

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación Agronómica de Cuatro Genotipos de Chile Habanero
Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

ESTEFANÍA GUADALUPE MÁRQUEZ PRADO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación Agronómica de Cuatro Genotipos de Chile Habanero
Bajo Condiciones de Invernadero.

Por:

ESTEFANÍA GUADALUPE MÁRQUEZ PRADO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Neymar Camposeco Montejo
Asesor Principal


MC. Felicito Ausencio Díaz Vázquez
Asesor Principal Externo


Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor


Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza
Coasesor


Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México
Junio, 2023

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



Estefanía Guadalupe Márquez Prado

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Hoy se culmina una etapa más en mi vida, agradezco a Dios por haberme acompañado a lo largo de mi carrera universitaria, por haberme guiado y darme fortaleza en los momentos de debilidad y frustración.

A MI ALMA MATER

Por abrirme las puertas de su nido y brindarme la oportunidad de formarme como profesionista, por todos los buenos momentos que viví en sus instalaciones.

Al Dr. Neymar Camposeco Montejo, por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto, por su confianza, apoyo y por los conocimientos compartidos.

Al MC. Felicito Ausencio Díaz Vásquez, por compartirme sus conocimientos y alentarme a dar lo mejor de mí, con su paciencia y apoyo.

A mi pareja, por estar presente en cada etapa de mi vida universitaria y darme ánimos ante cualquier situación, por no dejarme caer y hacerme crecer como persona espiritualmente.

DEDICATORIA

A mis padres, Marcela Prado Martínez y Juan Leonel Márquez González. No hay palabras para agradecer todo el amor y apoyo que me han brindado a lo largo de mi carrera, porque día con día estaban ahí para decirme lo capaz que soy para cumplir mis sueños, por ser esas personas que en mis momentos difíciles nunca me dejaron sola, a pesar de los kilómetros los sentía tan cerca porque están dentro de mi corazón, este logro no es solo mío, también es de ustedes porque sin su apoyo no sería posible, los adoro con el alma. Gracias por tanto.

A mi hermana, Valeria Márquez a quien la quiero y amo, pero sobre todo admiro, gracias por ser mi cómplice en todo, por nunca dejarme sola, gracias Dios por darme la mejor hermana mayor.

A mi hermano, Juan Leonel Márquez a quien aprecio y admiro, del cual estoy muy orgullosa, gracias por todos tus consejos, por siempre estar ahí, aún me queda mucho que aprenderte.

A mi abuelita, Margarita Martínez quien ha estado a lo largo de mi vida, por ser parte de mi infancia y no dejarme sola, por ponerme siempre en todas sus oraciones.

A mi abuelito, Luis Prado (†) a quien consideré como un segundo padre, por formar parte de mi infancia y hacerla más bonita, por ser esa persona que me dejó grandes enseñanzas, pero sobre todo, por la manera de sobresalir ante cualquier situación, te llevo en mi corazón y te amo inmensamente.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen del chile habanero.....	4
2.2 Importancia mundial.....	5
2.3 Importancia nacional y estatal.....	5
2.4 Producción de chile habanero bajo agricultura protegida	7
2.5 Clasificación taxonómica del chile habanero.....	7
2.6 Descripción morfológica	8
2.7 Evaluación agronómica de <i>Capsicum sp.</i>	8
2.8 Mejoramiento genético de <i>Capsicum sp.</i>	9
2.9 Métodos de mejoramiento utilizados en chile.....	10
2.9.1 Mejoramiento por selección.....	10

2.9.2 Selección por pedigree.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1 Ubicación del experimento	12
3.2 Material genético	12
3.3 Labores culturales.....	13
3.4 Variables agronómicas evaluadas	17
3.5 Análisis estadísticos.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1 Altura de planta.....	19
4.2 Diámetro basal de tallo.....	20
4.3 Diámetro ecuatorial de fruto.	21
4.4 Grosor de pedúnculo.	21
4.5 Número de frutos por planta.....	23
4.6 Peso promedio de fruto.	24
4.7 Rendimiento en kilogramos por planta.	25
4.8 Número de semillas por planta.	26
V. CONCLUSIONES	27
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Código de identificación, color del fruto y origen de los genotipos de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.) evaluados.....	13
Cuadro 2. Componentes de la solución nutritiva a concentración normal, empleada en etapa de fructificación del cultivo de chile habanero bajo condiciones de invernadero.	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plántulas de chile habanero previas al trasplante.	14
Figura 2. Sistema de fertirrigación instalado y plantas trasplantadas en el boli.	15
Figura 3. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable altura de planta, para los genotipos de chile habanero evaluados.	19
Figura 4. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable diámetro basal del tallo, para los genotipos de chile habanero evaluados.	20
Figura 5. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable diámetro del fruto, para los genotipos de chile habanero evaluados.	21
Figura 6. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable diámetro o grosor del pedúnculo, para los genotipos de chile habanero evaluados.	22
Figura 7. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable número de frutos por planta, para los genotipos de chile habanero evaluados.	23
Figura 8. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable peso promedio del fruto, para los genotipos de chile habanero evaluados.	24
Figura 9. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable rendimiento en kilogramos por planta, para los genotipos de chile habanero evaluados.	25

Figura 10. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable número de semillas por repetición, para los genotipos de chile habanero evaluados..... 26

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en un invernadero tipo gótico, de baja tecnología, perteneciente al Departamento de Fitomejoramiento, el cual se encuentra localizado en las coordenadas geográficas: 25° 21' 15'' latitud Norte y 101° 02' 03'' longitud Oeste y una altitud de 1774 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 17 °C y precipitaciones medias de 370 mm anuales, con un clima cálido-templado. El objetivo fue evaluar el comportamiento agronómico de cuatro genotipos de chile habanero bajo agricultura protegida. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, se probaron cuatro tratamientos que consisten en los genotipos de chile habanero, con cuatro repeticiones (cuatro plantas por repetición). Los genotipos utilizados fueron los siguientes: HCC-08 (Genotipo 8), HNC-06 (Genotipo 6), HNC-04 (Genotipo 4) y HNC-03 (Genotipo 3). Se realizó un análisis de varianza ($P \leq 0.05$) y se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) para todas las variables evaluadas, empleando el software Infostat v.2020. El comportamiento agronómico y morfológico de los genotipos fue variable en la mayoría de los caracteres evaluados. Se observó una tendencia donde los genotipos mostraron mejores indicadores agronómicos por la calidad de la fruta. El genotipo que expresó superioridad en la mayoría de las variables morfológicas fue HCC-08, el cual se caracteriza por su color chocolate, seguido por HNC-06, caracterizado por ser una variedad naranja originaria de Yucatán. Las diferencias observadas entre los genotipos, indican que existe variabilidad genética que se puede utilizar para continuar el programa de mejoramiento para producir nuevas variedades o híbridos para la región sureste de Coahuila y noreste de México.

I. INTRODUCCIÓN

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es muy conocido en el Sur de México, debido a que es parte de la comida típica de la zona, primordialmente en el clima tropical, como los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, situando al estado de Yucatán con la mayor producción de chile habanero, con un total de 4,325.67 toneladas, sin embargo, al observar el potencial productivo y el mercado creciente del cultivo en regiones áridas, se dio inicio a la producción del mismo, en los estados de Sinaloa (8,734 toneladas), Nuevo León (166 toneladas), San Luis Potosí (174 toneladas) y Coahuila (134 toneladas) y Sonora (120 toneladas), (SIAP, 2022). *Capsicum chinense* tiene un rendimiento de 25 t ha⁻¹ en cielo abierto, y 40 t ha⁻¹ bajo agricultura protegida (SIAP, 2023).

