

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación Agronómica de Ocho Genotipos de Chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) Bajo Invernadero

Por:

NANCI ANDREA PEREZ GODINEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación Agronómica de Ocho Genotipos de Chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) Bajo Invernadero

Por:

NANCI ANDREA PEREZ GODINEZ

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



Dr. Josué Israel García López

Coasesor



Dr. Arturo Mancera Rico

Coasesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores

Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2023

Declaración de no plagio

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y 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 el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Pasante



NANCI ANDREA PEREZ GODINEZ

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por haberme acompañado toda la vida, en especial durante la carrera, por permitirme lograr esta meta y por todas sus bendiciones que cada día me da.

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO por abrirme las puertas para poder formarme profesionalmente, por brindarme oportunidades, en general a todos los docentes que nos forman con entusiasmo y dedicación para ser excelentes ingenieros, ya que gracias a ellos puedo decir que soy orgullosamente buitre de la Narro.

Al Dr. NEYMAR CAMPOSECO MONTEJO, por los conocimientos compartidos, por la oportunidad de realizar mi tesis, por su paciencia y apoyo en la elaboración de mi tesis.

Al Dr. ARTURO MANCERA RICO y al Dr. JOSUÉ ISRAEL GARCÍA LÓPEZ, por apoyo en la revisión, colaboración y por formar parte del jurado.

A la Lic. NORMA IRENE HERNÁNDEZ FIGUEROA, por ser una de las personas que siempre me motivó a terminar la carrera, por todos los consejos y apoyo durante toda la carrera.

A la M.C. LORENA SILVESTRE CASTAÑEDA, por su amistad, apoyo y consejos durante el desarrollo del experimento.

A mis amigos MARCOS, DANI, RENE, FRANCISCO, LIZ, ANSELMO, EYMAN Y RODI por su amistad y apoyo durante la carrea.

A mi mejor amiga MARCIA por su amistad de toda la vida y apoyo en todo.

DEDICATORIA

Para mis queridos padres RUBEN Y VALERIA, no encuentro palabras para agradecer todo el apoyo y cariño que me han dado, son las personas que cambiaron mi vida, me dieron la oportunidad de crecer en una familia. Este logro no es solo mío, también es de ustedes, porque sin su apoyo esto no sería posible, agradezco a la vida por tenerlos aún conmigo a cientos de kilómetros, pero cerca de mi corazón, han sido un ejemplo de superación, que en esta vida con dedicación, esmero y esfuerzo todo se puede. Gracias por tanto... los quiero infinitamente.

A mis padres OVILIO Y VIRGINIA, por el apoyo incomparable, por la paciencia y esfuerzo que han dedicado para que seamos personas de bien, gracias por todo lo que me han dado a lo largo de la vida, esto no sería posible sin ustedes.

A mis Hermanos/tíos, YES, GARY Y GIL, por el cariño, consejos, apoyo en todo momento, por creer en mí y siempre querer lo mejor para mí, gracias por todo lo que me han dado, y recuerden que aun soy la pequeña de la casa.

A mis hermanos, por el cariño, los regaños y el apoyo moral y económico que me han dado, agradezco a Dios por tener unos hermanos tan buenos y curiosos como ustedes, IRENI, SANDY, DANIEL, ROXANA, VALERIA Y DINA.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Origen del chile habanero	3
2.2 Clasificación taxonómica del chile habanero.....	4
2.3 Descripción morfológica.....	4
2.4 Importancia mundial.....	6
2.5 Importancia del chile habanero en México	7
2.6 Producción de chile habanero en campo abierto.	8
2.7 Producción en agricultura protegida.....	8
2.9 Evaluación agronómica de <i>Capsicum sp.</i>	9
2.10 Mejoramiento de chile <i>Capsicum sp.</i>	9
2.11 Métodos de mejoramiento genético usados en chiles	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14

3.1	Ubicación y localización	14
3.2	Material genético	14
3.3	Labores culturales	15
3.4	Variables agronómicas evaluadas	18
3.5	Análisis estadístico.....	20
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
V.	CONCLUSIÓN.....	34
VI.	LITERATURA CITADA	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Identificación y características de los genotipos evaluados de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.) bajo invernadero.	15
Cuadro 2. Cantidad de fertilizante de N-P-K utilizado antes del trasplante del chile habanero bajo invernadero.....	16
Cuadro 3. Solución nutritiva de macroelementos utilizado en el cultivo de chile habanero (<i>C. chinense</i> Jacq.) bajo invernadero.....	17
Cuadro 4. Solución nutritiva de microelementos utilizado en el cultivo de chile habanero (<i>C. chinense</i> Jacq.) bajo invernadero.....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de altura de planta de ocho genotipos de chile habanero cultivados bajo invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.	21
Figura 2. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de diámetro basal del tallo principal, de ochos genotipos de chile habanero evaluados bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.	22
Figura 3. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la longitud de la hoja de ocho genotipos de chile habanero probados en condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.....	23
Figura 4. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del ancho de la hoja de ocho genotipos de chile habanero probados bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.....	24
Figura 5. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de número de frutos por planta de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.....	25
Figura 6. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de longitud del fruto de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.	26
Figura 7. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de ancho del fruto de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.	27
Figura 8. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de número de lóculos de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.	28
Figura 9. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del grosor del mesocarpio de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.....	29
Figura 10. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del contenido de sólidos solubles totales de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.	30

Figura 11. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de peso promedio de frutos de ocho genotipos de chile habanero bajo invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar. 31

Figura 12. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de rendimiento en gramos cosechados por planta de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar. 32

Figura 13. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de rendimiento calculado ($t\ ha^{-1}$) de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar..... 33

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar agronómica y morfológicamente ocho genotipos de chile habanero con diferentes ciclos de selección bajo condiciones de invernadero. El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Saltillo, Coahuila, en un invernadero de baja tecnología del departamento de fitomejoramiento. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos (HNC-1, HNC-2, HNC-3, HNC-4, HNC-5, HNC-6, HNC-7 y HCC-8), cuatro repeticiones cada uno, cultivadas en maceta y un sistema de fertirriego por goteo localizado. En el análisis estadístico ANVA ($p \leq 0.05$) se realizó en el paquete de Infostat® versión 2019 y para la comparación de medias, se utilizó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados obtenidos muestran diferencias altamente significativas en la variable altura de planta donde el genotipo HCC-8 obtuvo el mejor comportamiento, aunque en el mismo grupo estadístico también están HNC-3, HNC-4 y HNC-2, en las variables ancho de hoja, longitud de hoja, largo del fruto, ancho del fruto y peso promedio de fruto el genotipo HCC-8 destacó entre los genotipos. Los genotipos que mostraron superioridad en el rendimiento y algunos de sus componentes fueron HNC-6, HNC-4 y HNC-3, así mismo, el genotipo HCC-8 y HNC-6 expresaron mayor longitud de fruto. Las diferencias observadas entre los genotipos, indican que existe variabilidad genética que puede ser usada para continuar con el programa de mejoramiento genético de chile habanero para la generación de nuevas variedades o híbridos que se adapten favorablemente a la región de Coahuila y el noreste de México.

Palabras claves: *Capsicum chinense* Jacq. Mejoramiento genético, selección, rendimiento.

I. INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Capsicum*, poseen propiedades importantes para la industria de la alimentación y medicina (Martínez, 2019). Este género se compone por 31 especies, de los cuales solo cinco han sido domesticadas, estos son: *C. baccatum*, *C. pubescens*, *C. frutescens*, *C. annun* y *C. chinense* (Aguirre y Muñoz, 2015). El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es una especie originaria de Suramérica, fue introducido a la península de Yucatán procedente de Cuba. En los últimos años ha tomado relevancia, por ser uno de los chiles con mayor cantidad de capsaicina (Ruiz-Lau *et al.*, 2011).

El cultivo de chile habanero tiene una fuerte demanda a nivel nacional e internacional, siendo Japón, China, Estados Unidos, Alemania, Italia y Corea del sur los principales países compradores de este fruto, esto debido a las propiedades que posee, sobre todo para la industria y la farmacéutica (FIRCO, 2017). A nivel nacional los estados que componen la península de Yucatán cuentan con la denominación de origen para esta especie desde el año 2010 y en consecuencia, ventajas para su comercialización, no obstante, también se cultiva en los estados del norte del país, siendo Sinaloa el principal productor con una producción de 8,708.55 toneladas seguido de los estados de la península como Yucatán (3,555.01 toneladas), Tabasco (2,856.87 toneladas), Campeche (2,370.90 toneladas) y Quintana Roo (1700.13 toneladas) en un total de 1, 517.81 hectáreas sembradas (SIAP, 2023), por lo que la importancia del cultivo se hace cada vez más notoria. Cabe destacar que los principales países que exportan esta especie es México junto con Belice (Ruiz-Lau *et al.*, 2011).

Según Santana, *et al.*, 2018 el mejoramiento genético es el arte y la ciencia de aumentar el rendimiento, la productividad, la tolerancia a agentes abióticos y bióticos adversos, la calidad y/o el rango de adaptación en las diferentes regiones. Para la obtención de nuevas variedades, en el género *Capsicum* se ha realizado mediante la selección de fenotipos sobresalientes dentro de poblaciones, algunos de los métodos más utilizados son: selección masal, la genealógica (pedigree) y las retrocruzas. Sin dejar de lado la evaluación agronómica y morfológica de dichos fenotipos o la caracterización de los mismos. Por lo tanto, este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar genotipos de chile habanero para conocer su comportamiento agronómico en condiciones de invernadero.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar agronómica y morfológicamente ocho genotipos en generaciones avanzadas de chile habanero bajo condiciones de invernadero.

1.1.2 Objetivos específicos

Identificar a través de la evaluación agronómica los genotipos que muestren mejor comportamiento bajo condiciones de invernadero.

Seleccionar los genotipos con el mejor desempeño agronómico y morfológico para continuar con un programa de mejoramiento genético a través del método de pedigree.

1.2 Hipótesis

Al menos uno de los genotipos tendrá mejor comportamiento agronómico y morfológico bajo condiciones de invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del chile habanero

Según Ruiz-Lau *et al.*, (2011) el origen del género *Capsicum* fue en la zona que comprende desde el sur de Brasil hasta el norte de Argentina, pasando por el este de Bolivia y el oeste de Paraguay, pues es en estas zonas donde se pueden encontrar la mayor diversidad de plantas silvestres de este género, específicamente el chile habanero (*C. chinense*, Jacq.), por lo tanto, es originario de América del sur, se cree que paso por Cuba y desde ahí llego a la península de Yucatán, donde se puede encontrar con diferentes formas, textura, color, tamaño, etc.

