diversidad de la especie. Esta diversidad está representada por una amplia gama de colores y tonalidades, formas, tamaños, aromas, sabor y pungencia del fruto. Se exponen los diferentes “tipos” de chile habanero (naranja, rojo, amarillo, blanco y morado) que integran la diversidad (Santana, 2018).

Puc, (2015) describe los cultivares de la especie de chile habanero según su coloración:

**Habanero Amarillo.** Se cultiva en la zona de Oxkutzcab, Yucatán. Sus frutos son puntiagudos, pungentes, de color amarillo, 2.5 cm de diámetro y 5 cm largo.

**Habanero Anaranjado.** También se encuentra en la zona de Oxkutzcab, Yucatán. Es de frutos puntiagudos, pungentes, de color anaranjado, 2.5 cm de diámetro y 4 cm de largo.

**Habanero Rojo.** Se cultiva en la zona de Xocchel, Yucatán. El fruto es ovado, puntiagudo, oscuro brillante de color rojo, 2 cm de diámetro y 4 cm de largo.

**Habanero morado.** No se sabe que se cultive con fines comerciales, en el estado de Yucatán es raro encontrarlo. En Quintana Roo, se le encuentra en huertos familiares, es el más picoso y rústico que se conoce, frutos de 2.5 cm de diámetro y 2 a 3 cm de largo.

**Habanero blanco.** Se le conoce con este nombre a un tipo de habanero rojo, que en un estado temprano de madurez se diferencia del otro rojo en la tonalidad del fruto es verde más claro y de forma achatada. Se cultiva en la zona de Valladolid y Tizimín, Yucatán (Tun-Dzul, 2001).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Ubicación y localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, dentro de un invernadero tipo gótico de baja tecnología perteneciente al Departamento de Fitomejoramiento, que se encuentra localizado en las siguientes coordenadas geográficas 25° 21' 15'' latitud Norte y 101° 02' 03'' longitud W y una altitud de 1774 msnm, con una temperatura promedio de 16.4 °C, hay alrededor de precipitaciones de 370 mm anuales, con un clima cálido-templado.

### 5.2. Material genético

El material genético que se empleó para el presente trabajo, fueron siete genotipos de chile habanero, la selección de dicho material fue en base a la disponibilidad de material genético, es decir, genotipos criollos de Yucatán y selecciones realizadas en la variedad Jaguar en el estado de Coahuila (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Código de identificación, color del fruto y origen de los genotipos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) evaluados.

Genotipo	Color	Origen	Tipo	Ciclo de selección en Coahuila
HNC-1	Naranja	Yucatán	Criollo	1
HNC-2	Naranja	Jaguar	Selección	2
HNC-3	Naranja	Jaguar	Selección	2
HNC-4	Naranja	Jaguar	Selección	2
HNC-5	Naranja	Yucatán	Criollo	1
HNC-6	Naranja	Yucatán	Criollo	1
HNC-7	Naranja	Jaguar	Selección	2

### 5.3. Descripción de la parcela experimental

El establecimiento de experimento se llevó a cabo en un invernadero tipo gótico de baja tecnología, con un diseño experimental completamente al azar, con siete

tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. La distancia entre plantas fue de 0.30 m y entre surcos fue 1.5 m, generando así una densidad de población de 22,300 plantas por hectárea.

#### **5.4. Labores culturales**

Se realizó limpieza dentro del invernadero cada semana para eliminar maleza y restos de material inerte.

##### **5.4.1. Siembra**

La siembra de las semillas de los genotipos se realizó el cuatro de mayo, se sembró en una charola de poliestireno de 200 cavidades con sustratos para germinación de peat moss y perlita con porcentajes de 70/30% respectivamente, se sembraron 20 semillas de cada genotipo, estas fueron colocadas en el mismo invernadero de la UAAAN, para su germinación óptima, crecimiento y trasplante dentro del mismo invernadero.

##### **5.4.2. Trasplante**

El trasplante se llevó a cabo el 24 de julio de 2019, cada plántula se colocó de forma manual en las macetas (Figura 1)., colocando siete surcos con los diferentes genotipos, cada surco con ocho plantas respectivamente. Después de haber realizado esta actividad se prosiguió al cuidado del cultivo para realizar los riegos, fertilizaciones, podas y la aplicación de productos químicos para controlar plagas y enfermedades.



**Figura 1.** Plantas de chile habanero producidas previas al trasplante en las macetas.

### 5.4.3. Fertilización

La fertilización consistió en la aplicación de soluciones nutritivas, después de haber colocado las plántulas en las macetas, proseguimos a la aplicación del fertilizante para su crecimiento y desarrollo, con la intención de lograr alto vigor y rendimiento en las plantas, por lo cual se usaron tres aplicaciones con diferentes fertilizantes en diferentes etapas fenológicas.

La primera fertilización fue el dos de agosto de 2019 en donde el cultivo se encontraba en arraigo después del trasplante, la cual consistió en la aplicación de una dosis de 200-86-166 partes por millón (ppm) de N-P-K misma que se mantuvo hasta el 19 de septiembre. La segunda fertilización inicio el 20 de septiembre de 2019 que comprende en la etapa de floración y fructificación, y consistió en la aplicación de 240-266-180 ppm de N-P-K y la tercera fertilización inicio el nueve de octubre de 2019 que comprende en la etapa de llenado de fruto, maduración y cosecha del *Capsicum chinense*, esta fertilización se realizó mediante la aplicación de una solución nutritiva que se describe en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Solución nutritiva (SN) utilizada en la etapa final del cultivo de chile habanero bajo condiciones de invernadero.