El *Capsicum chinense* es reconocido como uno de los chiles más picantes de entre los chiles conocidos, así mismo, se sabe que una ración de chile habanero, contiene 128 mg de K⁺ (potasio), Vitamina C y capsaicina, que ayuda a combatir y prevenir algunas enfermedades como la artritis, los dolores de cabeza, así mismo regula los niveles de insulina, previniendo la diabetes. El chile habanero es utilizado en diferentes secciones de mercado industrial, gastronómico, farmacéutico y medicinal. (SIAP, 2017). Además, el chile habanero es una hortaliza actualmente de gran importancia comercial para la península de Yucatán, donde se ubica el centro de reserva genética de la especie, pero aún carece de mejoramiento genético, así como un manejo y combate de plagas y enfermedades raquítico. Es por eso que a través del mejoramiento genético se desea obtener especies, con mayor calidad y rendimiento de esta hortaliza. (González *et al.*, 2018).

La globalización y la alta demanda en mercados nacionales, han aumentado los modelos de calidad de producción hortícola. México ha tenido un gran requerimiento de mejora y eficiencia de producción para la calidad y así alcanzar mayores rendimientos por superficie sembrada. El manejo de agricultura protegida bajo sistema de riego controlado, consiente en que las plantas tengan riego en el tiempo idóneo y en la cantidad que necesite cada especie, así mismo el tema del anejo nutricional es crítico, ya el cultivo es sensible a este manejo, así pues, la nutrición es fundamental para favorecer el rendimiento y así tener cultivos de máxima calidad.

El mejoramiento genético es el arte y la ciencia que busca como principal finalidad aumentar el rendimiento, la productividad, la tolerancia a agentes abióticos y bióticos adversos en base a la calidad y el rango de adaptación en diversas regiones (Santana *et al.*, 2018). En este sentido, los fitomejoradores han expresado interés en este tipo de chile para realizar mejoramiento genético para producir nuevas variedades mejoradas, al ser un cultivo de demanda creciente en el mercado, especialmente para exportación. El mejoramiento se requiere para la producción de nuevas variedades de plantas, mismo que consiste en la aplicación de métodos rigurosos para lograr el objetivo requerido, para ello existen los métodos clásicos (selección masal, genealógica o hibridación) o biotecnológicos (González *et al.*, 2018).

1.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de cuatro genotipos de chile habanero para conocer su potencial de producción bajo invernadero, en el estado de Coahuila.

1.2 Objetivos específicos

- Evaluar caracteres morfológicos de cuatro genotipos de chile habanero establecidos en invernadero en el estado de Coahuila.
- Evaluar parámetros de rendimiento, componentes de rendimiento y características del fruto de cuatro genotipos de chile habanero, establecidos en invernadero en el estado de Coahuila.

1.3 Hipótesis

Al menos uno de los genotipos de chile habanero tendrá un mejor comportamiento agronómico bajo condiciones de invernadero en el estado de Coahuila.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del chile habanero

El chile habanero es valorado por ser un cultivo de origen nacional el cual cuenta con denominación de origen, este cultivo es la principal hortaliza explotada de forma comercial en la región sureste del país con amplias áreas de cultivo en Campeche, Chiapas, Tabasco y la península de Yucatán. Su amplio cultivo permite la existencia de diferentes morfologías, calibres y pigmentación del fruto, posee como principal característica el nivel de pungencia y algunas otras propiedades de interés comercial, como el alto contenido de compuestos capsaicinoides en el fruto. Se cree que existen variaciones en el contenido de estos compuestos en el fruto debido al manejo nutrimental y del riego (Borges-Gómez *et al.*, 2010).

Como se menciona con anterioridad, el cultivo además de su valor económico, presenta bondades diversas como ser fuente de colorantes, además del aporte vitamínico y contenido mineral a la ingesta humana (Ruiz Lau *et al.*, 2011). El fruto de *Capsicum chinense* además, es utilizado en regiones hindúes en prácticas curativas y alimentarias por sus compuestos aromáticos y nutraceuticos (Datt Joshi *et al.*, 2017). Respecto a los usos medicinales, se ha reportado su uso en la fabricación de pomadas para tratar la artritis, mientras que en la industria química es empleado en la elaboración de bases para pintura y gases lacrimógenos (FIRCO, 2017).

2.2 Importancia mundial

El valor económico de *Capsicum chinense* se debe al valor comercial de sus frutos. De acuerdo con la FAO, el género *Capsicum* ocupa quinto lugar dentro de los cultivos hortícolas con mayor superficie sembrada a nivel mundial (Ruiz Lau *et al.*, 2011). El cultivo ha sido aprovechado en buena medida tanto por su importancia económica originada por su consumo en fresco como por su valor industrial, considerándose como una excelente fuente de colorantes naturales, minerales y vitaminas A, C y E (Pérez-López, 2016). Las propiedades sensoriales del chile habanero como el aroma y grado de pungencia han sido detonantes en el incremento en su demanda en países como Estados Unidos. México y Belice figuran como los principales exportadores del fruto; a nivel agroindustrial, el fruto es aprovechado en la elaboración de salsas, para lo cual se emplean los chiles habaneros verdes y rojos, estos productos se venden en los mercados nacionales, Estados Unidos y Canadá (Ruiz Lau *et al.*, 2011).

El chile es una de las hortalizas cultivadas más importantes en el mundo con una producción anual de 38 027.164 toneladas y creciendo un 1.8 %. La superficie cosechada es de 1 990.850 hectáreas que al igual tuvo un crecimiento de 0.04% en el mismo periodo. Entre los principales países productores se encuentra china, situándose en el más importante en 2019 con el 49.90% de producción mundial, seguido de 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).

2.3 Importancia nacional y estatal

El género *Capsicum*, así como sus diversas especies, componen en conjunto uno de los cultivos de mayor importancia económica mundial y nacional, debido a la diversidad de formas de aprovechamiento de sus frutos tanto frescos como secos o procesados, así, estos frutos son empleados en la gastronomía mundial para

aportar coloración, sabor y aroma. De hecho, se considera como una especia primordial en la cocina nacional y mundial. A nivel nacional, en México se cultiva y consume la mayor diversidad de variedades de chiles, adaptados a la mayoría de los agroecosistemas nacionales, sin embargo, dentro de cada región específica, el proceso productivo presenta problemáticas particulares, originadas por el sistema productivo adoptado. Esto indica la necesidad de la obtención de variedades con potencial productivo para regiones productoras determinadas (Aguilar-Rincón, 2012).

En 2020, el país produjo 21, 973 toneladas de chile habanero en una superficie de 1,283 hectáreas, valoradas en 380 millones de pesos, siendo los estados que más aportan; Sinaloa (38 %), Tabasco (11 %), Campeche (9 %) y Yucatán (7%). Con base en el ciclo anual, la producción es mayor en otoño-invierno 72 %, durante primavera-verano fue de 27 (SIAP, 2021). Mientras que en 2021 se produjeron 27,202 toneladas de chile habanero en 1,517 hectáreas sembradas, donde los principales países productores son: Sinaloa 32%, Yucatán 13%, Tabasco 10%, Campeche 9%, Veracruz 8%. Quintana Roo 6% y el resto se distribuyó a otros estados de la república (SIAP, 2022).

Para el estado de Coahuila, se tienen registros del inicio de la producción de *Capsicum chinense* en el 2013, para este año se generó una superficie sembrada de 6 hectáreas y un volumen de producción de 140 toneladas anuales y rendimientos promedio de 23.39 toneladas por hectárea, se tiene que el estado aportó el 0,96% de producción nacional anual. De acuerdo con este aporte al volumen de producción nacional, Coahuila se ubica como el 14vo estado productor de este cultivo en cuanto a superficie dedicada a la producción. En la actualidad, la superficie sembrada asciende a 10 hectáreas registradas, cuyo rendimiento promedio es de 21,05 toneladas por hectárea (SIAP, 2021).