El chile habanero se cultiva en algunos estados de la república mexicana, principalmente en el sureste de México (península de Yucatán) (ASERCA, 2018), cabe destacar que estos estados en el 2010, obtuvieron la denominación de origen de esta especie (*C. chinense* Jacq.) o mejor conocido como chile habanero, ya que en esta zona se puede encontrar chiles con diferentes características como sabor, aroma, pungencia, color y vida de anaquel (Borges-Gómez *et al.*, 2014).

2.2 Clasificación taxonómica del chile habanero

Su taxonomía se clasifica de la siguiente manera (CONABIO, 2009).

Reino: Vegetal

Subreino: Embriophyta

División: Angiospermae

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Ranunculidae

Orden: Solanales

Familia: Solanáceae

Género: *Capsicum*

Especie: *chinense*

2.3 Descripción morfológica

2.3.1 Tallo

El tallo principal está bien diferenciado, el tipo de ramificación que presenta puede variar, por lo regular, es erecta y produce de 3 a 5 ramas primarias con 9 a 13 ramas secundarias, el tallo no presenta pubescencia, sin embargo, hay ejemplares que sí lo presentan (Rivera, 2012). Y puede alcanzar una altura de hasta de 2.5 m (FIRCO, 2017).

2.3.2 Raíz

Según Ruiz-Lau *et al.*, (2011), presenta una raíz principal de tipo pivotante, que alcanza una profundidad de 0.40 a 1.20 m, con un sistema radicular bien desarrollado, su tamaño dependerá de la edad de la planta, las características del

suelo y las prácticas de manejo que se le brinden, incluso puede alcanzar longitudes mayores a los 2 m.

2.3.3 Hoja

Presentan hojas deltoides, ligeramente onduladas y parénquima esponjoso en el haz, de color verde oscuro brillantes, con margen de la hoja ligeramente ondulado, alcanza hasta 19 cm de largo por 11 cm de ancho (Castillo-Aguilar *et al.*, 2019).

2.3.4 Fruto

El fruto es una baya hueca, acampanulada, triangulares y rectangulares con terminación en punta, con epidermis de liso a rugosa (Santos. 2014), el fruto es poco carnoso, las paredes que dividen en el interior son incompletas, estas no llenan los lóculos, y se unen en la parte apical del fruto para formar las venas, mismas que se unen en la placenta, aquí se localizan las semillas (DOF, 2007). De tamaño pequeño con forma de trompo redondo, que varía de 2 a 6 centímetros de largo por 2 a 4 de ancho, con una constricción en la base (López-Puc *et al.*, 2009). FIRCO (2017) describe que los frutos inmaduros son de color verde, los colores que presentan son naranja en estado inmaduro y rojo al madurar, aunque, también hay plantas que producen chiles maduros de color anaranjado, amarillo, café, blanco y rosa (Ramírez, 2018).

2.3.5 Inflorescencia

Las flores aparecen solitarias, también en grupos de dos o más por cada axila, son de color blanco, presentan tamaño variable que va desde 1.5 a 2.5 centímetros de la corola. Presentan sépalos y pétalos que varían entre cinco a siete, aun dentro de la misma especie, así mismo con la longitud del pedúnculo floral (Ruiz-Lau *et al.*, 2011).

2.3.6 Semilla

Según Puc (2015) las semillas son lisas, ovaladas y pequeñas (2.5 a 3.5 mm); tienen testa de color café claro o café oscuro y su período de germinación varía entre 8 y 15 días.

2.4 Importancia mundial

El interés de este producto no se basa solo en la importancia económica y consumo humano, sino que también es un excelente producto para la obtención de colorantes naturales, minerales y vitaminas A, C y E o alcaloides como la capsaicina (Sarabia, 2013).

La importancia de la producción de este chile está en su alto consumo y favoritismo en el ámbito alimenticio y en los últimos años en los ámbitos tecnológicos y científicos (Flores y Sánchez, 2020). De manera general, el chile es uno de los cultivos originarios de México y de los más importantes a nivel mundial. Además de ser un alimento nutritivo, también es una fuente de colorantes naturales y compuestos secundarios, todos ellos utilizados en la elaboración de productos alimenticios, cosméticos y farmacéuticos (Aguirre y Muñoz, 2015).

El país que más demanda chile habanero, es Estados Unidos, por las características que posee, porque se les considera los más picantes y aromáticos. Se exporta en forma de pasta para la preparación de salsas verdes y rojas de este chile (Ruiz-Lau *et al.*, 2011). Por lo tanto, se exporta principalmente a Estados Unidos, Japón, Corea del Sur y Alemania (ASERCA, 2018).

El chile habanero ha tomado cada vez más importancia mundial, y el principal productor de esta especie es México, así mismo, se cultiva en menor cantidad en

Belice, en algunas islas del caribe, también se empezó a exportar a países como Alemania, República Checa, República Dominicana, Jamaica, Trinidad y Tobago, Costa Rica, Colombia, Holanda, diversos países de la Unión Europea y distintas zonas de Australia (Puc, 2015).

2.5 Importancia del chile habanero en México

El chile en todas sus variantes, es uno de los cultivos agrícolas más importantes en México y el mundo, porque sus frutos se consumen tanto en fresco como seco para proporcionar color, sabor y aroma a infinidad de platillos, lo que lo sitúa entre las principales especias por excelencia. México es el país con la mayor diversidad de *Capsicum sp.* donde se cultiva prácticamente en todo el territorio, con sistemas de producción y problemáticas muy diversos. Por ello, es de suma importancia contar con nueva información sobre el cultivo del chile, en particular del chile habanero (Aguilar, 2012).

Al chile, se le atribuyen algunos efectos medicinales como los siguientes: aumenta el número de calorías quemadas durante la digestión, reduce los niveles de colesterol, es un anticoagulante y se le asocia con cualidades antioxidantes debido al alto contenido de betacaroteno y flavonoides antioxidantes. También ha sido utilizado tradicionalmente como infusión para el asma, la tos, el resfriado; como analgésico en casos de artritis, como antiinflamatorio (SIAP, 2010, consultado por Tamayo, 2014).

En el año 2021 la producción de chile habanero fue de 27, 202.83 toneladas producidas en 1, 517.81 hectáreas sembradas, donde los principales estados productores son: Sinaloa con 32%, Yucatán con el 13%, Tabasco con 10%, Campeche con 9%, Veracruz con 8%, Quintana Roo 6% y el restante se distribuyó en los demás estados de la república (SIAP, 2022).

2.6 Producción de chile habanero en campo abierto.

La producción nacional de chile habanero a campo abierto en el año 2021 fue de 24,551.76 toneladas en una superficie sembrada 1,442.47 hectáreas con un rendimiento de 17.09 ton/ha, los estados con mayor producción son: Sinaloa con 35%, Yucatán con 12%, Tabasco con 11%, Campeche con 9%, Veracruz con 8%, Quintana Roo con 5% (SIAP, 2023).

2.7 Producción en agricultura protegida

La producción nacional de chile habanero bajo condiciones de agricultura protegida (invernadero, malla sombra y macro túnel) es de 2,651.07, en una superficie sembrada 75.34 hectáreas con un rendimiento de 35.19 ton/ha. Siendo Tamaulipas (26%), Yucatán (18%) y San Luis Potosí (17%) los principales estados productores bajo este sistema (SIAP, 2023).

2.8 Importancia del chile habanero en Coahuila

En los últimos años, el estado de Coahuila se han cultivado chile habanero, sus primeros registros aparecen en 2013 con 6 hectáreas de superficie sembrada, hoy en día se siembran 11 hectáreas con una producción de 223 toneladas, con un rendimiento de 20.27 toneladas por hectárea, aportando así un 0.81% de la producción nacional, y de acuerdo con las perspectivas se prevee un crecimiento sustancial en los próximos años, no obstante, hubo una disminución del 0.15% en comparación al año anterior atribuido a la pandemia por COVID-19. Por lo tanto, el estado de Coahuila se posiciona en el decimoquinto lugar a nivel nacional (SIAP, 2022). Así mismo, se puede cultivar chile habanero en el sureste de Saltillo, Coahuila en condiciones de agricultura protegida (Avendaño, 2017).

2.9 Evaluación agronómica de *Capsicum sp.*

La evaluación agronómica, es un procedimiento experimental, mediante el cual diversos cultivares se siembran en diferentes localidades en una misma subregión natural para determinar el grado de adaptación y de desempeño agronómico de cada uno de ellos, respecto a otros cultivares o cultivares comerciales, utilizando un diseño experimental con repeticiones aleatorias (ICA, 2005). Pardey *et al.*, (2006) y Palacios y García (2007), concuerdan que la evaluación agronómica, es una actividad por el cual se evalúan las características cuantitativas de genotipos que constituyen una colección de trabajo, para un programa de mejoramiento genético y es de vital importancia realizarla ya que permite discriminar entre individuos o genotipos sobresalientes.

Número promedio de frutos: Alejo, (2016), señala que el rendimiento de frutos está influenciado a la densidad de trasplante utilizado.

Peso del fruto: los resultados obtenidos por Latournerie-Moreno (2015) demuestran que los factores agroclimáticos del lugar de origen de esta especie afecta en el peso del fruto.

Rendimiento: Pech, *et al.*, (2010) señala que el ambiente influye sobre el rendimiento del fruto y las características agronómicas del chile. Así mismo Latournerie-Moreno, (2015) reporta que el rendimiento y las características agronómicas se relacionan tanto al ambiente y al genotipo.

2.10 Mejoramiento de chile *Capsicum sp.*

Méndez y Garro (2018) señalan que el mejoramiento convencional se basa en la selección artificial y cruzamiento. Solo se selecciona aquellas plantas que presenten mayores rendimientos, con frutos de mayor tamaño y plantas con menor susceptibilidad tanto a factores bióticos como abióticos (Cravero *et al.*, 2011).

En nuestro país las actividades de mejoramiento genético de chile tienen el objetivo de incrementar/aumentar la productividad, calidad y adaptabilidad de las especies cultivadas. La obtención de nuevas variedades de chile habanero es realizada principalmente por el INIFAP (Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias), el CICY (Centro de Investigación Científica de Yucatán) (Intagri, 2019) y entidades predecesoras, además hay universidades e instituciones de enseñanza e investigación nacionales que también realizan mejoramiento en muchas especies (Puc, 2015).

Los objetivos de un programa de mejoramiento genético buscan principalmente en mejorar las características como: sabor, tamaño del fruto y color, resistencia a patógenos, alto rendimiento, precocidad, concentración de cosecha y a la obtención de híbridos de alguna determinada especie (Pérez *et al.*, 1998) citado por Puc, 2015). Según Camarena (2014) todos los métodos tienen como objetivo seleccionar los mejores genotipos o individuos dentro de una población, o crear genotipos nuevos con características previamente definidas. Todos los métodos están diseñados, para en mayor o menor grado:

- Generar semilla cuya descendencia reproduzca el genotipo deseado.
- Hacer máximo uso de la variabilidad genética presente en la (s) población(es) seleccionada (s).
- Crear mayor variabilidad genética, a través de la hibridación y recombinación, para obtener nuevos genotipos.
- Evaluar la descendencia para definir el genotipo.
- Ejercer control del mecanismo de floración y polinización.