Macroelementos							
SN	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> y CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
(%)	Miliequivalentes L <sup>-1</sup>						
100	12	1.5	7	1	7	4.5	9
Microelementos							
SN	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>+</sup>	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
(%)	Partes por millón (ppm)						
100	3	1.48	0.28	0.24	0.12	0.08	

### 5.4.4. Riego

El riego se comenzó a partir del trasplante, mediante un sistema de fertirrigación, se utilizó un tanque de 200 litros para almacenar el agua con la solución nutritiva, la bomba de riego junto con la manguera fue conectada a un temporizador digital para tener el suministro de la solución nutritiva de manera automática, dicha solución nutritiva se aplicó a cada planta mediante una piqueta, la cual fue

conectada a la manguera a una distancia de 0.30 m., y se realizaron cinco riegos durante el día (7:00-7:05, 10:00-10:05, 13:00-13:05, 16:00-16:05 y 19:00-19:05 ) cada riego con una duración de cinco minutos (Figura 2).



**Figura 2.** Sistema de fertirrigación instalado.

#### **5.4.5. Poda**

La poda de formación se efectuó el ocho de octubre, se eliminaron los tallos laterales basales y las hojas bajas más viejas, esto se realizó en todos los genotipos, para dicha actividad se utilizaron tijeras lavadas y desinfectadas con cloro a 40 ppm para no generar enfermedades al cultivo (Figura 3).



**Figura 3.** Poda de tallos laterales basales y hojas viejas.

#### 5.4.6. Tutorado

El tutoreo se llevó a cabo el día nueve de octubre después de la poda; se colocaron carrizos en cada maceta, las plantas fueron atadas al carrizo con rafia, con el fin de mantener erguida la planta y evitar que los frutos y hojas toquen el suelo para mantener la sanidad de la planta y de los frutos (Figura 4).



**Figura 4.** Tutorado de plantas de chile habanero usando carrizos atadas con rafia.

#### 5.4.7. Control de plagas y enfermedades

El monitoreo de plagas y enfermedades, se realizó a diario para detectar daños maliciosos, así se pudo detectar la presencia de *Fusarium spp*, a partir del mes de agosto, para ello se aplicó Mancozeb<sup>®</sup> i.a mancozeb 80%, a una dosis de 1 g L<sup>-1</sup> y Busan30<sup>®</sup> i.a TCMTB 30%, a una dosis de 0.2 ml L<sup>-1</sup>, la aplicación fue cada cuatro días debido a las fuertes incidencias. También se detectó presencia de paratíoz ( *Bactericera cockerelli Sulc* ), a partir del mes de octubre, para su control se aplicaron los siguientes insecticidas: danapyr<sup>®</sup> i.a dimetoato 38-70%, a una dosis de 1 ml L<sup>-1</sup>, abamectina<sup>®</sup> i.a abamectina 1.8%, a una dosis de 0.5 ml L<sup>-1</sup>, sivanto<sup>®</sup> i.a flupyradifurone 17.09%, a una dosis de 1 ml L<sup>-1</sup>, cada producto se aplicó individualmente con intervalos de cuatro días y en el orden descrito previamente.

#### **5.4.8. Cosecha**

La cosecha se realizó cuando los frutos se encontraban en su madurez comercial, se recolectaron únicamente los frutos de color naranja característicos de los genotipos. La primera cosecha se realizó a los 124 días después del trasplante, y fue el 25 de noviembre de 2019. La segunda cosecha se realizó el 12 de diciembre de 2019 y la tercera cosecha el día ocho de enero de 2020.

#### **5.4.9. Variables agronómicas evaluadas**

##### **Rendimiento por planta (RP)**

Se pesó en una báscula marca Torrey<sup>®</sup> modelo LPCR40 el total de frutos de cada unidad experimental y después se dividió entre el número de plantas para obtener el rendimiento por planta.

##### **Número de frutos por planta (NFP)**

En esta variable se contabilizó la cantidad de frutos cosechados en cada corte de cada planta, registrándose los datos en el libro de campo.

##### **Peso promedio de frutos (PPF)**

El peso promedio de frutos resultó de dividir el rendimiento de cada planta entre el número total de fruto cosechados en cada planta obtenidos de las tres cosechas.

##### **Diámetro ecuatorial y diámetro polar del fruto (DEF y DPF)**

El diámetro ecuatorial y polar de fruto se determinó en cuatro frutos elegidos de forma aleatoria de cada unidad experimental en cada cosecha, para la toma de este dato se utilizó un vernier digital marca Autotec<sup>®</sup>.

##### **Altura de planta (AP)**

Esta variable se determinó con una cinta métrica graduada en cm, se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la última hoja de tallo principal.

##### **Diámetro de tallo basal (DTB)**

Esta variable se cuantificó con un vernier digital marca Autotec<sup>®</sup>, a tres cm de la base del tallo.

### **Longitud y ancho de hoja (LH y AH)**

Se midió el limbo foliar con una regla de plástico graduada en cm, considerando hojas de la parte media de la planta y con la misma orientación.