2.4 Producción de chile habanero bajo agricultura protegida

La agricultura protegida es un sistema de producción que permite proteger los cultivos de factores ambientales dañinos tales como altas o bajas temperaturas, precipitaciones pluviales y granizadas, humedad relativa variable y fuerte radiación solar además de que permite regular en cierta medida algunos de estos factores ambientales (Ortiz-Rocha, 2017). También con este sistema de producción es posible tener un mejor control de las plagas y enfermedades, lo cual ayuda para que la calidad y la cantidad de cosecha se incrementen (Villa-Castorena *et al.*, 2014). La producción de chile habanero en sistemas de agricultura protegida en zonas con condiciones ambientales adversas, como las propias del norte de México puede representar una ventana de oportunidad (Avendaño González, 2017).

2.5 Clasificación taxonómica del chile habanero

Reino: Plantae

Subreino: Trachebionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Asteridae

Subclase: Dicotyledoneae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *Capsicum chinense* Jacq.

(CONABIO, 2011).

2.6 Descripción morfológica

Tallo: El tallo es robusto, erguido y generalmente tiende a formar tres ramas en la primera ramificación y luego se ramifica más (INTAGRI, 2022).

Raíz: La planta de chile habanero tiene una raíz pivotante de 0.20 a 0.60 m con raíces laterales extendidas que varían en longitud según el tipo de suelo. Sin embargo, cuando crece en condiciones protegidas (en invernadero o cuarto de sombra), su altura puede superar los 1.5 m (González-Estrada *et al.*, 2010).

Hoja: Las hojas tienen morfología simple, de textura lisa, dispuestas de forma alterna, lanceoladas, presentan diferente tamaño de acuerdo a su desarrollo, su coloración varía en función de la edad y variedad (CICY-CONACYT, 2013).

Fruto: El fruto es una baya ligeramente carnosa y hueca; tiene de tres a cuatro lóbulos, las semillas se ubican en la placenta y son lisas y pequeñas, de color marrón claro a marrón oscuro, y el período de germinación varía de ocho a quince días (Ruiz Lau *et al.*, 2011).

Inflorescencia: Esta etapa inicia justo después de la ramificación. Las flores pueden aparecer de forma individual o en pares, formando grupos incluso de más de dos flores en cada axila, presentan coloraciones blanquecinas. El tamaño promedio de una flor es de 1.5-2.5 centímetros en la corola (Ruiz Lau *et al.*, 2011).

Semillas: Permanecen adheridas a la placenta, de textura lisa y tamaño pequeño, de coloración café claro a tonalidades más oscuras, la germinación de estas varía de ocho a quince días (Palacios Medel, 2011) Se consideran semas ortodoxos, ya que toleran la deshidratación moderada.

2.7 Evaluación agronómica de *Capsicum sp.*

El proceso de evaluación agronómica de forma experimental permite medir el grado de adaptabilidad de un determinado material vegetal con determinada carga genética, bajo condiciones ambientales específicas. Este proceso, aplicado a

diversas variedades, bajo condiciones ambientales diversas permite evaluar el potencial agronómico del cultivo, considerando su comportamiento genotípico y fenotípico (ICA, 2015). Pardey Rodríguez *et al.* (2009) concuerdan en que la evaluación agronómica, permite evaluar las características cuantitativas de diversos genotipos que conforman una colección de materiales experimentales que constituyen un programa de mejoramiento genético, esta actividad permite hacer una depuración y selección de individuos o genotipos sobresalientes, discriminando aquellos cuyo comportamiento no corresponda a los intereses del mejorador.

Número promedio de frutos: 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 (Leoncelli, 2017).

Peso del fruto: Las diferencias en el peso del fruto se deben a la composición genética y al ambiente, ya que el componente varietal tiene un gran efecto sobre la tasa de crecimiento, el volumen final y la estructura del fruto (Lozada & Rivas, 2010).

Rendimiento: Ramírez-Luna *et al.* (2005), hacen mención de que las plantas de *Capsicum chinense* desarrolladas bajo agricultura protegida tienen buena aceptación tanto en flores como en número de frutos, siendo este que su rendimiento bajo invernadero es menor que al de campo abierto con frutos pequeños, debido a la baja intensidad de luz en el invernadero dando frutos pequeños y tallos delgados.

2.8 Mejoramiento genético de *Capsicum sp.*

En México, el principal objetivo de las actividades de mejoramiento genético busca mejorar la productividad, calidad y adaptabilidad de materiales genéticos. Las actividades de mejoramiento genético fueron realizadas en primera instancia por el Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y organismos precursores del INIFAP. En la actualidad, las instituciones de educación superior, orientadas a investigación, dedican tiempo y esfuerzo en la generación y mantenimiento de la diversidad genética nacional. El cambio climático y la demanda alimentaria generan una demanda creciente de semillas mejoradas, por lo que la investigación en este rubro es fundamental (Muñoz-Ramírez *et al.*, 2000).

El mejoramiento genético en el cultivo de chile persigue como principales objetivos la selección y mejora de características sensoriales y de calidad como sabor, tamaño y color del fruto, resistencia o tolerancia a factores bióticos, potencial de rendimiento, precocidad y generación de parentales e híbridos (Puc Chan, 2015).

2.9 Métodos de mejoramiento utilizados en Chile

El objetivo del mejoramiento genético en cultivos comerciales y sus diferentes variedades como las del género *Capsicum* tiene de fondo un interés agronómico, pero también un interés económico comercial. Sin embargo, la alta diversidad en gustos y preferencias del consumidor final, así como los diferentes usos del fruto, tanto como consumo humano, fresco y procesado, como para uso industrial, genera la necesidad de variedades diversificadas, adecuadas a los requerimientos del mercado. Así, el interés del mejorador tiene que basarse en un análisis integrado, tanto de las condiciones ambientales de la zona productora, como por las características deseables del producto determinadas por el mercado o consumidor final (INTAGRI, 2019).

2.9.1 Mejoramiento por selección

El método de mejoramiento genético por selección, permite mantener características de interés, propias de un genotipo endémico, pero, además, este método permite integrar al genotipo en formación, algunas características o propiedades de interés agronómico como la tolerancia o resistencia a factores bióticos y abióticos, el grado de pungencia medido por el contenido de capsaicina, como también propiedades de interés económico como el rendimiento y sus componentes. En la actualidad, el INIFAP ha conseguido la obtención de genotipos con alto valor comercial como “Jaguar”, “Mayapán” o “Calakmul” (INTAGRI, 2019).

2.9.2 Selección por pedigree

Se diferencia de otros métodos en que utiliza la hibridación para crear una variedad y formar una población base, descrito por primera vez por H.H. Lowe en 1927 (Acquaah, 2012). Acquaah (2012) señala que se trata de un proceso de selección individual en F₂. Una vez seleccionadas las plantas, se vuelven a seleccionar en cada generación posterior hasta alcanzar el nivel deseado de homocigosidad. Durante este período, las plantas aparecen fenotípicamente homogéneas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del experimento

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 Oeste y una altitud de 1774 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 17 °C y precipitaciones medias de 370 mm anuales, con un clima cálido-templado.

3.2 Material genético

El material genético que se empleó para el presente trabajo de investigación, fueron cuatro genotipos de chile habanero, la selección de dicho material fue con base en 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 (Coah.)
HNC-03	Naranja	Jaguar	Selección	5
HNC-04	Naranja	Jaguar	Selección	5
HNC-06	Naranja	Yucatán	Criollo	4
HCC-08	Chocolate	Coahuila	Selección	5

El establecimiento del experimento se realizó en un invernadero tipo gótico de baja tecnología, con un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. La distancia entre plantas fue de 30 cm.

3.3 Labores culturales

Siembra: La siembra de semilla de los genotipos se realizó el 5 de marzo 2022. Se sembró en una charola de poliestireno de 200 cavidades con una mezcla de sustratos para germinación compuesta de Peat Moss y perlita en relación 70/30 (v/v), se sembraron 200 semillas de cada genotipo, las charolas fueron colocadas en el mismo invernadero, para su germinación óptima, crecimiento y trasplante dentro del mismo invernadero (Figura 1).