- Controlar el efecto del ambiente, de la interacción genotipo por ambiente y del error experimental, para mejorar la heredabilidad.

Cada tipo de chile debe conformar sus propias características para ser comercialmente aceptable (Puc, 2015). Además, es importante realizar combinación de genotipos con características como: alto rendimiento con prácticas agrícolas que ayuden desde el punto de vista económico, social o ambiental la expresión fenotípica de los genotipos seleccionados (Mendoza, 1991, citado por Cetz, 2005). Por su parte Peña, (2020), resalta que para realizar mejoramiento en el género *Capsicum* dependerá de los objetivos preestablecidos.

2.11 Métodos de mejoramiento genético usados en chiles

2.11.1 Mejoramiento por selección

La selección masal, se considera que es uno de los métodos más antiguos, porque ha sido implementada desde la antigüedad donde los agricultores hacían selecciones en sus cultivos, basándose en las características visuales, por ejemplo, tamaño, vigor, forma, color, entre otras. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario hasta que la población sea homogénea. Es eficiente en poblaciones heterogéneas constituidas por mezclas de líneas puras en especies autógamas. El objetivo 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 (Aguilar-Meléndez *et al.*, 2018). Santana-Buzzy *et al.*, (2018) describe que este método, se basa en seleccionar un número de individuos superiores dentro de una población. Las plantas seleccionadas deberán tener características del ideotipo buscado. Las semillas de las plantas son cosechadas para establecer la parcela del siguiente ciclo de selección, donde se seleccionan solo las plantas que conservan las características del ideotipo. Por lo tanto, la selección masal se basa

solo en el fenotipo y donde se descarta las plantas que no conserven la característica deseada.

Como los individuos con fenotipos semejantes pueden presentar constitución genética distinta, la selección no siempre es efectiva. La selección masal es generalmente poco utilizada para características de baja heredabilidad (Camarena *et al.*, 2014).

2.11.2 Selección pedigree

Se considera que este método es clásico para el mejoramiento de plantas autógamias, también utilizado en plantas alógamas de polinización cruzada e híbridos (Márquez, 1988, citado por Corrales, 2018). Se diferencia de los demás métodos por la utilización de la hibridación para generar variabilidad y para la formación de su población base, fue descrita por primera vez por H.H. Lowe en 1927 (Acquaah, 2012).

Acquaah (2012) señala que es un proceso de selección individual en la F_2 . Una vez seleccionadas, en cada generación posterior se volverán a seleccionar las plantas hasta obtener un nivel deseable de homocigosidad. En este momento las plantas parecen fenotípicamente homogéneas.

Una vez que se han aislado diversas líneas homocigotas, deberán ser sometidas a ensayos de comparación respecto a la producción para diferenciar la utilidad de cada una. Este método se basa de dos etapas principales: selección y cruzamiento de progenitores y manejo de materiales híbridos y segregantes (Aguilar-Meléndez *et al.*, 2018).

2.11.3 Retrocruza

El objetivo del retrocruzamiento es sustituir un gen específico indeseable por una característica deseable, manteniendo todas características de un cultivar. Se cruza con el progenitor muchas veces para obtener el genotipo deseado. Este método es el más adecuado para mejorar variedades establecidas que son deficientes de una característica específica. Se recomienda utilizarlo para las características heredadas cualitativamente (Acquaah, 2012).

2.11.4 Hibridación

Un híbrido se logra a partir del cruce de líneas endocriadas que han sido estudiadas por su potencial de producir un cultivar de vigor superior a comparación con los demás parentales en el cruce. Se logra un cultivar con rendimientos superiores a través de la heterosis, está presente poco en los cruces de especies autógamias en comparación con las especies alógamas. Los cultivares híbridos son homogéneos pero muy heterocigóticos (Acquaah, 2012).

2.11.5 Mejoramiento por descendientes semilla única

Este método nació con la necesidad de acelerar el programa de mejora por endogamia rápida de una población antes de iniciar la selección y evaluación de plantas individuales, fue propuesto por primera vez por C.H. Goulden en 1941 cuando logró la generación f_6 en dos años, logrando así la reducción del número de generaciones, realizando muchas plantaciones al año, utilizando invernadero y temporada baja (Acquaah, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y localización

El experimento se llevó a cabo en un invernadero del departamento de fitomejoramiento, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, con coordenadas geográficas 25° 21' 15" latitud norte y longitud 101° 02' 03" longitud de oeste y con una altitud 1742 msnm. En la región predomina el clima, BW hw (x") (e); semicálido, con invierno fresco, extremo, con lluvias en verano, y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La precipitación y temperaturas medias anuales oscilan entre 18-22°C y la precipitación de 350–400 mm.

3.2 Material genético

El material que se utilizó en este proyecto fueron ocho genotipos de chile habanero, los cuales cuentan con diferente ciclo de selección realizados en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por años consecutivos desde 2019.

Cuadro 1. Identificación y características de los genotipos evaluados de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo invernadero.

Genotipo	Origen	Tipo	Color	Ciclo de selección en Coahuila
HNC-1	Yucatán	Criollo	Naranja	3
HNC-2	Jaguar	Selección	Naranja	4
HNC-3	Jaguar	Selección	Naranja	4
HNC-4	Jaguar	Selección	Naranja	4
HNC-5	Yucatán	Criollo	Naranja	3
HNC-6	Yucatán	Criollo	Naranja	3
HNC-7	Jaguar	Selección	Naranja	4
HCC-8	Coahuila	Selección	Chocolate	4

El experimento se llevó a cabo en un invernadero de baja tecnología. El cual se estableció con un diseño experimental completamente al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, cada repetición con tres plantas útiles medibles.

3.3 Labores culturales

3.3.1 Siembra

La siembra se realizó en 26 de febrero del 2021, se sembró la semilla de los diferentes genotipos (8 genotipos) en charolas de poliestireno de 200 cavidades con un sustrato compuesto de 70% peat moss y 30% de perlita, humectado a capacidad de campo previo a la siembra, posterior a la emergencia se mantuvo siempre el sustrato con suficiente humedad y con los nutrientes adecuados hasta el trasplante, se utilizó N-P-K (20-30-10) como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Cantidad de fertilizante de N-P-K utilizado antes del trasplante del chile habanero bajo invernadero.

Etapa antes del trasplante	Cantidad de fertilizante, N-P-K (20-30-10)+Microelementos
1-2 semanas	0.5 g/l
3-4 semana	0.75 g/l
5, 6, 7 y 8 semanas	1 g/l

3.3.2 Trasplante

El 26 de abril se llevó a cabo el trasplante de los chiles habaneros de manera manual, teniendo cuidado de no dañar a la plántula. Se colocaron por bloques de doce macetas por genotipo, cada maceta con sustrato de 70% peat moss y 30% de perlita con capacidad de 4 litros.

3.3.3 Riego

El riego se suministró mediante el método de fertirrigación, consistió en añadir los nutrientes (fertilizantes) al agua. Para almacenar el agua se utilizó un tanque de 200 litros, dentro de este se conectó una manguera que distribuía la solución nutritiva a todas las macetas, de igual forma estaba conectada a un timer (temporizador digital) que estaba programa para regar por 5 minutos cada hora de las 9:00 am a 17:00 pm, de las mangueras se conectaron a piquetas, que estaban insertadas en las macetas. El primer riego fue una vez que la planta fue trasplantada. La cantidad de riego se adaptó a la edad y el crecimiento de la planta, ajustado por demanda hídrica.

3.3.4 Fertilización

Para esta actividad se suministró mediante una solución nutritiva (SN) esta consistió en diluir en el agua de riego todas las sales fertilizantes que necesita una planta para su crecimiento y desarrollo óptimo. El cual se dio en diferentes porcentajes, se

inició con el 50% (trasplante), posteriormente con el 70% (Inicio de floración) y finalmente con el 100% (Fructificación), de acuerdo con la edad de la planta, manteniendo un rango de pH de entre 5.9 y 6.1 y con conductividad eléctrica de 1.5-2.7 dS/m.

Cuadro 3. Solución nutritiva de macroelementos utilizado en el cultivo de chile habanero (*C. chinense* Jacq.) bajo invernadero.

Macroelementos									
SN	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	K ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	NH ₄ ⁺	Na ⁺
(%)	Miliequivalentes L ⁻¹								
50	3.26	6	0.5	3.5	3.5	2	5.5	1	3
75	3.26	8.6	0.75	5.25	5.25	3	8.25	1.5	3
100	3.26	12	1	7	7	4	11	2	3

Cuadro 4. Solución nutritiva de microelementos utilizado en el cultivo de chile habanero (*C. chinense* Jacq.) bajo invernadero.

Microelementos						
SN	Fe ⁺³	Mn ⁺²	H ₃ BO ₃	Zn ⁺²	Cu ⁺²	MoO ₄ ⁻²
(%)	Partes por millón (ppm)					
50	1.5	0.74	0.14	0.12	0.06	0.04
75	2.25	1.11	0.21	0.18	0.09	0.06
100	3	1.48	0.28	0.24	0.12	0.08

3.3.5 Poda

Se realizó el día veintiocho de octubre, se eliminaron los brotes que se encontraban en la base del tallo, ramas viejas, ramas que presentaban algún tipo de anomalía, etc. Para ello se utilizaron tijeras, pero antes estas se desinfectaron con alcohol

etélico, esto con el objetivo de eliminar patógenos presentes en las tijeras que pudiesen infectar a las plantas, para evitar problemas futuros.

3.3.6 Tutoreo

El tutoreo se realiza con el objetivo de brindar un soporte a la planta y evitar fracturas en su tallo, para ello se colocaron dos maderas en cada extremo de los bloques, estos se ataron con rafia a una altura de 25 cm considerando la altura del contenedor (bolsa de polietileno), se puso más rafia con base al crecimiento continuo de las plantas, el tutoreo fue tipo español o fajado.

3.3.7 Cosecha

La cosecha se realizó de manera manual, se cosecharon todos los frutos que presentaban el color característico de cada variedad (genotipo) en más de 60% de su superficie, en total fueron tres cosechas, la primera se llevó a cabo el día primero de octubre, la segunda el diecinueve de octubre y la tercera el nueve de noviembre del año 2021.

3.4 Variables agronómicas evaluadas

Para determinar el comportamiento de los genotipos se evaluaron las siguientes variables:

3.4.1 Altura de planta (AP)

Consistió en medir la altura de la planta desde la base del tallo hasta el ápice de la última hoja, con la ayuda de una cinta métrica graduada en cm.