### **5.5. Diseño experimental y análisis estadístico**

Los genotipos se evaluaron bajo el diseño experimental completamente al azar, con el fin de detectar diferencias significativas entre genotipos, los datos se analizaron con el software SAS 9.0 (sistema de análisis estadísticos) con el análisis de varianza  $p \leq 0.05$  y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del  $p \leq 0.05$ , esto se llevó a cabo bajo el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = variable observada del i-esimo repetición del j-esimo tratamiento.

$\mu$  = efecto de la media general.

$T_i$  = efecto del j-esimo tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$  = efecto del error.

## VI.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados que muestra el análisis de varianza (ANOVA  $p \leq 0.05$ ) y prueba de medias de Tukey  $p \leq 0.05$ , representado en el cuadro 3, no detectó significancias estadísticas en las variables de rendimiento por planta, número de frutos por planta y peso promedio de fruto, esto quiere decir que todos los genotipos mostraron el mismo comportamiento en el rendimiento y los dos componentes descritos previamente, bajo las condiciones probadas. Los resultados obtenidos para la variable número de frutos por planta, no concuerdan con los reportes realizados por Puc, (2015), ya que encontró valores superiores en accesiones de chile habanero con un total de 180 frutos por planta, al igual que López *et al.*, (2020) donde reportan resultados que concuerdan con Puc con 179.6 frutos por plantas con un suministro de solución nutritiva universal (Steiner, 1984). En los resultados de peso promedio de fruto, los datos son superiores comparados con lo que describe López *et al.*, (2020), ya que reportan pesos de fruto de 1.43 g con un suministro de solución nutritiva universal (Steiner, 1984). Pero inferiores a lo descrito por Puc, (2015), donde reporta valores de 9.96 g por fruto, así mismo, Latournerie *et al.*, (2015) con respecto al peso de fruto reportan tratamientos que produjeron 9.1 g, estas diferencias que se presentan posiblemente se deban a las condiciones agroclimáticas de Yucatán en las que el chile habanero está adaptado a desarrollarse de manera óptima, pero no a condiciones que predomina otras regiones del país como en el norte de México.

**Cuadro 3.** Varianza y comparación de medias de rendimiento y componentes de rendimiento en siete genotipos de chile habanero evaluados en el sureste de Coahuila.

Genotipos	Rendimiento por planta (g)	Número de frutos por plantas	Peso promedio de frutos (g)
HNC-1	248.63 a <sup>&amp;</sup>	98.25 a	2.59 a
HNC-2	234 a	102.25 a	2.36 a

HNC-3	142.83 a	76.75 a	1.92 a
HNC-4	220.08 a	98.75 a	2.18 a
HNC-5	260.04 a	106.25 a	2.53 a
HNC-6	304.19 a	101.75 a	2.95 a
HNC-7	275.66 a	92.5 a	2.95 a
Significancia	ns	ns	ns
GLE	21	21	21
CV (%)	30.86	27.91	20.77

ns= no significativo, GLE= grados de libertad del error, CV= Coeficiente de variación &= medias seguidas de la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales Tukey= ( $p \leq 0.05$ ).

En el cuadro 4 se muestra la varianza y prueba de medias de diámetro de tallo basal, longitud de hoja y ancho de hoja, en donde el análisis de varianza demuestra significancia estadística para la variable diámetro de tallo basal, y se observó un compartimento estadístico similar en la mayoría de los genotipos, a excepción del genotipo HNC-1 que obtuvo menos diámetro. De acuerdo con los resultados obtenidos en el desempeño agronómico de la variable diámetro de tallo basal, concuerda con lo que describe De Loera, (2017) donde reporta valores de  $10.2 \pm 1.6$  mm en la variedad Jaguar, al igual que Pacheco, (2020) reporta resultados similares con valores de 11.88 mm también en la variedad Jaguar. Por otro lado, Castillo *et al.*, (2019) reporta valores similares de 11.98 mm de diámetro de tallo de la variedad Rosita.

Para las variables longitud de hoja y ancho de hoja no se demostraron diferencias estadísticas significativas, esto quiere decir que todos los genotipos tuvieron el mismo desempeño agronómico en relación al crecimiento y desarrollo de la lámina foliar. Los resultados de longitud de hoja de la planta difieren con los datos obtenidos por De Loera, (2017), quien registró valores de  $15.47 \pm 1.44$  cm en el genotipo Jaguar, de igual manera Castillo *et al.*, (2019) reportan valores muy altos de  $19.72 \pm 2.38$  cm de longitud de hoja, pero en la variedad Rosita. De igual manera, en ancho de hoja se presentaron resultados inferiores respetos a las evaluaciones descritas por De Loera, (2017) con  $8.62 \pm 0.98$  cm en la variedad

Jaguar, así mismo, Castillo *et al.*, (2019) reportan de  $11.15 \pm 1.47$  cm de ancho de hoja.