Trasplante: El trasplante se llevó acabo el 22 de mayo de 2022, cada plántula se colocó de manera manual en cada bolis de fibra de coco, colocando cuatro bolis con los diferentes genotipos cada bolis con 4 plantas respectivamente. Después de haber realizado esta actividad se prosiguió con el cuidado de las plantas para la

realización de riegos, poda, aplicación de fertilizantes, productos químicos para controlar plagas y enfermedades.



Figura 1. Plántulas de chile habanero previas al trasplante.

Riego: El riego se comenzó a partir del trasplante, mediante un sistema de fertirrigación utilizando un tanque de 200 L para el almacenamiento de solución nutritiva, dentro de este se conectó la bomba de riego y manguera al temporizador digital para tener el suministro de agua de manera automática, la solución nutritiva se aplicó a cada planta mediante una piqueta que estaban insertadas en cada orificio de cada bolis, la cantidad de riego se adaptó al crecimiento de la planta (Figura 2).



Figura 2. Sistema de fertirrigación instalado y plantas trasplantadas en el boli.

Fertilización: Consistió en la aplicación de solución nutritiva, después de la colocación de plántulas en cada bolis, posteriormente se realizó la aplicación del fertilizante para su crecimiento y desarrollo, para así obtener un alto vigor y rendimiento de las plantas.

La primera aplicación fue el veintidós de mayo en donde el cultivo se encontraba en arraigo después del trasplante, la elaboración de esta solución consistió en diluir en agua de riego todas las sales fertilizantes que necesita una planta para su crecimiento y desarrollo óptimo. El aporte mediante solución nutritiva se realizó en diferentes porcentajes, de esta manera se inició con el 50% en etapa de trasplante, posteriormente con el 75% al inicio de la floración y finalmente con el 100% en etapa de fructificación, la solución nutritiva presentó un rango de pH de entre 5.9 y 6.1 y conductividad eléctrica de 1.5- 2.7 dS m⁻¹.

Cuadro 2. Componentes de la solución nutritiva a concentración normal, empleada en etapa de fructificación del cultivo de chile habanero bajo condiciones de invernadero.

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

Poda: La poda se realizó el día dos de julio eliminando los brotes que se encontraban en la base del tallo, ramas viejas y ramas con algún tipo de deformación. Esto se realizó con ayuda de tijeras para podar, siendo antes desinfectadas con etanol para así evitar cualquier tipo de enfermedad.

Tutorado: El tutorado se realizó con la finalidad de dar soporte al tallo de la planta para evitar que este crezca con deformación y los frutos lleguen a tocar el suelo, para ello se colocaron estacas entre cada bolis para ser sujetados con rafia.

Cosecha: La cosecha se realizó de manera manual cuando los frutos se encontraban en su madurez comercial, se recolectaron únicamente los frutos de que presentaban una coloración superior al 60% en su superficie y que son característicos de los genotipos. La primera cosecha se realizó el 22 de agosto del 2022 y la segunda y última el 15 de octubre 2022.

3.4 Variables agronómicas evaluadas

Altura de la planta (AP): Esta variable se determinó al medir la altura de la planta con una cinta métrica graduada en cm. Se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la última hoja del tallo principal, el resultado se expresó en cm.

Diámetro basal del tallo (DBT): Esta variable se midió con un vernier digital de la marca Truper® a tres centímetros de la base del tallo, el resultado se expresó en mm.

Número de frutos por planta (NFP): En esta variable se contabilizó la cantidad de frutos cosechados en cada corte de cada planta.

Peso promedio de Fruto (PPF): Esta variable se determinó dividiendo el peso de los frutos cosechados de cada planta entre el número de frutos cosechados de la misma planta. El resultado se expresó en gramos (g).

Diámetro ecuatorial de fruto (DF): Esta variable se determinó con ayuda de un vernier de la marca Truper® midiendo el ancho de los cuatro frutos seleccionados por cada tratamiento y repetición en la cosecha realizada.

Grosor de pedúnculo (GP): Esta variable se determinó con ayuda de un vernier de la marca Truper® midiendo el grosor del pedúnculo de los cuatro frutos seleccionados por cada tratamiento y repetición. El resultado se expresó en mm.

Semillas por repetición y tratamiento (SRT): En esta variable se contabilizó el número de semillas por tratamiento y repetición realizados en la cosecha.

Rendimiento en kilogramos por planta: En esta variable se determinó cuantificando el peso de los frutos obtenidos en los dos momentos de cosecha, para

cada planta, reportándose el dato para cada repetición y tratamiento. Se determinó con una báscula digital, los datos se registraron en gramos (g).

3.5 Análisis estadísticos

Los datos recabados del experimento se analizaron bajo un modelo completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. Se realizó un análisis de varianza ($P \leq 0.05$) y una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Para ello se empleó el software estadístico Infostat® v. 2020, esto se llevó a cabo bajo el siguiente modelo estadístico.

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

Dónde:

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

μ = efecto de la media general.

T_i = efecto del j -ésimo tratamiento.

ε_{ij} = efecto del error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Altura de planta

El análisis de varianza ($P \leq 0.05$) no detectó diferencia estadística significativa entre tratamientos. La prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) permitió observar que para la altura de la planta todos los tratamientos son estadísticamente similares, sin embargo, el genotipo HCC-08 se aprecia con ligera superioridad, obtuvo un promedio de 182.81 cm a diferencia del Genotipo HNC-04 que obtuvo el menor promedio con 155 cm (Figura 3).

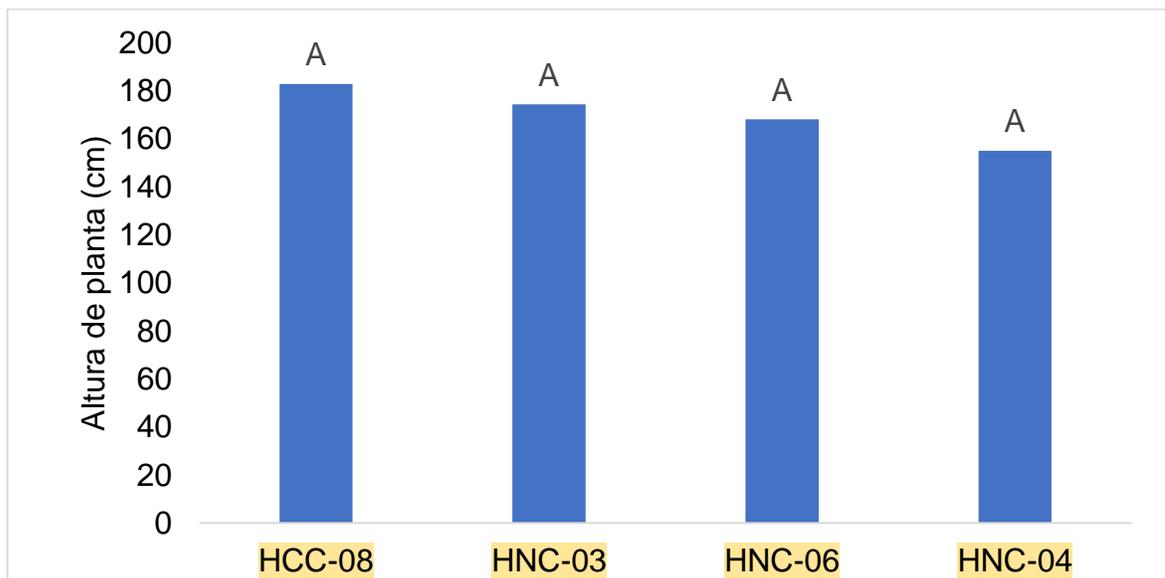


Figura 3. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable altura de planta, para los genotipos de chile habanero evaluados.