3.4.2 Diámetro basal del tallo (DTB)

Esta variable se midió con un calibrador (vernier digital) de la marca Truper®, este consistió en medir el diámetro a tres centímetros de la base del tallo principal cuantificado en mm.

3.4.3 Longitud de la hoja (LH)

Esta variable se determinó seleccionando una hoja al azar a la misma altura y en la misma orientación, se midió con una cinta métrica graduada en cm desde la base del limbo hasta ápice de la hoja.

3.4.4 Ancho de la hoja (AH)

Esta variable se determinó seleccionando una hoja al azar a la misma altura y en la misma orientación, midiendo en la parte media de la hoja con una cinta métrica graduada en cm.

3.4.5 Número de frutos por planta (NFP)

Esta variable se determinó cuantificando el promedio de los frutos recolectados en las tres cosechas de cada una de las plantas.

3.4.6 Longitud y ancho del fruto (LF y AF)

Estas variables se determinaron con la ayuda de un vernier (calibrador digital) marca Truper®, midiendo el largo y ancho que presentaban los frutos representativos por cada repetición (cuatro frutos por repetición) y en cada cosecha realizada.

3.4.7 Número de lóculos (NL)

En cuatro frutos representativos por cada repetición y en cada cosecha realizada, se cuantificó el número de lóculos de los chiles cortándolos por la mitad en el ecuador del fruto y contabilizando.

3.4.8 Grosor del mesocarpio (GM)

En cuatro frutos representativos por cada repetición y en cada cosecha realizada, se determinó midiendo el grosor del mesocarpio del fruto con la ayuda de un vernier digital de marca Truper®.

3.4.9 Sólidos solubles totales (SST)

En cuatro frutos representativos por cada repetición y en cada cosecha realizada, se evaluó el contenido de sólidos solubles totales en grados brix ($^{\circ}$ Brix) con un refractómetro automático de marca Soonda modelo: DT610.

3.4.10 Peso promedio de fruto (PPF)

Para esta variable se dividió el peso de los frutos cosechados de cada planta entre el número de frutos cosechados de la misma planta y se expresó en gramos.

3.4.11 Rendimiento en gramos cosechados por planta (GPP)

En esta variable se determinó cuantificando el peso de los frutos cosechados en las tres cosechas, esto de cada planta y de cada repetición. Se determinó con una báscula digital, los datos se registraron en gramos.

3.4.12 Rendimiento calculado en toneladas por hectárea

Esta variable se determinó multiplicando el rendimiento en gramos por planta por el número de plantas en una hectárea.

3.5 Análisis estadístico

Tanto el diseño de tratamientos como el modelo estadístico, se ejecutaron bajo el diseño completamente al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, tres plantas por cada repetición. El modelo estadístico del ANVA ($p \leq 0.05$), como la prueba de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), se corrieron con el paquete de Infostat® versión 2019.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Altura de planta

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) y las pruebas de Tukey ($p \leq 0.05$). Se observaron diferencias altamente significativas en la variable altura de la planta, donde el genotipo HCC-8 resultó superior a los demás con 116.75 cm, aunque en el mismo grupo estadístico también están HNC-3, HNC-4, HNC-2 y HNC-7 todos ellos derivados de la variedad Jaguar (Figura 1), sin embargo, los resultados obtenidos no se acercan a los que reporta Puc, (2015) pues la mayor altura es de 2.048 m, esto se debe a las características agroclimáticas del estado de Yucatán y de la península en general. Así mismo, en los resultados obtenidos por López (2018), la altura de la planta de chile habanero fue de 122.8 cm. No obstante, los resultados obtenidos en esta investigación son superiores a los 67.3 cm, datos obtenidos por Paulino (2013).

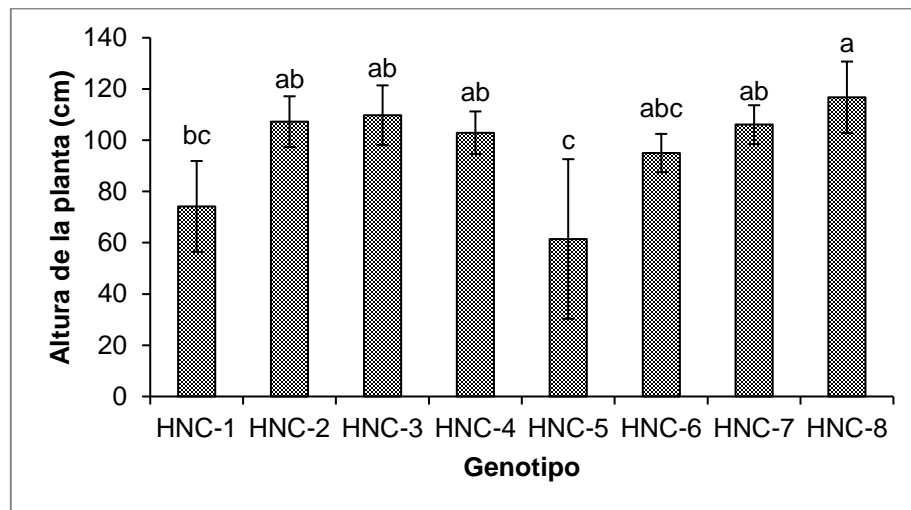


Figura 1. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de altura de planta de ocho genotipos de chile habanero cultivados bajo invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.

4.2 Diámetro basal del tallo

De acuerdo al análisis de varianza se encontró diferencias significativas para la variable diámetro basal del tallo, se muestra que el comportamiento estadístico es similar en la mayoría de los genotipos a excepción del genotipo HNC-5. El genotipo HNC-3 presentó el mayor diámetro con 15.13 mm, por otro lado, al genotipo HNC-5 presento un menor diámetro de tallo con 8.5 mm (Figura 2). Los resultados obtenidos del comportamiento agronómico de la variable diámetro del tallo son superiores a 12.2 mm datos reportados por Rodríguez, (2021), también Castillo *et al.*, (2019) reporta 11.98 mm en la variedad Rosita. Sin embargo, los resultados alcanzados están por debajo con los resultados obtenidos por López (2018), de 17.6 mm.

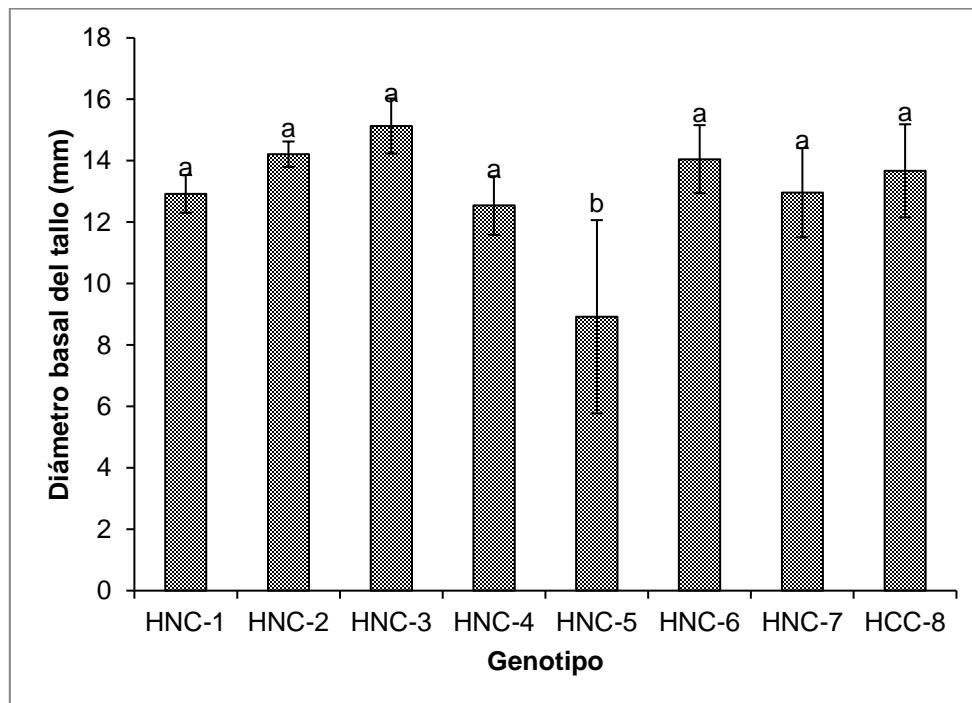


Figura 2. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de diámetro basal del tallo principal, de ocho genotipos de chile habanero evaluados bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.

4.3 Longitud de la hoja

Los resultados obtenidos muestran diferencias estadísticas significativas en la longitud de la hoja. El genotipo HCC-8 (12.36 cm de longitud), fue estadísticamente similar a los demás genotipos (HNC-2, HNC-3, HNC-4, HNC-5, HNC-6 y HNC-7) pero muy superiores a HNC-1 (Figura 3). En comparación con los resultados obtenidos por Castillo-Aguilar *et al.*, (2019) los resultados son inferiores, ya que reportan una longitud de 19 cm. Por otro lado, Ramírez *et al.*, (2018) indicó valores de 6.5 a 10.5 cm de la variedad jaguar, por lo que concuerda con la respuesta que mostraron los genotipos derivados de la variedad Jaguar.

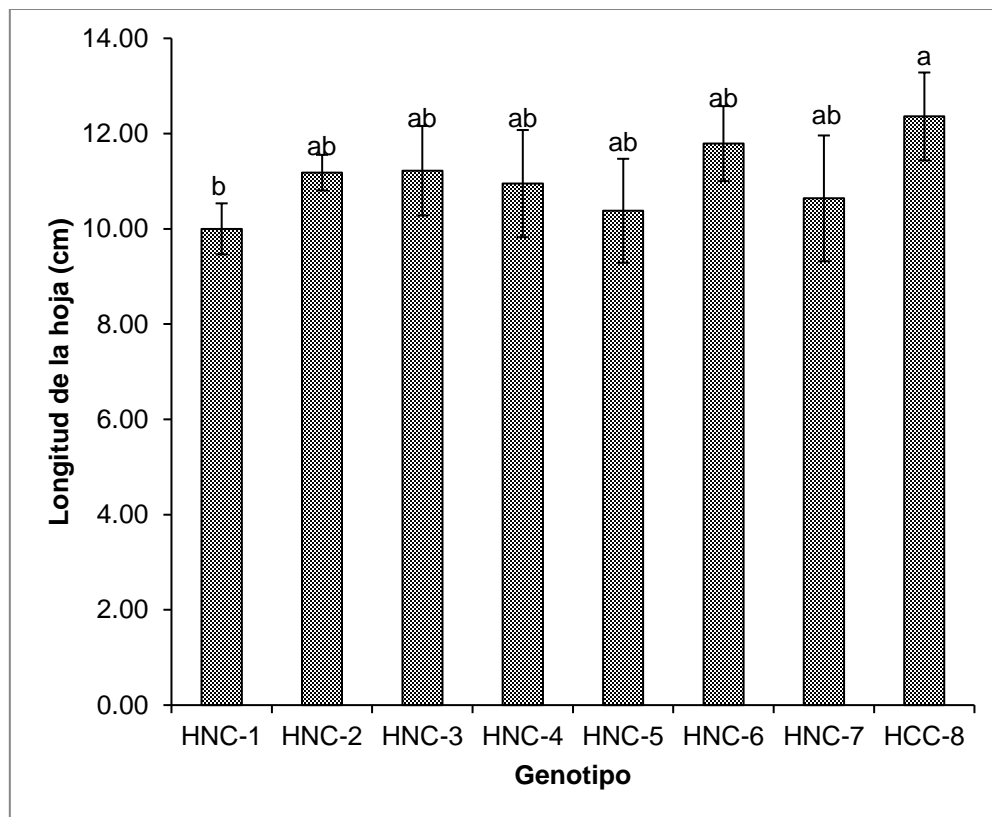


Figura 3. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la longitud de la hoja de ocho genotipos de chile habanero probados en condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.