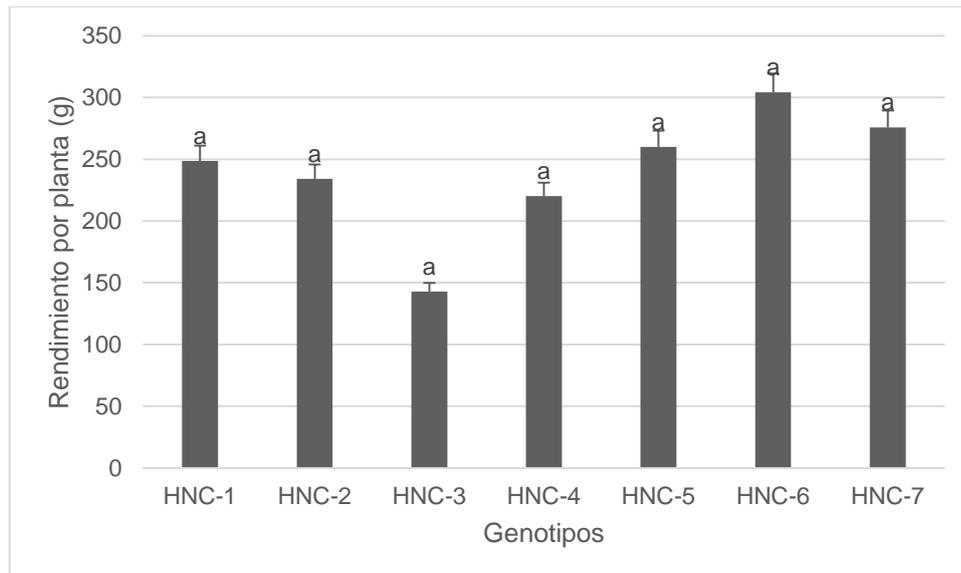
**Cuadro 4.** Varianza y comparación de medias de variables de desempeño agronómico de siete genotipos de chile habanero evaluados en el sureste de Coahuila.

Genotipos	Diámetro de tallo		
	basal (mm)	Longitud de hoja (cm)	Ancho de hoja (cm)
HNC-1	9.49 b	10.03 a	4.21 a
HNC-2	11.85 ab	9.78 a	4.08 a
HNC-3	10.36 ab	9.69 a	4.38 a
HNC-4	11.08 ab	10.65 a	4.63 a
HNC-5	9.88 ab	9.94 a	4.2 a
HNC-6	11.48 ab	10.41 a	4.19 a
HNC-7	12.2 a	10.25 a	4.38 a
Significancia	**	ns	ns
GLE	21	21	21
CV (%)	12.06	5.49	5.66

\*\*=significativo al 0.01, ns= no significativo, GLE= grados de libertad del error, CV= Coeficiente de variación &= medias seguidas de la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales Tukey= ( $p \leq 0.05$ ).

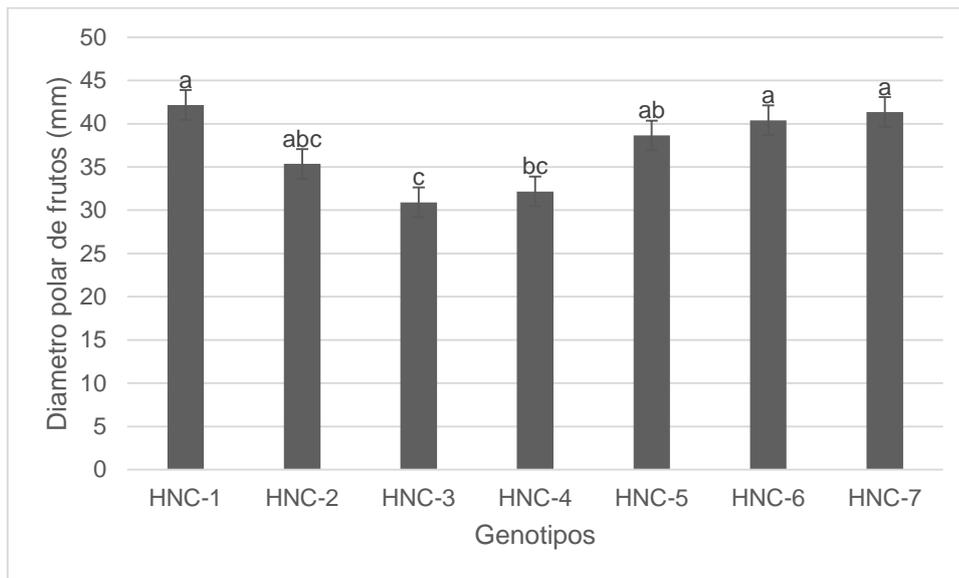
Aunque estadísticamente no se observaron diferencias estadísticas significativas para la variable de rendimiento por planta, el genotipo que resulto porcentualmente superior a los demás fue el HNC-6, ya que supero en 10 % al que le sigue en rendimiento y en 100 % al genotipo HNC-3 que fue el de menor rendimiento. Cabe mencionar que es un material criollo recolectado directamente en el estado de Yucatán, lo cual demuestra su adaptabilidad al ambiente en el norte del país, en condiciones de invernadero donde fueron evaluados (Figura 5). Los rendimientos obtenidos en los genotipos van de los 142.83 a 304.19 g por planta, resultados que difieren con lo descritos por Latournerie *et al.*, (2015) en poblaciones genéticas de chile habanero con rendimientos de 591.6 g por

plantas. De acuerdo con Ramírez *et al.*, (2005) las plantas de chile habanero desarrolladas en invernadero presentan mayor cantidad de flores y frutos, pero con frutos pequeños a diferencia de la producción en campo, los frutos son más grandes, atribuyendo el menor tamaño de fruto que se debe a la baja intensidad lumínica que se genera en un invernadero, variable que incide directamente en el rendimiento final del cultivo.



