

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Estudio de Progenitores y Poblaciones Interraciales F2 de *Capsicum annum*, en
Invernadero de Mediana Tecnología

Por:

JOSÉ PABLO COLLAZO GÁMEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Estudio de Progenitores y Poblaciones Interraciales F2 de *Capsicum annum*, en
Invernadero de Mediana Tecnología

Por:

JOSÉ PABLO COLLAZO GÁMEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

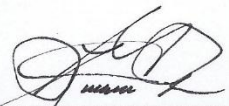
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:




Dr. Valentín Robledo Torres

Asesor Principal



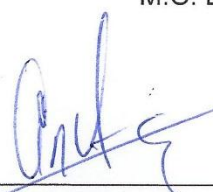
Dra. Francisca Ramírez Godina

Coasesor



M.C. Laura Raquel Luna García

Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2019

AGRADECIMIENTO

Este trabajo lo ofrezco a las personas que con su apoyo moral, económico y fraternal; me ayudaron a llegar al final de esta carrera. Muchas gracias a la señora Edith Gámez Barrientos y al señor Ezequiel Collazo Balderas. Que con orgullo puedo llamar mamá y papá.

Gracias igualmente a mi familia que me han apoyado siempre con sus consejos, apoyo económico, pero sobre todo cariño.

Muchas, muchas, muchas gracias a mi alma mater: la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, por todo lo que me enseñó y no sólo hablando académicamente, sí no por la parte de experiencias en mi vida tanto personal como profesional. Siempre la llevare en mis recuerdos.

Tengo que agradecer a mis amigos que a pesar de todos los inconvenientes siempre estuvieron aquí a mi lado en las buenas y en las malas.

Siempre estaré infinitamente agradecido con mis maestras y maestros, ASESORES y COASESORAS DE TESIS; mujeres y hombres que me enseñaron que “el querer es poder”, les agradezco sus lecciones de vida y siempre serán para mí un ejemplo a seguir.

A las personas que fui encontrando en el camino, también muchas gracias por todo.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a esa persona con la que nací, crecí, reí, lloré, pero sobre todo aprendí. Y la que me acompañara el resto de mi vida. La misma que realiza este trabajo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
INDICE.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE CUADROS.....	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
I.1. Objetivo General.....	3
I.2. Objetivos Específicos.....	3
I.3. Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
II.1. Importancia del Chile en México.....	4
II.2. Importancia del Chile a Nivel Mundial.....	5
II.3. Comercio Internacional de Chile.....	6
II.4. Contexto del Fitomejoramiento.....	7
II.5. Fitomejoramiento de Chile.....	7
II.6. Biotecnología para el Mejoramiento Genético de Cultivos.....	8
II.7. Importancia de la Semilla de las Variedades Mejoradas en el Desarrollo Agrícola... 8	
II.8. Propósito de la Demanda de Nuevos Cultivares.....	8
II.9. Importancia de la Agricultura Protegida en México.....	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
III.1. Lugar del Experimento.....	11
III.2. Labores de Cultivo.....	11
III.3. Material Vegetal.....	12
III.4. Poblaciones Estudiadas y Establecimiento en Invernadero.....	13
III.5. Variables Estudiadas.....	14
III.5.1. Rendimiento (REN).....	14
III.5.2. Número de Frutos por Planta (NFR).....	14
III.5.3. Peso Promedio de Fruto (PPF).....	14
III.5.4. Días a Cosecha (DAC).....	14

III.5.5. Largo de Fruto (LF).....	15
III.5.6. Ancho de Fruto (AF)	15
III.5.7. Capsaicina (CP).	15
III.6. Análisis Estadístico	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
IV.1. Rendimiento (REN).....	17
IV.2. Número de Frutos por Planta (NFR).....	18
IV.3. Peso Promedio de Fruto (PPF).....	19
IV.4. Largo y Ancho de Fruto (LF); (AF)	21
El	21
IV.5. Días a Cosecha (DAC).....	23
IV.6. Capsaicina (CP)	24
V. CONCLUSIONES.....	26
VI. LITERATURA CITADA	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de la producción nacional de Chile, de los principales estados productores en 2017.....	6
Figura 2. Porcentaje de producción por cultivo bajo condiciones de agricultura protegida en el 2017.....	10
Figura 3. Localización del sitio experimental; Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.....	11
Figura 4. Comparación de los valores medios del rendimiento de los frutos de <i>Capsicum annuum</i> , en 2017.	18
Figura 5. Comparación de medias de la variable NFR, de poblaciones F2 de cruzas interraciales de <i>Capsicum annuum</i>	19
Figura 6. Comparación de medias de la variable PPF en progenitores y poblaciones derivadas de las cruzas interraciales de <i>Capsicum annuum</i> , estudiadas en invernadero..	20
Figura 7. Comparación de las medias de la variable LF, en progenitores y poblaciones F2 resultantes de cruzas interraciales de <i>Capsicum annuum</i>	21
Figura 8. Comparación de medias de la variable AF en poblaciones de <i>Capsicum annuum</i> estudiadas en invernadero.	22
Figura 9. Comparación de medias en la variable DAC en progenitores y poblaciones F2 resultantes de cruzas interraciales de <i>Capsicum annuum</i>	23
Figura 10. Comparación de medias en contenido de Capsaicina en progenitores y poblaciones F2 de <i>Capsicum annuum</i>	25