4.4 Ancho de la hoja

Los resultados obtenidos presentan diferencias estadísticas altamente significativas. Donde el genotipo HCC-8 presento la mayor anchura con 7.39 cm genotipo de color chocolate, seguido de HNC-3, HNC-4, HNC-2 y HNC-7 (Figura 4), los datos muestran que son inferiores a los resultados obtenidos por Castillo-Aguilar, *et al.*, (2019), ya que menciona que el ancho de la hoja puede llegar a medir hasta 11 cm. Sin embargo, Ramírez *et al.*, (2018) y Santos (2014) reportan valores inferiores con 4.2 cm y 4.6 cm respectivamente en la variedad Jaguar, resultados inferiores a los genotipos derivados de esta variedad, probablemente por estar en condiciones de invernadero.

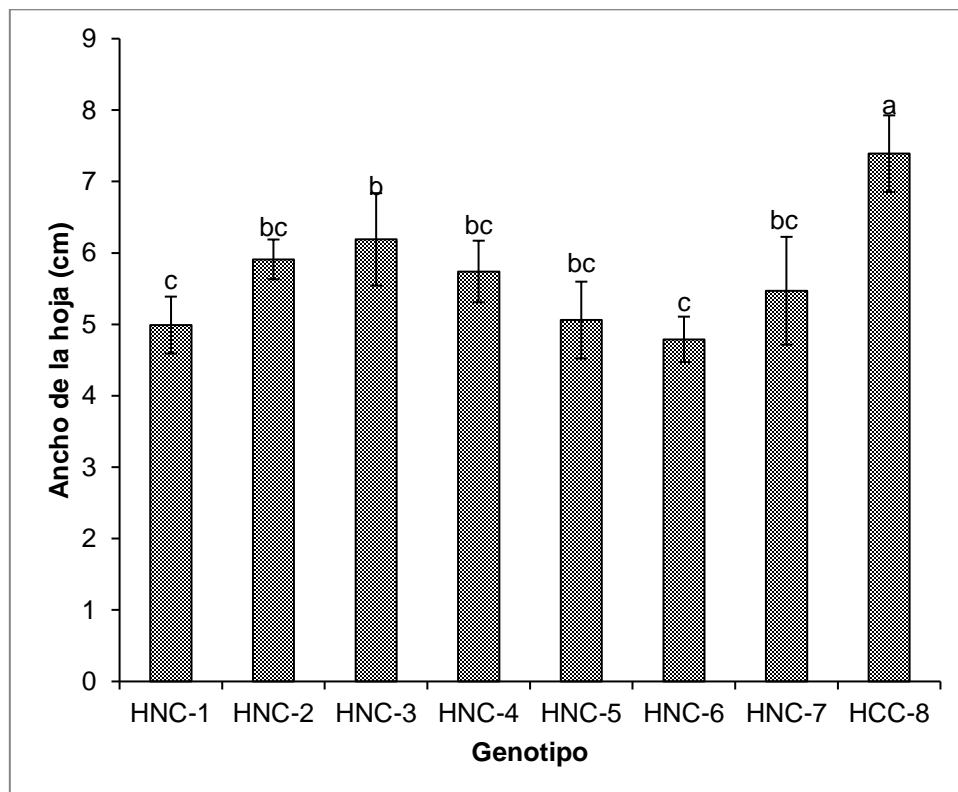


Figura 4. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del ancho de la hoja de ocho genotipos de chile habanero probados bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.

4.5 Número de frutos por planta

En el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), para la variable número de frutos por planta, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas. Los resultados se muestran en la figura 5, donde el genotipo HNC-3 presentó mayor número de frutos por planta con 112.69, seguido de HNC-2 y HNC-1, superiores al resto de los demás genotipos, mientras que el genotipo con menor número de frutos por planta fue el HCC-8, que se caracteriza por ser el genotipo de color chocolate. Así mismo, dichos resultados obtenidos son inferiores a los reportados por Puc, (2015), con 180 frutos por planta, sin embargo, esta variable se comportó similar a los datos reportados por Rodríguez (2021).

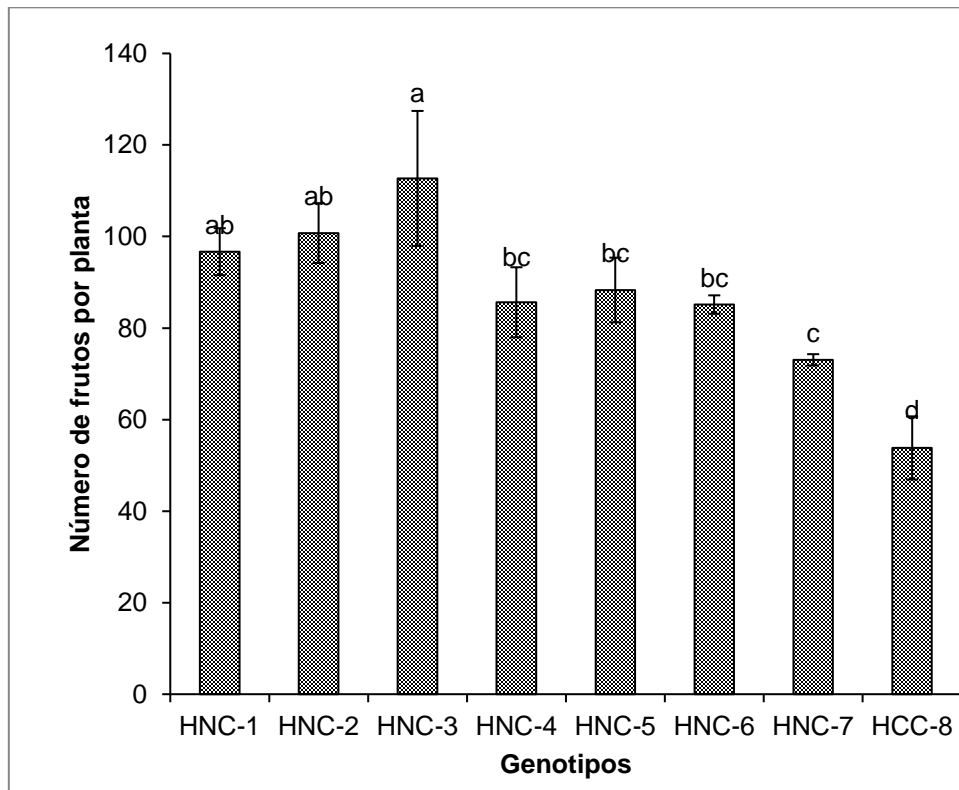


Figura 5. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de número de frutos por planta de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.

4.6 Longitud del fruto.

En la variable longitud del fruto, el análisis estadístico ($p \leq 0.05$), muestra diferencias altamente significativas, en la figura 6, se observa que el comportamiento de los genotipos es similar (de entre 34 y 37 mm) a excepción del genotipo HCC-8 con 44.99 mm, que fue el genotipo que produjo los frutos más largos. Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Castillo-Aguilar *et al.*, (2019) con 44.1 ± 4.9 mm, de igual manera a los reportados por Rodríguez (2021). Por otro lado, los resultados son inferiores en comparación a los que reporto Ramírez *et al.*, (2018) con frutos de hasta 5.5 cm datos de la variedad jaguar.

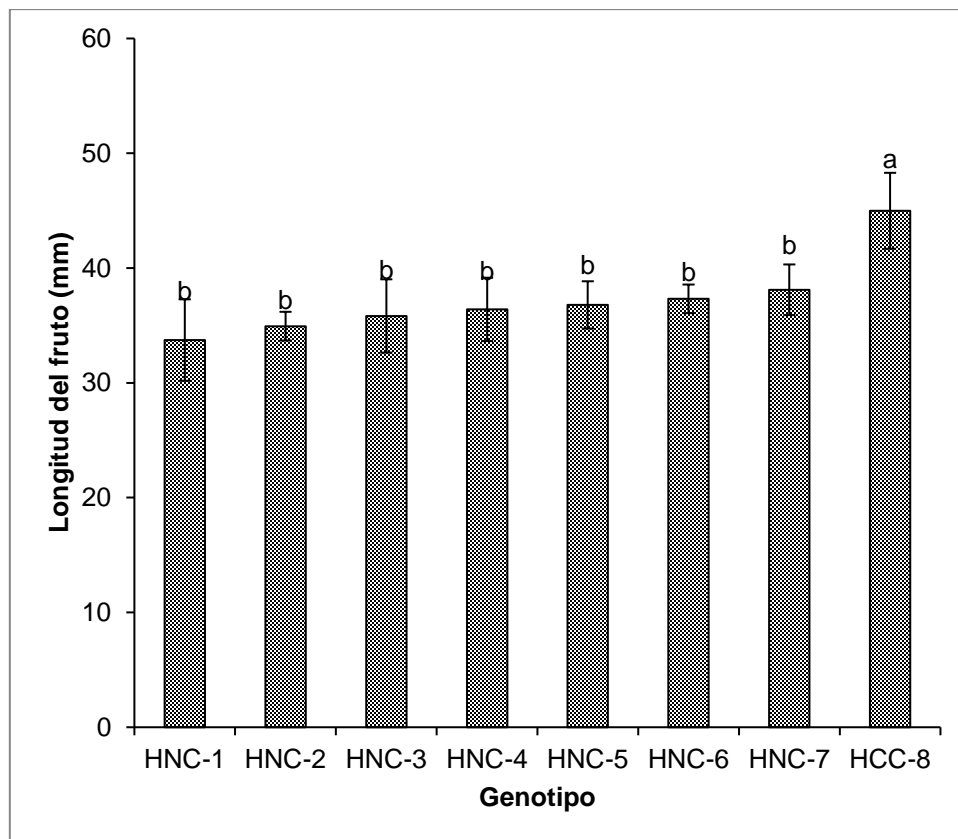


Figura 6. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de longitud del fruto de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.