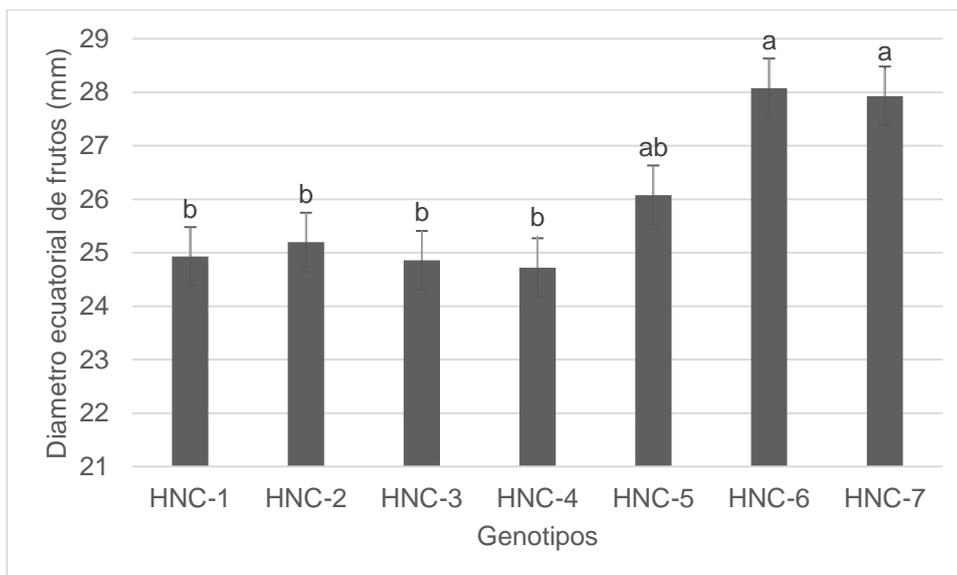
**Figura 5.** Rendimiento de siete genotipos de chile habanero, probados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.

En la variable diámetro polar de fruto, se observaron diferencias estadísticas significativas (ANOVA  $p \leq 0.05$ ), gráficamente se observa que los genotipos con resultados mayores a 40 mm de longitud son el HCN-1, HNC-7 y HCN-6, seguidos de HNC-5 y HNC-2 que son del mismo grupo estadístico (Figura 6), los materiales criollos HNC-6 y HNC-5 proceden de Yucatán, mientras que los demás son selecciones derivadas de la variedad Jaguar. Y los de menor diámetro polar de fruto fueron el HNC-3 y HNC-4. Los resultados obtenidos en diámetro polar de frutos son superiores en contraste con lo descrito por López *et al.*, (2020) quienes reportan resultados de 20.9 cm de diámetro polar de fruto, por el contrario, Castillo *et al.*, (2019) indicó valores muy superiores de  $44.1 \pm 4.9$  mm de diámetro polar, así mismo, Puc (2015) con materiales procedentes de Yucatán obtuvo frutos de 46.1 mm.



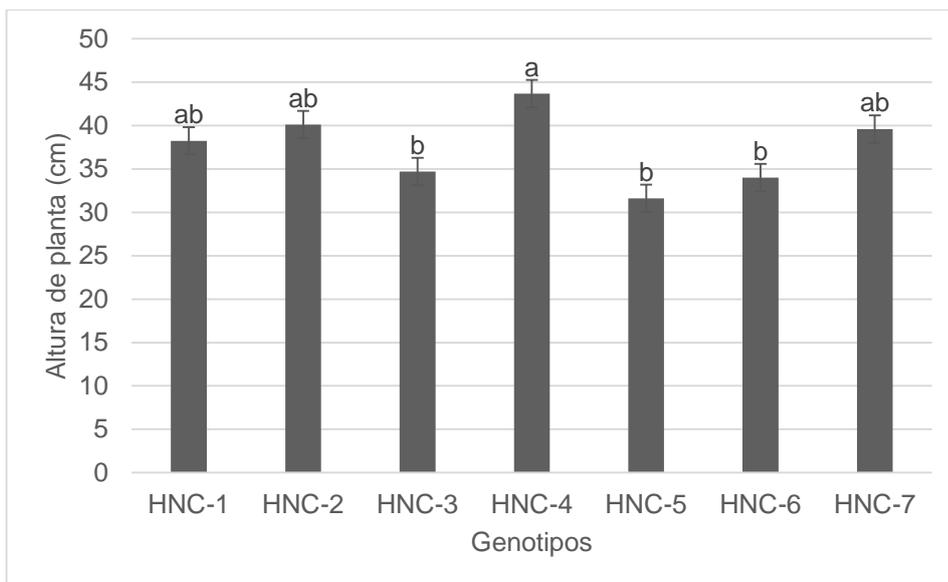
**Figura 6.** Diámetro polar de frutos de siete genotipos de chile habanero, probados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.

El diámetro ecuatorial de frutos tuvo una respuesta estadística diferencial entre genotipos (ANOVA  $p \leq 0.05$ ), por lo que se demuestra que los genotipos HNC-6, HNC-7 y HNC-5 son los de mejores resultados (Figura 7)., y destaca entre ellos el criollo de Yucatán HCN-6 con un diámetro de 28.08 mm, el resto de los genotipos mostro un comportamiento estadístico similar. Los resultados en diámetro ecuatorial son superiores con respecto a las evaluaciones realizadas por López *et al.*, (2020) quien registra que genotipos tienen diámetros ecuatoriales de 17.7 mm, mientras que Puc (2015) señala que en materiales de Yucatán se obtienen diámetros superiores a 38.7 mm, al igual que Castillo *et al.*, (2019) registra que el genotipo Rosita tiene un diámetro ecuatorial bastante alto de  $51.2 \pm 4.5$  mm.