4.2 Diámetro basal de tallo

El análisis de varianza ($P \leq 0.05$), no detectó diferencia estadística significativa entre tratamientos. La prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) corroboró lo anterior, sin embargo, el genotipo HNC-03 se aprecia con ligera superioridad porcentual, y generó el mayor promedio para esta variable con 18.73 mm. Por otro lado, T4 y T8 presentaron resultados similares, con 18.21 cm y 18 cm (Figura 4).

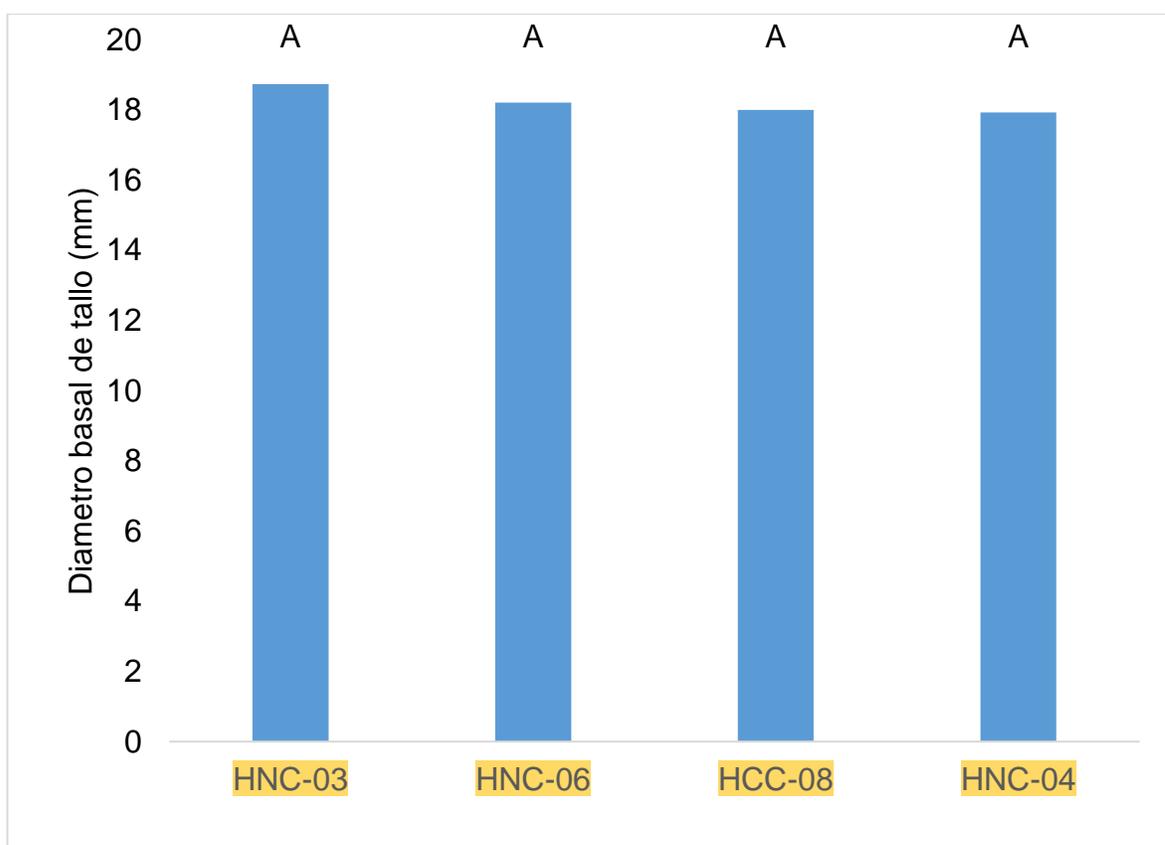


Figura 4. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable diámetro basal del tallo, para los genotipos de chile habanero evaluados.

4.3 Diámetro ecuatorial de fruto

El análisis de varianza detectó diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) entre tratamientos para esta variable. La prueba de medias, permitió comprobar lo anterior, de esta manera, el genotipo HCC-08 fue el mejor tratamiento con un diámetro de 29.97 mm, seguido por el genotipo HNC-06 con 26.27 mm, mientras que el genotipo HNC-03 fue el genotipo que menor promedio con 22.37 mm (Figura 5).

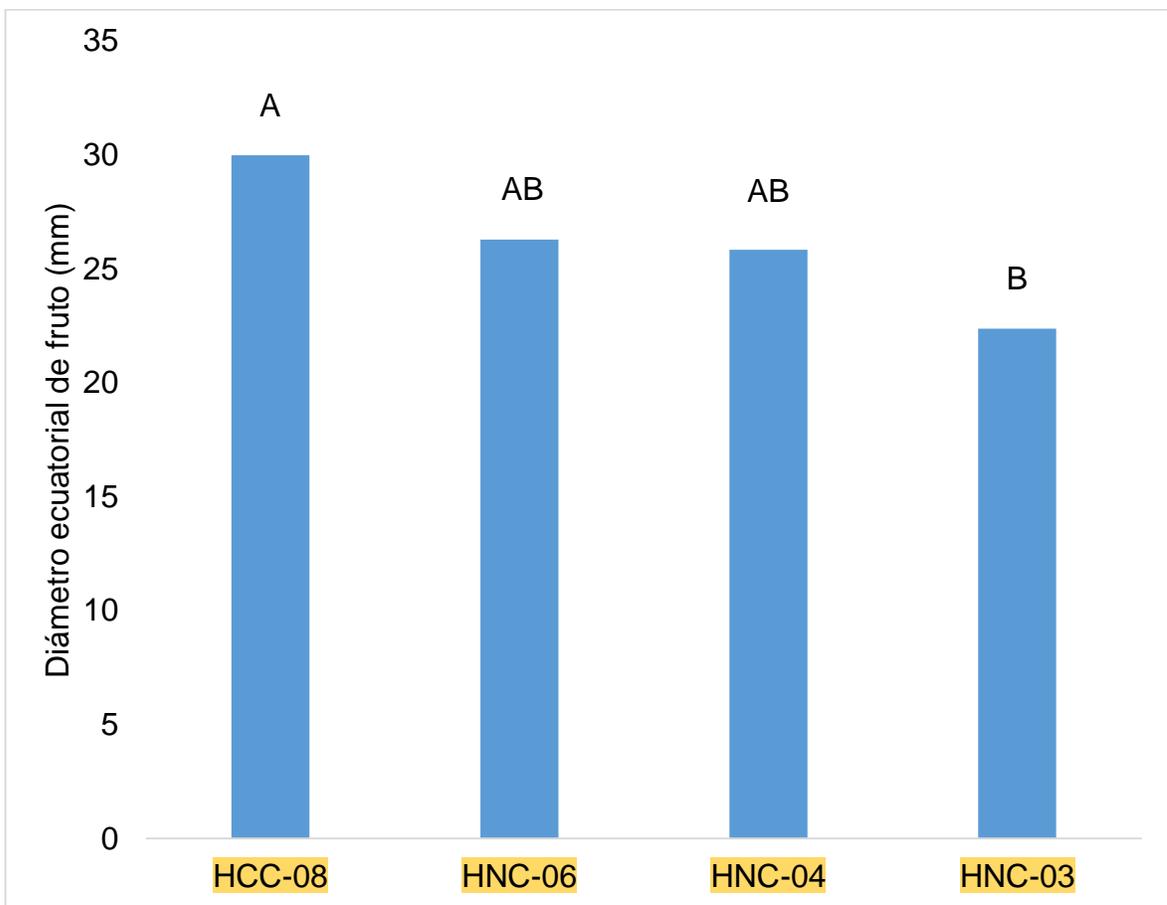


Figura 5. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable diámetro del fruto, para los genotipos de chile habanero evaluados.

4.4 Grosor de pedúnculo

El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre tratamientos, del mismo modo, la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) permitió observar que el genotipo HCC-08 fue el superior a los demás, con un grosor de pedúnculo promedio de 2.65 mm, seguido del genotipo HNC-06 con 1.9 mm, en este último grupo y de menor tamaño se encuentran el genotipo HNC-04 y HNC-03 (Figura 6).