4.7 Ancho del fruto

En base a los resultados obtenidos del análisis de varianza ($p \leq 0.05$), no se presentaron diferencias significativas para la variable ancho del fruto, en donde el genotipo HCC-8 se mostró ligeramente superior en comparación de los demás genotipos con 32.79 mm, seguido por el genotipo HNC-5 con 30.04 mm (Figura 7). De acuerdo a los resultados obtenidos, estos son superiores a los reportados por López-Gómez *et al.*, (2020) con 23.5 mm, de igual forma con los resultados reportados por Rodríguez (2021) con valores de 28.08 m. Aunque, los resultados son similares a lo descrito por Ramírez *et al.*, (2018) con valores de 2.5 a 3 cm.

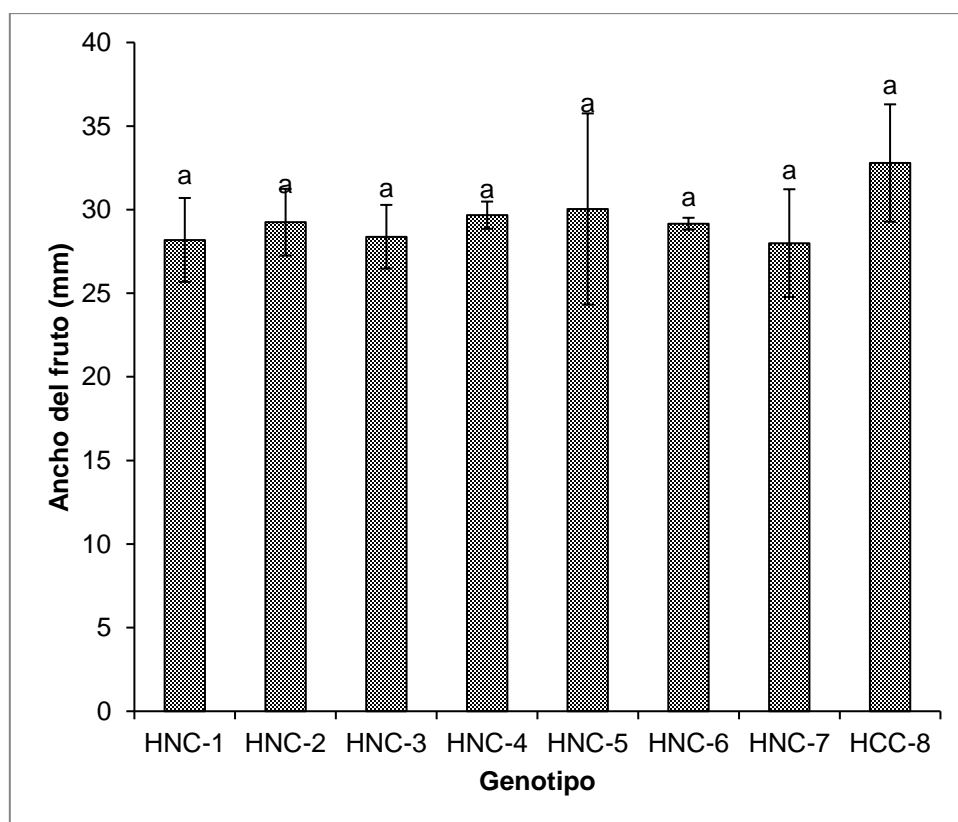


Figura 7. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de ancho del fruto de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.

4.8 Número de lóculos

Respecto a la variable número de lóculos, el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), no presentó diferencia significativa estadística, no obstante, el genotipo HNC-5 obtuvo 3.41 en promedio, siendo el valor que se aprecia ligeramente superior (Figura 8). De acuerdo con los resultados obtenidos en el comportamiento agronómico de la variable número de lóculos, coinciden con los descritos por Mendoza-Elos *et al.*, (2020) el cual reporta un total de 3 lóculos en la variedad jaguar.

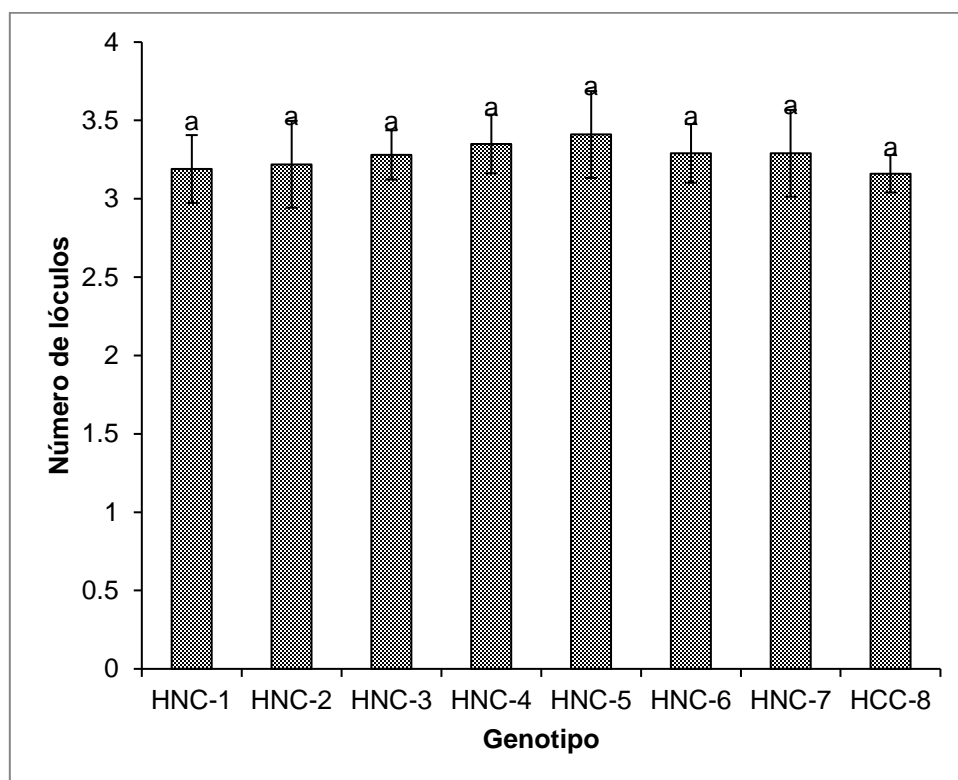


Figura 8. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de número de lóculos de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.

4.9 Grosor del mesocarpio

En el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), para la variable grosor de mesocarpio del fruto, se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas, donde el genotipo HNC-3 obtuvo valores de 2.17 mm, datos que se muestran en la figura 9, no obstante, el resto de los genotipos fue similar, con excepción del genotipo HCC-8 que resultó inferior con 1.5 mm. De acuerdo a los resultados los valores son inferiores a los descritos por Castillo-Aguilar *et al.*, (2019) quienes reportan 2.4 mm, por otro lado, Mendoza-Elos *et al.*, (2020) indicó valores inferiores con 0.21 mm. Un mesocarpio grueso es ideal porque le brinda mayor peso, resistencia y buena vida de anaquel al fruto (Ramírez *et al.*, 2015).

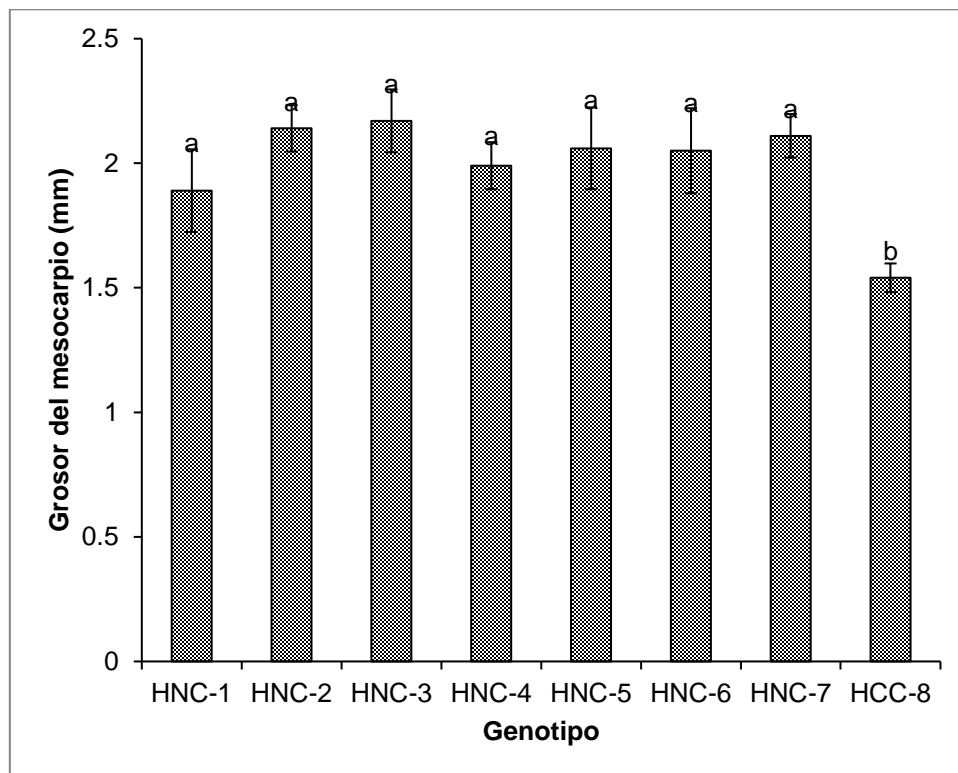


Figura 9. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del grosor del mesocarpio de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.

4.10 Sólidos solubles totales

En el análisis estadístico ($p \leq 0.05$) y la comparación con las medias Tukey ($p \leq 0.05$) de sólidos solubles totales, indica que, los resultados obtenidos no presentan significancia (Figura 10). Estadísticamente los genotipos se comportaron iguales. Aunque, el genotipo que se aprecia ligeramente superior es el genotipo HNC-1 con 11.38 °Brix, seguido de HNC-5 y HCC-8. En base a los resultados obtenidos, estos son superiores a los reportados por García (2018) el cual señala valores de 7.55 a 8.41 °Brix en variedades de chile habanero (Orange, Chichen Itzá y Helios). Los valores superiores a los 4-6 son deseables para esta especie, ya que este es el rango mencionado por Castellón *et al.*, 2014 y Ramírez *et al.*, (2015).