**Figura 7.** Diámetro ecuatorial de frutos de siete genotipos de chile habanero, probados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.

En el ANOVA ( $p \leq 0.05$ ) y la comparación con las medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ) de la variable altura de planta, mostro diferencias estadísticas significativas, donde destaca el genotipo HNC-4 con 43.07 cm, aunque en el mismo grupo estadístico también se encuentran los genotipos HNC-2, HNC-7 y HNC-1 (Figura 8)., es importante señalar que los tres primeros genotipos son selecciones realizadas en la variedad Jaguar y el HNC-1 con procedencia de Yucatán, el resto de los genotipos con un comportamiento inferior a los antes citados. La altura de planta oscila de 31.61 a 40.13 cm características que no concuerdan con lo descrito por López *et al.*, (2020), que en genotipos de chile habanero reportó que alcanzan una altura de 104.6 cm, al igual Castillo *et al.*, (2019) que obtienen resultados de la variedad Rosita con 1.80 cm de altura. Gonzales *et al.*, (2006), menciona que en condiciones protegidas pueden alcanzar una altura que pueden rebasar 1.5 m. Debido a los resultados obtenidos pudo deberse a condiciones climáticas que limitaron el desarrollo adecuado del cultivo con bajas temperaturas en las últimas etapas vegetativas en las que se encontraba el cultivo, ya que como se mencionó en metodología el ciclo del cultivo fue de julio a diciembre.



**Figura 8.** Altura de planta de siete genotipos de chile habanero, probados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.

## **VII. CONCLUSIONES**

El desempeño de los genotipos en sus atributos agronómicos fue muy similar, no obstante, se observó una tendencia, en la que los genotipos que mostraron un mejor desempeño agronómico por la calidad de frutos fueron HN6, HN7 y HN5, por lo que se recomienda continuar con el proceso de evaluación y selección.

Las diferencias observadas en algunas de las variables evaluadas, sugieren que existe variabilidad genética deseable entre los genotipos procedentes de Yucatán y las selecciones de la variedad “Jaguar”, por lo tanto, podrían incluirse en programas de mejoramiento genético enfocado a atender otras regiones del norte de México.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Aguilar, M. A., Vásquez D. M. A., Esther K. y Hernández C. M. R. 2018. Los chiles que le dan sabor al mundo. Editions. 1º edición. Veracruz. México. 52-67 p.
- Aguirre, H. J., y Muños, O. V. 2015. El chile como alimento. Revista Ciencia. 66(3):16-23 p.
- Andrews, J. 1995. Peppers: The domesticated *Capsicums* University of Texas Press; New, Subsequent edición. Austin, Texas. 274 p.
- Andrews, J. 1999. The Pepper Trail. History and Recipes from Around the World. University of North Texas Press; Revised, Subsequent edición. Denton, T Texas. 272 p.
- Arjona, H., M. Montalvo y M. Soto. 1992. Evaluación del comportamiento agronómico de tres híbridos y dos cultivares de pepino cohombro (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá. Revista Comalfi. 19 (1):11-14.
- Azcón, J. y M. Talón. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal. Editorial Mc Graw-Hill Interamericana, Madrid. 581 p.
- Berny, M. T. J. C. 2011. Informe técnico de Calakmul, variedad de polinización libre de chile habanero. INIFAP.CIRSE. CE Mocochoá. 10 p.
- Borges, G. L., Moo K. C., Ruíz N. J., Osalde B. M., González V. C., Yam C. C. y Can P, F. 2014. Suelos destinados a la producción de chile habanero en Yucatán: características físicas y químicas predominantes. Revista Agrociencia. 48(4), 347-359.
- Castillo, A. C. d. La C, López, C. L. del C, Quej-Chi, V. H. y Chiquini, M. R. A. 2019. Caracterización varietal del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) var. Rosita. Agro productividad. 12 (4): 61-66.
- Chan, C. N., Sauri, D. E., Olivera, C. L. y Rivas, B. J. I. 2011. Evaluación de la calidad en la industrialización del chile habanero (*Capsicum*

*chinense*). México. Revista Iberoam. Tecnol. Postcosecha. 12(2):222-226.

- CICY. Centro de Investigación Científica de Yucatán. 2019. Banco de Germoplasma de chile habanero, único en México: CICY. Boletín de Prensa N°40. Consulta realizada el 19 de septiembre de 2021. Disponible en línea: <https://www.cicy.mx/noticias-y-eventos/boletin-40-banco-de-germoplasma-de-chile-habanero-unico-en-mexico-cicy>.
- Cruz, R. S. S., Cucul, C. L. y Cucul, C. E. D. 2020. Efecto agronómico del lombricompost y densidades de siembra en el cultivo de chile cahabonero (*Capsicum annum* L.) en diferentes ambientes, del municipio de Cahabón, A.V. Cria Norte. 65 P.
- De Loera, H. M. del Carmen. 2017. Descripción varietal y comportamiento agronómico de seis genotipos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) naranja bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 92 p.
- Elizondo, E. 2017. Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annum*) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. InterSedes. 18(37):2-27.
- Enriquez, S. 2012. Producción de chile habanero en invernadero. Capacitación agrícola INTAGRI. Consulta realizada 15 de septiembre de 2021. Disponible en línea: <https://www.intagri.com/articulos/noticias/exito-en-la-produccion-de-chile-habanero-bajo-invernadero>.
- Fabeiro, C., F. Martín de Santa Olalla, and J. A. De Juan. 2002. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. Agric. Water Manage. 54: 93-104.
- FAOSTAT. 2019. Cultivos y productos de ganadería. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Consulta realizada el 18 de septiembre de 2021. Disponible en línea: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>.