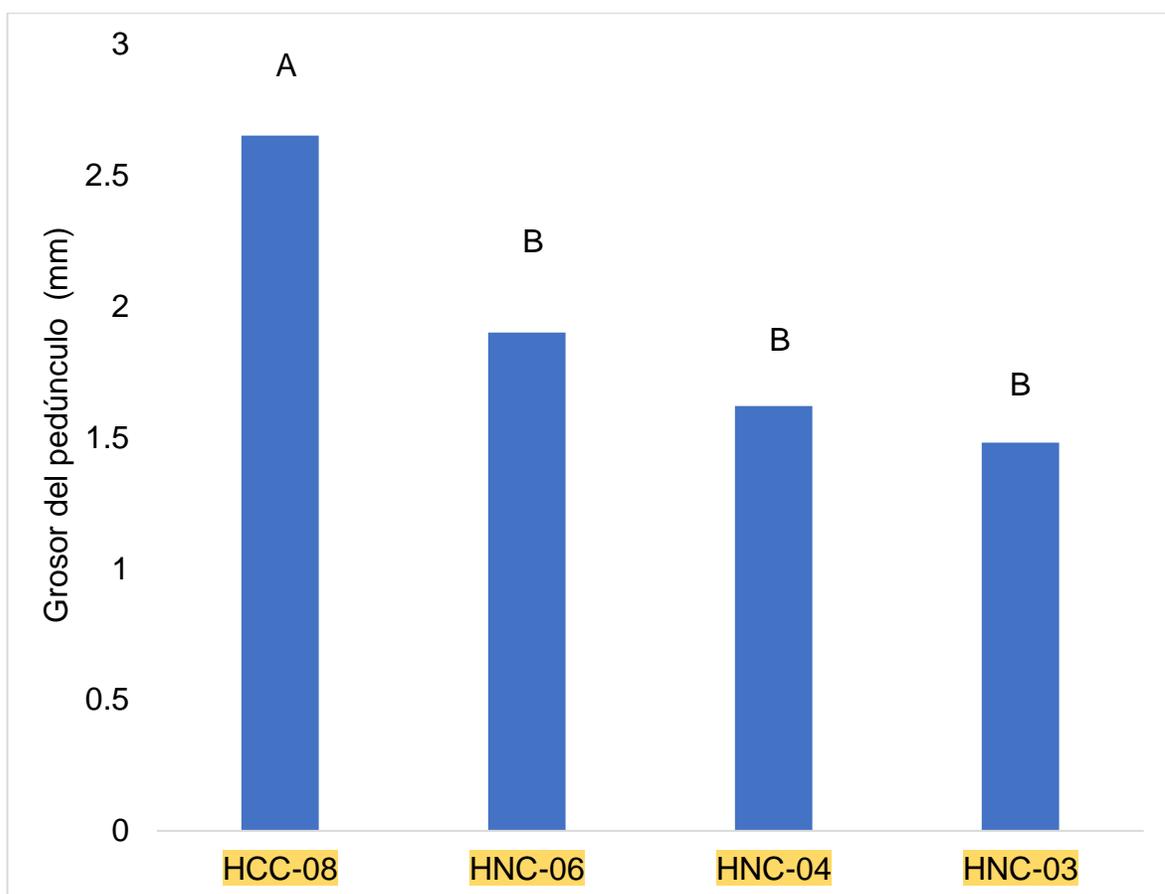


Figura 6. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable diámetro o grosor del pedúnculo, para los genotipos de chile habanero evaluados.

4.5 Número de frutos por planta

El análisis de varianza para la variable número de frutos por planta detectó diferencia estadística altamente significativa ($P \leq 0.01$) entre tratamientos. La prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) permitió observar que el genotipo HNC-04 fue el mejor tratamiento con un promedio de 164.19 frutos, dicho tratamiento fue estadísticamente similar al genotipo HNC-03, el cual produjo 144 frutos. Por otro lado, el genotipo HNC-06, al igual que HCC-08 presentaron los valores más bajos (Figura 7).

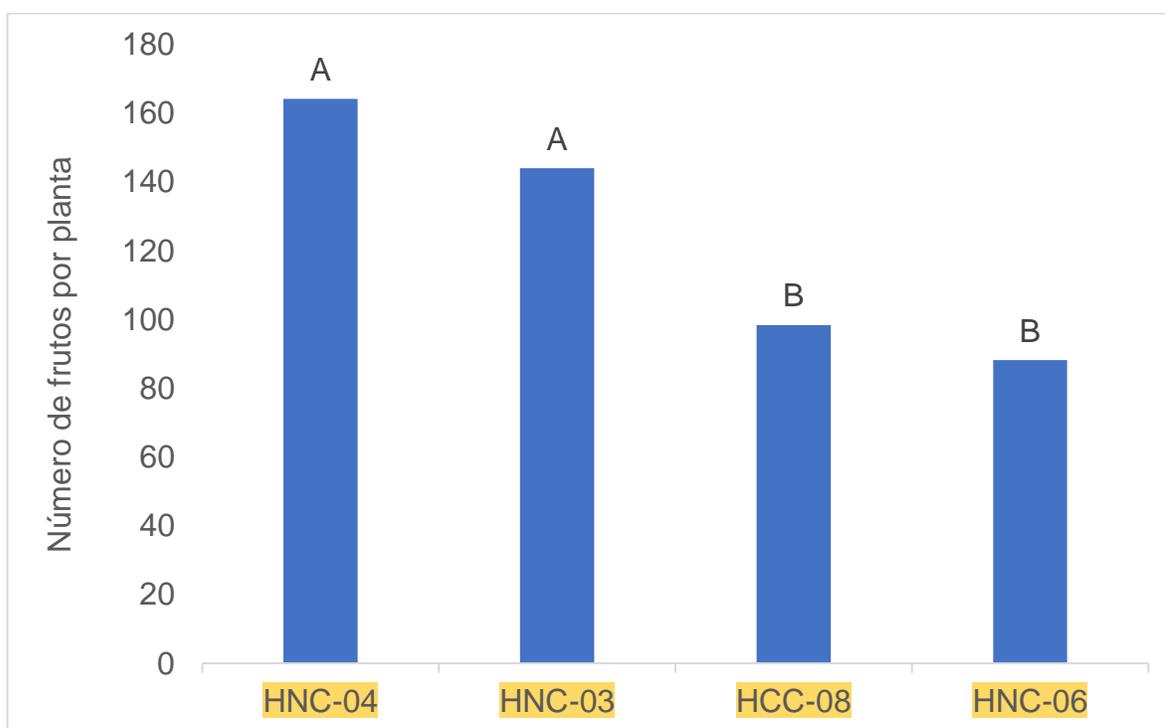


Figura 7. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable número de frutos por planta, para los genotipos de chile habanero evaluados.

4.6 Peso promedio de fruto

Los resultados del análisis de varianza para la variable peso promedio de fruto muestran la existencia de diferencia estadística altamente significativa ($P \leq 0.01$) entre tratamientos. Del mismo modo, la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) clasifican al genotipo HCC-08 con la mejor respuesta, obteniendo un peso promedio de 4.15 g, seguido por el genotipo HCN-06, que se ubica en segundo lugar con un peso promedio de 3.6 g, mientras que el genotipo HNC-04 y el genotipo HNC-03, fueron los tratamientos con los valores medios más bajos para esta variable (Figura 8).