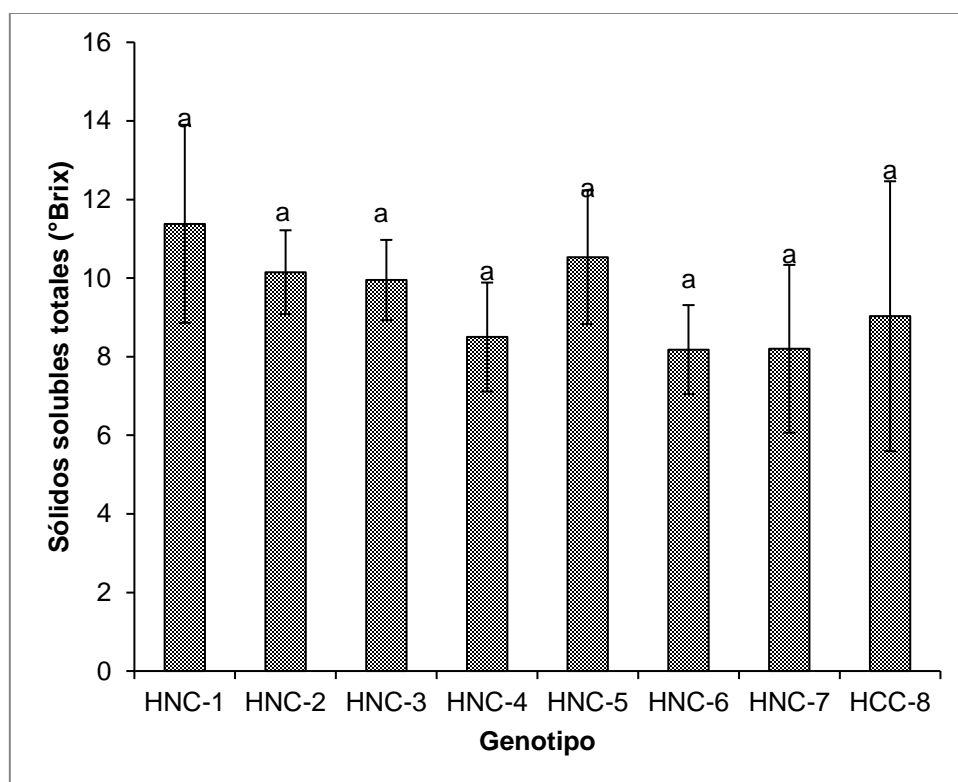


Figura 10. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del contenido de sólidos solubles totales de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.

4.11 Peso promedio de fruto

De acuerdo a los resultados obtenidos ($p \leq 0.05$) se observaron diferencias estadísticas altamente significativas en la variable de peso promedio de fruto (Figura 11), el genotipo HCC-8 obtuvo 4.98 g que junto con el genotipo HNC-6 fueron superiores al resto de los genotipos, en tanto que los de menor peso medio fueron HNC-3, UNC-2 y HNC-5. Los resultados antes descritos, son superiores en comparación con los reportado por Rodríguez (2021), porque señala que el peso promedio de fruto fue de 2.95 g. así mismo con lo reportado por López-Gómez, *et al.*, (2021) el cual reporta 3.86 g en plantas con dos tallos, no obstante, similares al resto de los genotipos. Un mayor peso es deseable en los chiles ya que brinda mayor contenido de nutrientes y otras sustancias.

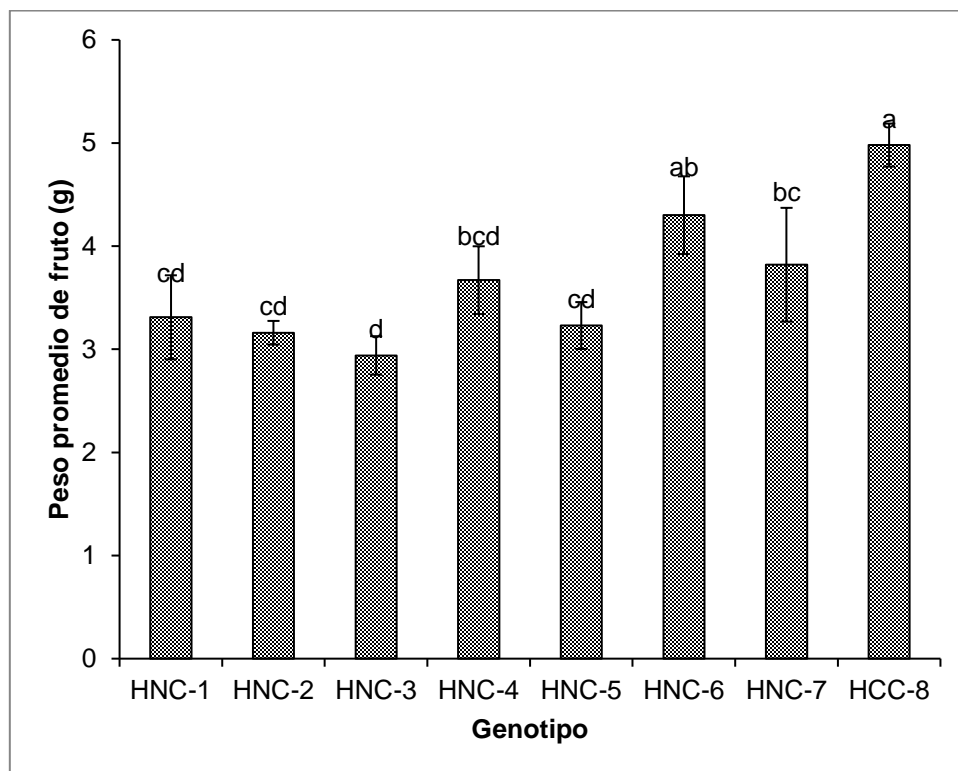


Figura 11. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de peso promedio de frutos de ocho genotipos de chile habanero bajo invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.

4.12 Rendimiento en gramos cosechados por planta

En la variable rendimiento expresado en gramos cosechados por planta, se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.05$), en la figura 12, se aprecia que el comportamiento de los genotipos HNC-6, HNC-4, HNC-3, HNC-2 y HNC-1 es similar, pero el genotipo HNC-6 alcanzó 382.26 gramos por planta, en tanto que los genotipos de menor rendimiento fueron, HNC-6, HNC-7, HCC-8. Rodríguez (2021), reporta valores de 304.19 g datos inferiores a los obtenidos.

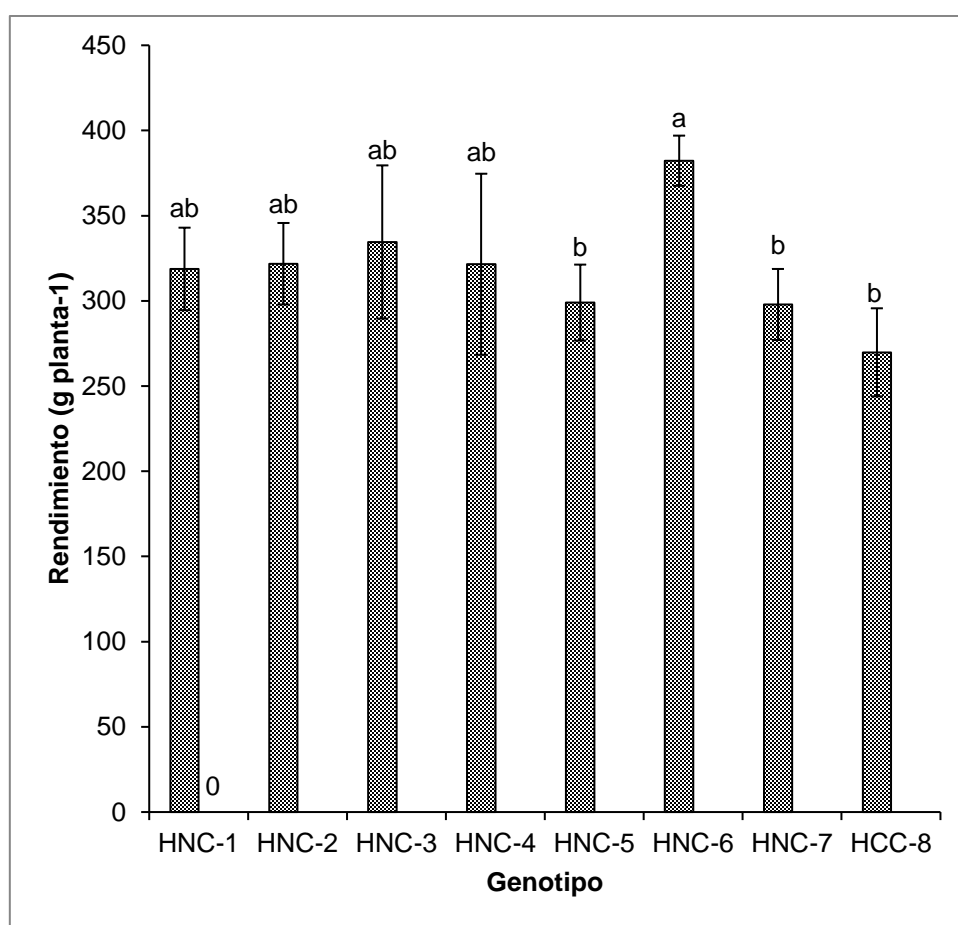


Figura 12. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de rendimiento en gramos cosechados por planta de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.

4.13 Rendimiento calculado en toneladas por hectárea

De acuerdo a los resultados que mostro el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) y la prueba de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) se observaron diferencias estadísticas altamente significativas para la variable de rendimiento calculado en toneladas por hectárea. Donde el genotipo HNC-6 fue superior con 21.02 t ha^{-1} , aunque similar a los genotipos HNC-3, HNC-2, HNC-4 y HNC-1, en tanto que los genotipos de menor rendimiento fueron HCC-8, HCC-5 y HNC-7 (Figura 13). Los resultados se encuentran en el rango reportado por Ramírez *et al.*, (2018), ya que menciona un rendimiento de 15 t ha^{-1} a campo abierto y valores superiores a 36 t ha^{-1} en condiciones de agricultura protegida (SADER, 2013).