- Ferruzzi, M.G. and J. Blakeslee. 2007. Digestion, absorption, and cancer preventative activity of dietary chlorophyll derivatives. *Nutrition Research* 27(1):1-12.
- FIRCO. 2017. Chile Habanero, con Denominación de Origen. Fideicomiso de Riesgo Compartido. Consulta realizada el 14 de septiembre de 2021. Disponible en: <https://www.gob.mx/firco/articulos/chile-habanero-con-denominacion-de-origen?idiom=es>.
- García, D. M. A. 2007. Diversidad genética de *Capsicum* en Colombia. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira Facultad de Ciencias Agropecuarias. 86 p.
- González, E T., L Gutiérrez P y F Contreras M. 2006 El chile habanero de Yucatán. *Ciencia y desarrollo*. 32 (195):8-15.
- González, E. T., Zúñiga A. J. y Vázquez F. F. 2018. Mejoramiento genético del chile habanero de la península de Yucatán. CICY. México. 371 p.
- Guato, C. M. J. 2017. Evaluación del rendimiento de tres híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) a las condiciones agroclimáticas de la comunidad la Clementina, Parroquia Pelileo, Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua. Tesis de ingeniería. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cevallos, Ecuador. 87 p.
- Hartz, T.K., M. LeStrange and D.M. May. 1993. Nitrogen Requirements of Drip irrigated Peppers. *HortScience*. 28(11):1097-1099.
- INTAGRI. 2019. Serie Hortalizas. Usos y Mejoramiento Genético de Chile Habanero en México. Artículos técnicos de INTAGRI. 15:3.
- Jaimez, R. E. and F. Rada. 2016. Gas exchange, growth, flowering and fruit production in sweet pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) along a thermal gradient determined by altitudinal differences in a tropical region. *Experimental Agriculture*. 52:251-265.
- Jovicich, E., Cantliffe, D. J., Sargent, S. A. and Osborne, L. S. 2012. Production of greenhouse-grown peppers in Florida. Florida, EEUU: IFAS Extension, *University of Florida*. HS979. 8 p.

- Latournerie, M, L, López, V. J. S, Castañón, N. G, Mijangos, C. J. O, Espadas, V. G, Pérez, G. A. y Ruiz, S, E. 2015. Evaluación agronómica de germoplasma de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Agro productividad. 8(1):24-29.
- Latournerie, M, L., Chávez, S, J, L., Pérez, P, M., Castañón, N, G., Rodríguez, H, S, A., Arias, R, L, M. y Ramírez, V, P. 2002. Valoración in situ de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. Revista Fitotecnia Mexicana, 25(1):25-33.
- Linares, L. 2004. Comportamiento de variedades de chile dulce (*Capsicum annuum*) en la región occidental de El Salvador. Agronomía Mesoamericana, 15(1): 25-29.
- Long, J. T. 2011. Los senderos prehispánicos del *Capsicum*. Instituto de Investigaciones Históricas. Universidad Nacional Autónoma de México. 80-105 p.
- López, G. J. D, Sotelo, N. H, Villegas, T. O. G y Andrade, R. M. 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.
- López-Puc. G., Ramírez, S. M. O. y Rodríguez, B. I. M. 2020. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* jacq.) y factores que afectan su producción. 95-166 p.
- Luna, R. J. J. y Vásquez M. O. 1996. Perspectiva del mejoramiento genético y la propagación in vitro en el cultivo de chile (*capsicum* spp). Investigación y ciencia. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 5(17):2-6.
- Macía, R, H., Muñoz, V, J, A., Velásquez, V, M, A., Potisek, T, M, C. y Villa, C, M, M. 2013. Chile habanero: Descripción de su cultivo en la península de Yucatán. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 12(2):37-43.
- McLeod, M. J., Guttman, S. I., y Eshbaugh, W. H., 1982. Evolución temprana de los chiles (*Capsicum*). Botánica económica, 36(4), 361-368.

- Narváez, M. 2018. Chile habanero de Yucatán, único en el mundo. Agencia Informativa CONACYT. Consulta realizada el 11 de septiembre de 2021. Disponible en: <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/mundo-vivo/22848-chile-habanero-yucatan>.
- Navarro, J. M., P. Flores, C. Garrido. y V. Martínez. 2006. Cambios en el contenido de compuestos antioxidantes en frutos de pimientos en diferentes etapas de maduración, afectadas por salinidad. *Química de alimentos*. 96(1):66-73.
- Pacheco, J. Y. 2020. Efectos del virus del mosaico del tabaco (*Tabacco mosaic virus*, TMV) en el crecimiento y desarrollo de la planta de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 76 p.
- Palacios, C. S. y García, D. M. A. 2007. Caracterización morfológica de accesiones de *Capsicum spp*. *Acta Agron. (Palmira)*. 55(3):247-252.
- Pardey, R. C. y García D. M. A. 2006. Caracterización morfológica de cien accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. *Acta Agron (Palmira)*. 55(3):1-9.
- Pérez, M. Márquez, F. y A. Peña. 1998. Mejoramiento genético de hortalizas. Segunda edición. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 380 p.
- Pineda, H. 2000. Evaluación del comportamiento agronómico de diez cultivares de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) en las condiciones de Roldanillo (Valle del Cauca). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 73 p.
- Puc, C. M. M. 2015. Selección de fuentes parentales para el mejoramiento genético de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Tesis de maestría. CICY, A.C. Posgrado en Ciencias Biológicas. Mérida, Yucatán. 75 p.
- Ramírez, L. E, Castillo, A. C. de la C, Aceves, N. E. y Carrillo, Á. E. 2005. Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile 'Habanero'. México. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 11(1):93-98.