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Progenitores hembras y machos utilizados para la formación de Híbridos (F1) evaluados en el 2017, en Saltillo, Coahuila.	13
--	----

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, en el estado de Coahuila de Zaragoza. En el ciclo primavera- verano del 2017, bajo condiciones de invernadero de mediana tecnología. Con el objetivo de estudiar y evaluar las características agronómicas y la calidad, de los progenitores y sus poblaciones F2, del cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) que fueron obtenidas de la generación F1. El trabajo fue establecido en un diseño de bloques completos al azar, las camas tuvieron acolchado de plástico negro y riego por cintilla; distribuido en tres bloques, con diecisiete genotipos cada uno, con cuatro repeticiones. El programa estadístico que se utilizó fue el software SAS 9.1.

Las variables que se evaluaron, en este trabajo, fueron: Rendimiento de frutos (REN), Número de Frutos (NFR), Peso Promedio de Fruto (PPF) y Largo de Fruto (LF), Ancho de Fruto (AF), Días a cosecha (DAC) y Caspacia (CP).

La población F2 más sobresaliente fue la 10 en cuanto a REN, PPF, LF y AF y la población 17 en CP, mostrándose como poblaciones altamente para continuar con este programa de mejoramiento y desarrollar una variedad de chile jalapeño y serrano aptas para la producción en invernadero.

Palabras clave: Chile verde, mejoramiento genético, rendimiento, invernadero, calidad de fruto.

I. INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) es un cultivo muy importante ya que México es centro de origen y domesticación del mismo. El género *Capsicum*, al cual pertenece el chile, recibe su nombre del griego Kapsakes, que se traduce como cápsula, el cual incluye 26 especies silvestres y 5 domesticadas; de estas últimas, cuatro están presentes en México. Se reportan 64 tipos diferentes de chile en el país, que se consumen frescos, deshidratados, cocidos o industrializados; esta gran diversidad se ve reflejada en la riqueza culinaria del país. Con este fruto se hacen salsas, moles, adobos, conservas, saborizantes, etc., (SAGARPA, 2017). Lo cual, representa una alta generación de capital económico para nuestro país. Llega a ser tan importante en México, que se consumen anualmente en promedio 18.1 kg *per cápita* (SAGARPA, 2018).

El chile se cultiva en todos los estados del país, desde el nivel del mar, hasta los 2,500 metros sobre el nivel del mar; y por ser el centro de origen se ha generado una gran diversidad de cultivares, principalmente de la especie *C. annuum*, por lo que constituye un recurso valioso para el mejoramiento genético de la especie (Aguirre-Mancilla *et al.*, 2017). Las principales regiones productoras de chile en México son:

Región norte y noreste: en la cual se trabaja con mediana a alta tecnología. Generalmente tienen altos rendimientos y productividad y adecuados canales de comercialización. Esta región comprende los estados de Chihuahua (siendo este el principal productor a nivel nacional), Sinaloa, Sonora, Nayarit, Durango, Baja California, Baja California Sur y Sur de Tamaulipas; esta región está especializada en la producción de chiles frescos para el consumo directo o la industria de proceso.

Región centro o bajo: en esta región predomina el uso de mediana tecnología. Los estados comprendidos en esta región son Aguascalientes, Guanajuato, Puebla, San Luis Potosí, Zacatecas y Querétaro.

Región sur y sureste: aquí se utiliza baja tecnología. Esta región comprende las regiones de Veracruz, Oaxaca, Campeche y Quintana Roo (Inforural, 2012).

En el ámbito mundial, China es el mayor productor, seguido de México, Turquía, EE.UU., España e Indonesia. Los principales países importadores son Estados Unidos de Norteamérica, Alemania, Reino Unido, Francia, Holanda y Canadá (Azofeifa y Moreira, 2008; SAGARPA, 2017).

Actualmente en México el 84.5 % de la producción de chile proviene de agricultura a cielo abierto y el 15.5% se produce en agricultura protegida. De esta, el 6.3% es en invernadero y el 9.2% en malla sombra (SIAP, 2018).

Ante la creciente importancia del cultivo de chile y la alta demanda de éste, el mejoramiento genético es una alternativa para desarrollar cultivares con mayor potencial de rendimiento y mejores características para la producción en invernadero. Tecnología que se ha venido incrementando ante la presencia de un clima cada vez más impredecible. Debido a que con esta tecnología es posible producir, cuando no lo es en campo abierto, lo cual se traduce en mejores precios a la hora de la comercialización (Macías *et al.*, 2003).