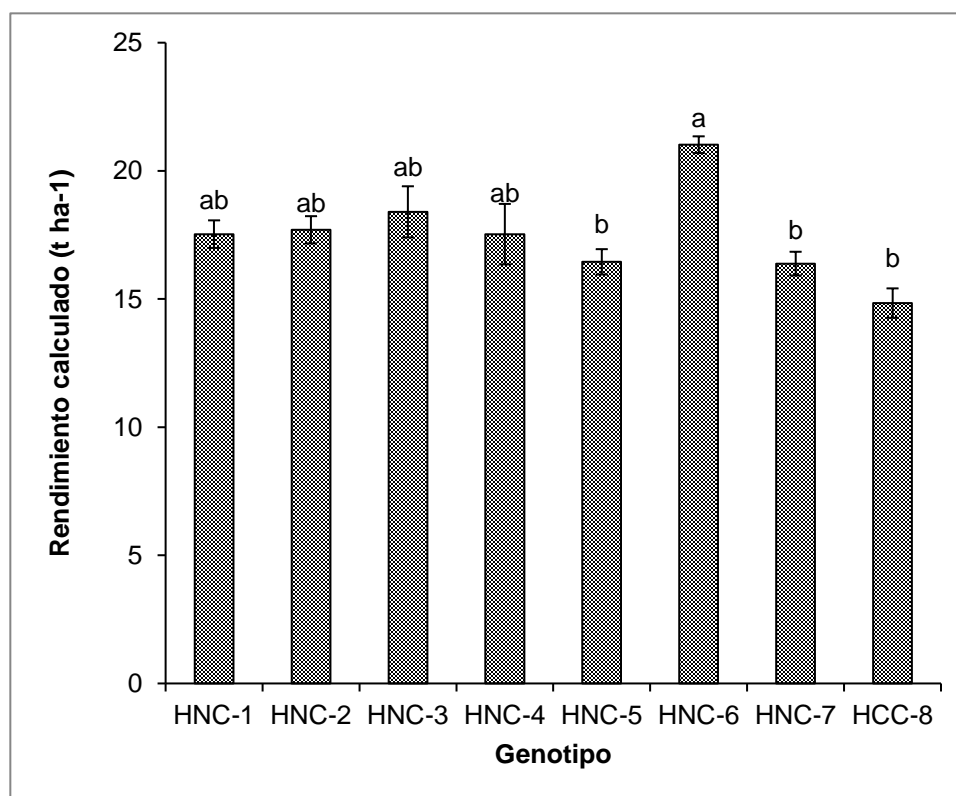


Figura 13. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de rendimiento calculado (t ha^{-1}) de ocho genotipos de chile habanero bajo condiciones de invernadero, barras verticales corresponden a desviación estándar.

V. CONCLUSIÓN

El comportamiento agronómico y morfológico de los genotipos fue variable en la mayoría de los caracteres evaluados.

- a) El genotipo que se expresó superioridad en la mayoría de las variables morfológicas fue el HCC-8, chile que se caracteriza por su coloración de color chocolate, seguido del genotipo HNC-3 caracterizado por ser una selección de la variedad jaguar.
- b) Los genotipos que mostraron superioridad en el rendimiento y algunos de sus componentes fueron HNC-6, HNC-4 y HNC-3, así mismo, el genotipo HCC-8 y HNC-6 expresaron mayor longitud de fruto.

Las diferencias observadas entre los genotipos, indican que existe variabilidad genética que puede ser usada para continuar con el programa de mejoramiento genético para la generación de nuevas variedades o híbridos para la zona de Coahuila y el noreste de México.

VI. LITERATURA CITADA

Acquaah, G. 2012. Principles of Plant Genetics and Breeding. 2nd ed. Bowie State University, Maryland, USA. 303-305 pág.

Aguilar, R.V.H. (2012). Cultivo del chile en México. Revista fitotecnia mexicana, 35(4), 264. Recuperado en 13 de noviembre de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000400001&lng=es&tlng=es.

Aguilar-Meléndez, A., Vásquez-Dávila, M.A., Katz, E., Hernández, C.M.R. 2018. Los chiles que le dan sabor al mundo. Xalapa, Veracruz. Ed: Marsella, Francia.

Aguirre, E. y Muñoz, V. 2015. El chile como alimento. Revista ciencia. 8 pág. Disponible en: https://amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/66_3/PDF/Chile.pdf

Alejo, M.J.P. 2016. Evaluación del comportamiento agronómico de dos variedades de pimentón (*Capsicum annuum* L.) en tres densidades de siembra bajo ambientes atemperados en el e.s.f.m. "warisata"-La Paz. Tesis de licenciatura. Universidad mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 73 pág.

ASERCA. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. 2018. El chile habanero de la península de Yucatán. Disponible en;

<https://www.gob.mx/aserca/articulos/el-chile-habanero-de-la-peninsula-de-yucatan?idiom=es#:~:text=El%20Chile%20habanero%20de%20la%20Pen%20insula%20de%20Yucat%C3%A1n%20se%20cultiva,condicionan%20y%20caracterizan%20su%20producci%C3%B3n.>

Avendaño, G.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. 81 pág.

Castellón, M.E., Carrillo-Rodríguez, J.C., Chávez-Servia, J.L., & Vera-Guzmán, A.M. (2014). Variación fenotípica de morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) nativo de Oaxaca, México. *Phyton (Buenos Aires)*, 83(2), 225-236.

Castillo-Aguilar C. d. La C., López-Castilla L. del C., Quej-Chi, V.H. Chiquini-Medina. R.A. 2019. Caracterización varietal del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) var. Rosita. *Agro productividad*. 12 (4): 61-66.

Cetz, I.J. 2005. Micropropagación de chile dulce (*Capsicum annuum* L. var. Najera.) y chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con miras al mejoramiento genético del cultivo. Tesis de Maestría. Turrialba, Costa Rica. 86 pág.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2009. *Capsicum chinense* Jacq. Recuperado el 03 de julio de 2022. Disponible en:
http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21809_especie.pdf

Corrales R.M.A. 2018. Mejoramiento de chile de árbol y soledad a través de cruza intervarietales. Tesis de maestría. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 72 pág.

Cravero, V.P., López, A.F.S., Espósito, M.A., & Cointry, E.L. (2011). Mejoramiento convencional y no convencional de especies hortícolas. Recuperado en 07 de enero de 2023. Disponible en:

[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852623320110001000005&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852623320110001000005&lng=es&tlng=es)

DOF. Diario oficial de la federación. 2007. Declaración de protección de la denominación de origen chile habanero de Yucatán. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5003877&fecha=17/10/2007#gsc.tab=0. Consultada el 15 de noviembre de 2022.

FIRCO. Fideicomiso de Riesgo Compartido. 2017. Chile Habanero, con Denominación de Origen. Disponible en: <https://www.gob.mx/firco/articulos/chile-habanero-con-denominacion-de-origen?idiom=es#:~:text=El%20chile%20habanero%2C%20es%20una,semimaduros%20y%20rojos%20al%20madurar>.

Flores, L.M., Sánchez, O.E. 2020. Entorno productivo del chile habanero en la Península de Yucatán, México. En Metabolómica y cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) de la Península de Yucatán (332). Mérida, Yucatán: CIATEJ.

García, G.J.A. 2018. Evaluación de tres variedades de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivado en la costa de Ensenada, Baja California. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma De Baja California. Mexicali, Baja California, México. 28 pág.

ICA. Concepto de evaluación agronómica. 2005. Disponible en: https://members.wto.org/crnattachments/2019/SPS/COL/19_5204_00_s.pdf.

Intagri. 2019. Usos y Mejoramiento Genético de Chile Habanero en México. Serie Hortalizas, Núm. 15. Artículos técnicos de INTAGRI. México. 3 p

Latournerie-Moreno, 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.

- López G.J.D. 2018. Productividad, calidad y pungencia del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por efecto del régimen nutrimental, podas de conducción y fertilización foliar. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma Del Estado De Morelos. Cuernavaca, Morelos. 114 pág.
- López-Gómez, J. D., Sotelo, N.H., Villegas-Torres, O.G., & 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., Canto-flick A. Santana-Buzzy N. 2009. El reto tecnológico del chile habanero. *Revista de la academia mexicana de ciencia*. 6 pág.
- Martínez, E.M. 2019. Los chiles, su importancia más allá de tener en la mesa. Disponible en: https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2019/2019-06-06-Martinez-Estevez-Los-chiles-su-importancia.pdf
- Méndez L. Y Guarro G. 2018. Una nueva era de la biotecnología en el mejoramiento genético. *Investiga TEC*. Instituto tecnológico de Costa Rica.
- Mendoza-Elos, M., Zamudio, A. L.F., Cervantes, O.F., Chable, M.F., Frías, P.J., & Gámez, V.A.J. 2020. Rendimiento de semilla y calidad de fruto de chile habanero con fertilización química y orgánica. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 11(8), 1749–1761.
- Palacios C.S., García D.M.A. 2007. Caracterización morfológica de accesiones de *Capsicum spp*. *Acta agronómica* 57: 247-252.
- Pardey R.C., García D.M.A., Vallejo C.F.A. 2006. Caracterización morfológica de cien accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional Sede Palmira. *Acta Agronómica*. 55: 1-9.
- Pech, M.A.M., Castañón, N.G., Tun, S.J.M., Mendoza, E.M., Mijangos, C.J.O., Pérez, G.A., & Latournerie, M.L. 2010. Efectos heteróticos y aptitud combinatoria en poblaciones de chile dulce (*Capsicum annum* L.). *Revista*

fitotecnia mexicana, 33(4), 353-360. Recuperado en 16 de enero de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802010000400013&lng=es&tlng=es.

Peña, Y.L.P., 2020. Selección de progenitores de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) para la obtención de híbridos con alto potencial productivo. Tesis de doctorado. Mérida, Yucatán, México. 145 pág.

Puc, C.M. 2015. Selección de fuentes parentales para el mejoramiento genético de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Tesis de maestría. Mérida Yucatán, México. 75 pág.

Ramírez, M.M., Arcos, C.G., Mata V.H., Vázquez, G.E y Méndez, A.R. 2015. Variedades e híbridos de chile y su manejo para el sur de Tamaulipas. Campo Experimental Las Huastecas. CIRNE-INIFAP. Folleto Técnico Núm. MX-0-310701-11-03-14-09-40. 47 p.

Ramírez, M.M., Arcos, C.G., & Méndez, A.R. 2018. Jaguar: cultivar de chile habanero para México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 9(2), 487–492. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1089>

Rivera, M.R. 2012. Efectividad de sustancias húmicas de leonardita en la calidad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 64 pág.

Rodríguez S.E. 2021. Evaluación agronómica de siete genotipos de chile habanero en el sureste de Coahuila bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 40 pág.

Santos, D.R.I. 2014. Caracterización de los morfotipos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) presentes en seis comunidades de Quintana Roo, México. Tesis de licenciatura. Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo. Quintana Roo, México. 37 pág.

Sarabia, J. 2013. Caracterización y evaluación de tres poblaciones de Chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Disponible en: http://www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/res_prof/agro/agro-2013-12.pdf

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2022. Anuario estadístico de la producción agrícola, Servicio de información agroalimentaria y pesquero. Consulta realizada 15 de noviembre de 2022. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2023. Anuario estadístico de la producción agrícola, Servicio de información agroalimentaria y pesquero. Consulta realizada 30 de enero. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

Tamayo, M.J., Martínez y Ojeda, E., Monforte, M. G. 2014. Análisis comparativo de la sustentabilidad de dos unidades productivas de Chile Habanero convencionales y dos unidades productivas orgánicas en Yucatán, México. Revista académica de economía. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2014/chile-habanero.html>.