- Ramírez, L. E. 2003. Efecto de reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre fruto en el chile habanero en campo e invernadero. Tesis de Maestría. Colegio de posgraduados. Campeche, México. 137 p.
- Ramírez, M. M. Arcos, C. G. Mata, V.H. y Vázquez, G. E. 2012. Jaguar, Variedad de chile habanero para México. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental Las Huastecas. Folleto técnico. 35 p.
- Ramírez, M. M. y Méndez, A. R. 2018. Los chiles que le dan sabor al mundo. Mejoramiento genético de los chiles comerciales en México. IRD. Universidad Veracruzana. México. 286-300 p.
- Rodríguez, M. 2017. Invernadero de chile habanero. Consulta realizada el 02 de octubre de 2021. Disponible en: <https://invernaderoscontub.com/invernadero-de-chile-habanero/>.
- Ruiz, L. N., Medina, L. F. y Martínez, E. M. 2011. El chile habanero: su origen y usos. Revista Ciencia. 62(3):70-77.
- Ruiz, S. E., Aguilar, O. O., Cristóbal, A. J., Tun, S. J., Latournerie, M. L. y Pérez, G. A. 2009. Comparación de la efectividad de un insecticida botánico y dos químicos convencionales en el control del picudo (*Anthonomus eugenii* Cano) (Coleóptera: *Curculionidae*) en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Cuba. Fitosanidad. 13(2):117-120.
- SADER. 2018. Chile habanero de Yucatán entre los mejores de mundo. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Consulta realizada el 19 de septiembre de 2021. Disponible en línea: <https://www.gob.mx/agricultura%7Cyucatan/articulos/chile-habanero-de-yucatan-entre-los-mejores-del-mundo>.
- SADER. 2018. La Laguna sede de la 15ª Convención Mundial del Chile. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Consulta realizada el 19 de septiembre de 2021. Disponible en línea:

<https://www.gob.mx/agricultura%7Cregionlagunera/es/articulos/la-laguna-sede-de-la-15-convencion-mundial-del-chile>.

SADER. 2020. El chile poblano, popular en la cocina mexicana. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Consulta realizada el 15 septiembre de 2021. Disponible en línea: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-chile-poblano-rey-de-los-rellenos>.

Santana, N. B. 2018. Mejoramiento genético del chile habanero de la península de Yucatán. Capítulo 4: Los recursos genéticos de *Capsicum chinense Jacq.* en la Península de Yucatán. Caracterización de variedades “criollas” de chile habanero. CICY. México. 45-51 p.

Santana, N. Díaz, P. R. y Zuñiga, J. J. 2014. Chile habanero. Gaceta siidetey N° 48. 37 p.

Seifi, S., Nematí, S. H., Shoor, M. and Abedi, B. 2012. The effect of plant density and shoot pruning on growth and yield of two greenhouse bell pepper cultivars. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*. 3(11): 77-83.

SIAP. 2021. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentarias y Pesquera. Consulta realizada 15 de septiembre de 2021. Disponible en línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

Soria, F. M., J. A. Trejo-Rivero, J.M. Tun-Suárez y R. Terrán-Saldivar. 2002. Paquete tecnológico para la producción de chile habanero Sep. DGETA. HA2. Conkal, Yucatán, México.

Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. ISOSC. In: Proceedings of 6<sup>th</sup> International Congress on Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands. 633-649 p.

Tanskley, S. D. 1984. “High rates of crosspollination in chile pepper”. *HortSci* 19:580-582.

Trujillo, A. J. 2005. Descripción varietal de chile habanero *Capsicum chinense* J. In H.P. Torres, C.C. Franco (eds). Seminario de chile Habanero. Fundación produce Yucatán, A.C. Memoria. México. 14-19 p.

- Trujillo, A. J. J. G., Avilés, B. W. Gutiérrez, A. O. y Díaz, P. R. 2006. Informe técnico PRH 20 ACC. Variedad de chile habanero *Capsicum chinense* Jacq.
- Tun-Dzul, J de la C. 2001. Características y tecnología de producción de chile habanero. Centro de Investigación Regional del Sureste. INIFAP-SAGARPA. Mocochoá, Yucatán, México. 5-74 p.
- USDA. 2011. Plant Profile. Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture. Consultado realizada el 14 de septiembre de 2021. Disponible en: <https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=CACH30>.
- Vera, S. K. S., J. Cadena I., L. Latournerie M., J. F. Santiaguillo H., A. Rodríguez, C., F. A. Basurto, P., D. Castro, L., E. Rodríguez, G., P. López L. y E. Ríos S. 2016. Conservación y utilización sostenible de las Hortalizas Nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México. 132 pp.