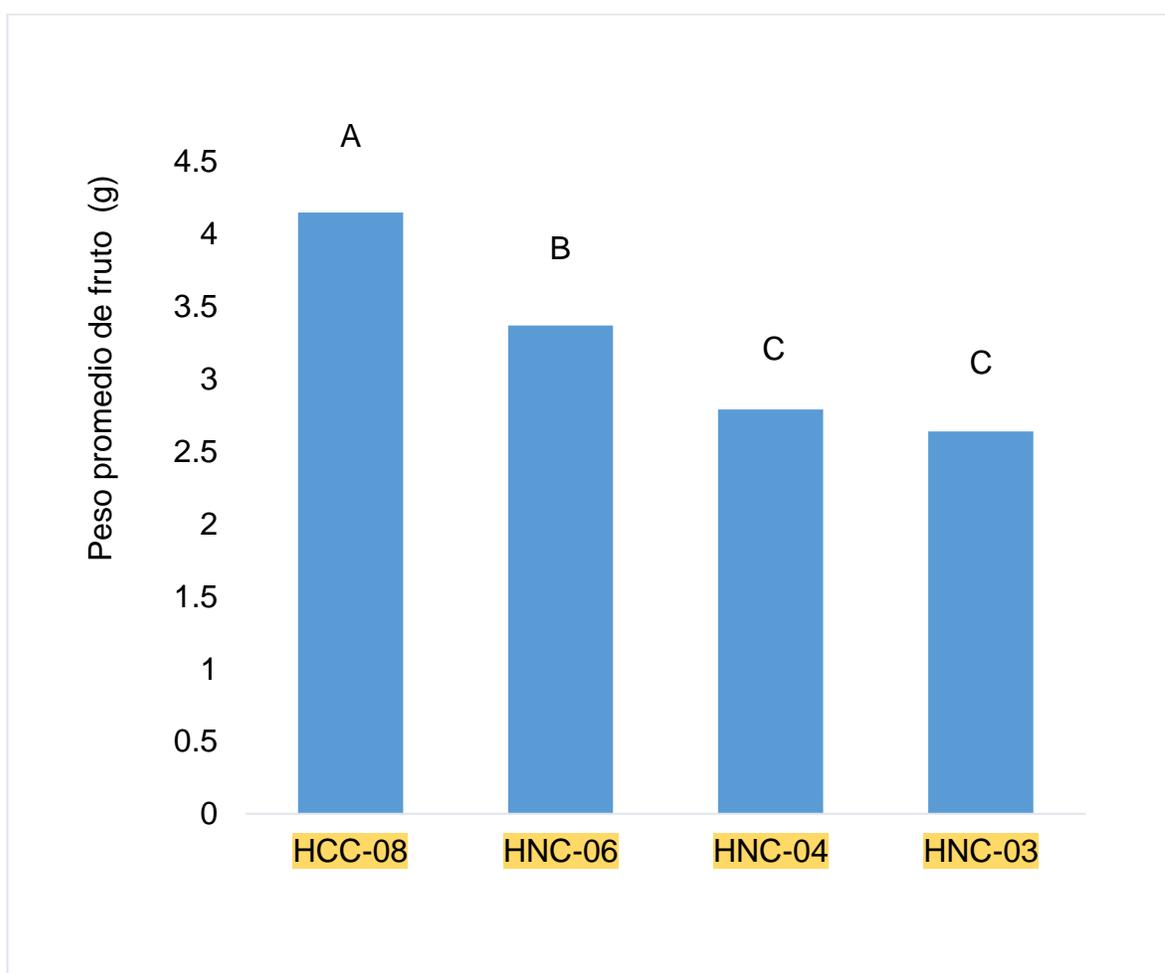


Figura 8. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable peso promedio del fruto, para los genotipos de chile habanero evaluados.

4.7 Rendimiento en kilogramos por planta

Mediante el análisis estadístico se observó que existe diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos. La prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) permitió observar que, para esta variable, el genotipo HCN-04 obtuvo el valor más alto con 0.46 kg por planta, seguido de los genotipos HCC-08, HCN-03 y finalmente HCN-06 quienes obtuvieron un menor rendimiento (Figura 9).

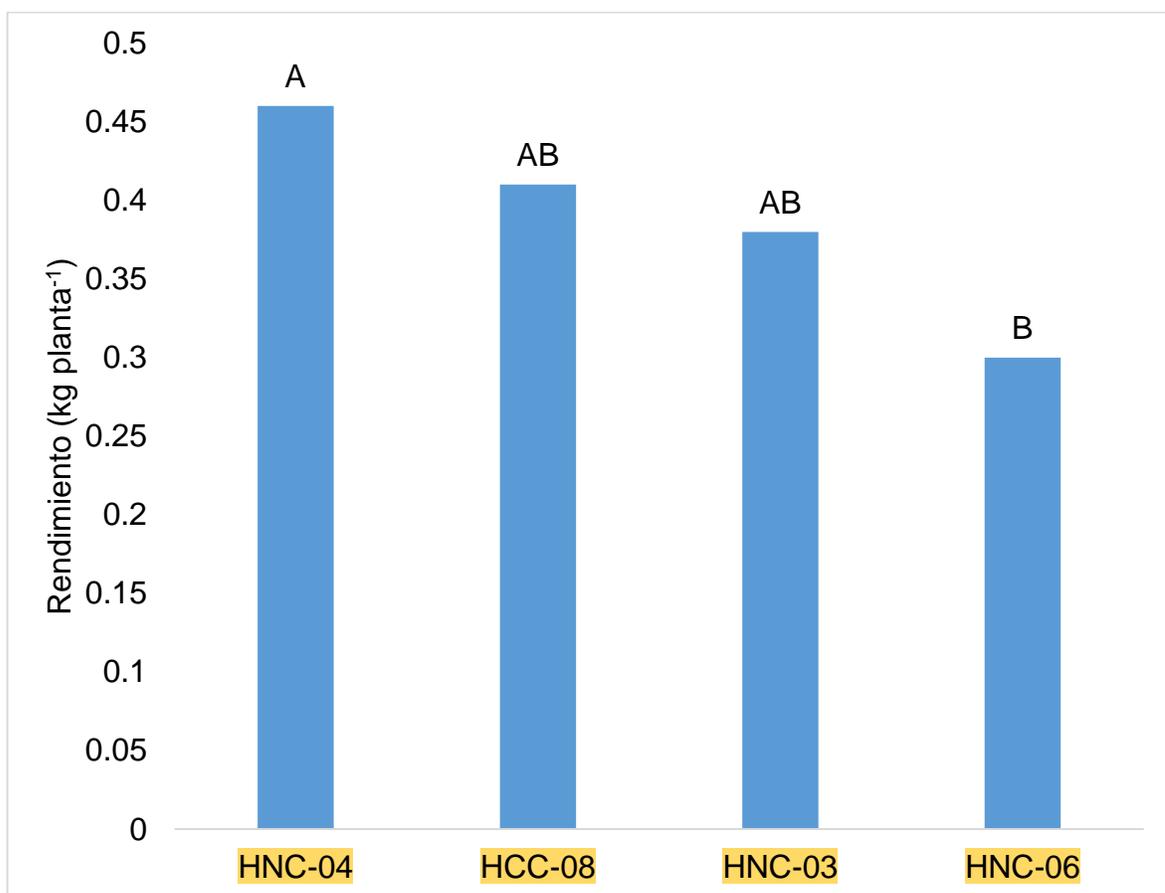


Figura 9. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable rendimiento en kilogramos por planta, para los genotipos de chile habanero evaluados.

4.8 Número de semillas por planta

El análisis de varianza detectó diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) arrojó que el genotipo HCC-08 consiguió el valor más alto para esta variable con un promedio de 171.75 semillas por cada repetición, mientras que el genotipo HNC-03, fue el que obtuvo el menor resultado, con un promedio de 42 semillas por planta.

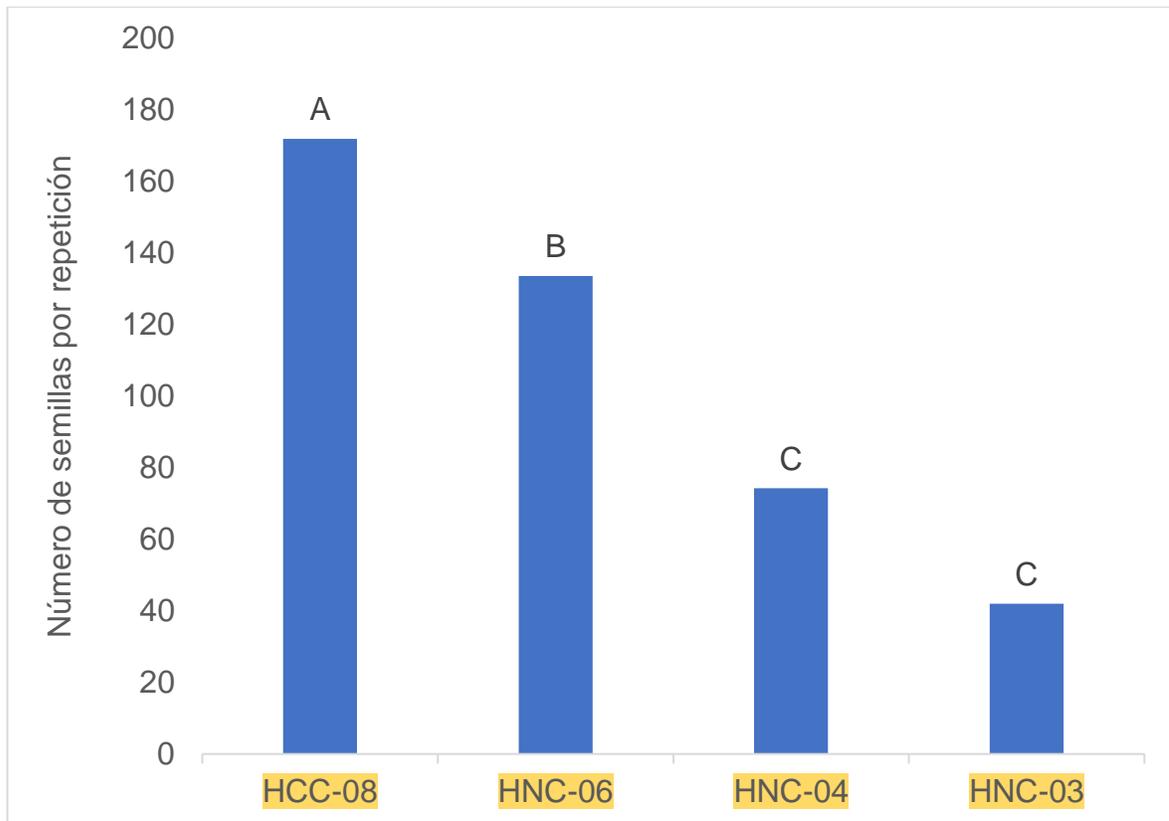


Figura 10. Valores medios obtenidos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la variable número de semillas por repetición, para los genotipos de chile habanero evaluados.

V. CONCLUSIONES

El comportamiento agronómico y morfológico de los genotipos fue variable en la mayoría de los caracteres evaluados. El genotipo que expresó superioridad en la mayoría de las variables evaluadas fue el HCC-08, chile que se caracteriza por su color chocolate o café y seleccionado en Coahuila, seguido por el genotipo HNC-06 caracterizado por ser un genotipo de color naranja que procede del estado de Yucatán.

Las diferencias observadas entre los genotipos, indican que existe variabilidad genética que se puede utilizar para continuar el programa de mejoramiento para producir nuevas variedades o híbridos para la región Coahuila y noreste de México.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acquaah, G. (2012). Principles of Plant Genetics and Breeding. 2nd ed. Bowie State University, Maryland, USA. 303-305 p.
- Aguilar Rincón, V. H. (2012). *Cultivo del chile en México*. Reseña de Libro.
- Avendaño González, E. A. (2017). *Descripción varietal y comportamiento agronómico de seis genotipos de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.) bajo condiciones de invernadero*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Borges-Gómez, L., Cervantes Cárdenas, L., Ruíz Novelo, J., Soria Fregoso, M., Reyes Oregel, V., & Villanueva Couoh, E. (2010). Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Terra Latinoamericana*, 28(1), 35–41.
- CICY-CONACYT. (2013). *Ficha técnica para la producción de plantas de chile habanero variedad BA ' ALCHÉ*.
- CONABIO. (2009). Solanaceae, *Capsicum Annuum* L. Fichas técnicas.
- Datt Joshi, D., Changkija, S., Sujata, W., Gopalrao Somkuwar, B., & Singh Rana, V. (2017). Nutraceutical from *Capsicum chinense* fruits in shelf-stable herbal matrix. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.06.006>
- 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>
- FIRCO. (2017). *Chile habanero, con denominación de origen*.
- González-Estrada, T., Zúñiga-Aguilar, J. J., y Vázquez-Flota, F. (2018). *Mejoramiento genético del chile habanero de la Península de Yucatán*. CONACYT-CICY.
- ICA. (2015). *Requisitos para la inscripción de cultivares en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales*.

- INTAGRI. (2019). Usos y Mejoramiento Genético de Chile Habanero en México. *Serie Hortalizas*, 15.
- INTAGRI. (2022). Cultivo de chile habanero. Serie Hortalizas, 23. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.
- Leoncelli, G. I. (2017). *Reducción de la floración en ciruelo europeo (Prunus domestica L.) con ácido giberélico como alternativa para mejorar el tamaño del fruto*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral.
- Lozada, L., & Rivas, C. (2010). *Evaluación del efecto de la inoculación de Azotobacter spp. en plantas de ají dulce (Capsicum frutescens)*. Trabajo de grado Técnico Superior Agrícola. Universidad de los Andes, Trujillo.
- Meneses Lazo, R. E., & Garruña, R. (2020). El cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) como modelo de estudio en México. *Tropical and Sub*, 23(2020), 1–17.
- Ramírez, P., Ortega, R., López, A., Castillo, F., Livera, M. y F. Zavala. 2000. Recursos Fitogenéticos de México para la alimentación y la agricultura, Informe Nacional.
- Ortiz-Rocha, J. (2017). *Rendimiento y calidad de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.) bajo fertilización química y orgánica en condiciones de invernadero*. Tesis de Licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Palacios Medel, E. (2011). *Caracterización del efecto quimiotrópico del glutamato en raíces de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.)*. Centro de Investigación Científica de Yucatan A.C.
- Pardey Rodríguez, C., García Dávila, M. A., & Vallejo Cabrera, F. A. (2009). Evaluación agronómica de accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. *Acta Agronómica (Palmira)*, 58(1), 23–28.
- Pérez-López, S. (2016). *Respuesta de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.) a la feertilización orgánica en invernadero*. Tesis de Licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Puc Chan, M. M. (2015). *Selección de fuentes parentales para el mejoramiento genético de chile habanero (Capsicum chinense Jacq.)*. Centro de Investigación Científica de Yucatan.

- Ramírez-Luna, E., Castillo-Aguilar, C. C., Aceves-Navarro, E., y Carrillo-Ávila, E. (2005). Efectos de productos con reguladores de crecimiento sobre la formación y amarre de fruto en chile habanero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 11 (1), 93-98.
- Ruiz Lau, N., Medina Lara, F., & Martínez Estévez, M. (2011). El Chile Habanero su Origen y Usos. *Ciencia*, 70–77.
- SIAP. (2017). Chile Habanero, con Denominación de Origen
- SIAP. (2019). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.
- SIAP. (2021). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.
- SIAP. (2022). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.
- SIAP. (2023) Mayor rendimiento en cultivo de hortalizas en invernadero.
- Villa-Castorena, M., Catalán Valencia, E. A., Inzunza Ibarra, M. A., Román López, A., Macías Rodríguez, H., & Cabrera Rodarte, D. (2014). *Producción hidropónica de chile habanero en invernadero*.