Además de la selección, la hibridación también es un método de mejoramiento genético que puede ser muy útil en la obtención de genotipos de alto rendimiento y calidad de fruto,

ya que se puede aprovechar la capacidad combinatoria y heterosis del cultivo (Pérez-Grajales *et al.*, 2009).

Por lo tanto, y a fin de aprovechar la variabilidad de la especie en México y contribuir al mejoramiento de los rendimientos y la calidad de chile verde, en ésta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

I.1. Objetivo General

Evaluar y seleccionar las progenies más rendidoras y con calidad de fruto, para su uso en procesos de mejoramiento genético.

I.2. Objetivos Específicos

- Seleccionar las mejores poblaciones F2, respecto a características agronómicas para avanzar en el desarrollo de nuevas variedades de chile.
- Comparar el rendimiento de progenitores y poblaciones F2, para determinar cuáles son las más promisorias para continuar con el proceso de selección por pedigree.

I.3. Hipótesis

- Al menos una de las poblaciones F2 presenta rendimientos y calidad de fruto superiores a los progenitores bajo estudio.
- Al menos una de las poblaciones seleccionadas presenta características sobresalientes en cuanto a precocidad y pungencia, para continuar con el programa de mejoramiento genético de chile.

II. II. REVISIÓN DE LITERATURA

II.1. Importancia del Chile en México

El chile (*Capsicum annuum* L.) tiene como su centro de origen y domesticación nuestro país, por lo tanto, es una especie de mucha importancia para todo México, por lo anterior el cultivo de esta especie ha aumentado 6.5% en los últimos años (SIAP, 2017).

A nivel mundial existen cinco especies cultivadas de chile: *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. annuum* L., *C. pubescens* Ruiz & Pav. y *C. baccatum* L., y alrededor de 25 silvestres y semicultivadas (Hernández *et al.*, 1999; Milla, 2006).

Su fruto, es una baya hueca carnosa o semicartilaginosa, puede alcanzar distintos tamaños, desde poco menos de 1 cm hasta 30 cm de largo y su forma va de redonda a alargada, en colores que oscilan, de distintos tonos de amarillo y verde en estado inmaduro, a rojo y hasta café al madurar (Aguirre; Muños, 2015). Además, este cultivo es muy apreciado, ya que contiene una gran cantidad de vitaminas y minerales esenciales (SIAP, 2010). Por lo cual, se convierte en un producto hortícola muy importante para la dieta de los mexicanos. Adicionalmente a las propiedades nutricionales, la pungencia y el color, son los atributos de gran aporte a la cocina mexicana de ahí que sea utilizado ampliamente en los productos alimenticios y en diversas aplicaciones farmacológicas (Kumar *et al.*, 2011). Adicionalmente el fruto contiene un 91% de agua, 5.1 g de carbohidratos, 1.3 g de proteínas, 1.4 g de fibra, 0.3 g de grasa

Este cultivo se siembra comercialmente desde el nivel del mar, en las regiones tropicales de la costa, hasta los 2,500 metros de altura en las regiones templadas de la Mesa Central. Se adapta a un amplio rango ambiental que permite su producción durante todo el año, con lo que se satisface la demanda de este producto en las principales ciudades

de nuestro país. La superficie sembrada a nivel nacional fluctúa alrededor de las 170,000 hectáreas, de las cuales más del 90% cuentan con sistemas de riego. Según datos en 2018 se produjeron alrededor de 1,167,360 toneladas de chile verde, lo que lo convierte en el segundo productor a nivel mundial de esta hortaliza (SAGARPA, 2018).

México es el primer exportador de chile verde a nivel mundial; nuestros principales clientes son; Estados Unidos de Norteamérica, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania. Además de ser un producto con presencia mundial (Inforural, 2014). En todo el país existen áreas de siembra del picante, aunque los agricultores Chihuahuenses (Figura 1), destacan por el volumen de cosecha y el valor económico de su producción: 821 mil toneladas y 6 mil 246 millones de pesos en 2017 (SIAP, 2017).

II.2. Importancia del Chile a Nivel Mundial

Anualmente en el mercado internacional, la hortaliza comercializada en fresco rebasa 3.2 millones de toneladas, el mayor importador es Estados Unidos (SAGARPA, 2017). Mientras que la tasa de crecimiento de producción de chile verde va en aumento a nivel mundial a un ritmo promedio de 3.23 % anual (Caro *et al.*, 2014), lo que prueba que cada vez es mayor la necesidad de incrementar la producción de este cultivo a nivel mundial.

La producción de chile a nivel mundial ha tenido un crecimiento muy acelerado en los últimos años. El aumento en la producción de este cultivo, principalmente en los chiles picantes, se debe a la creciente demanda de este producto en todas sus presentaciones, tanto para consumo directo como para usos industriales. Según los datos más recientes de FAOSTAT (2018), la producción fue de 28'405,270 toneladas entre frescos y secos; aunque la producción de frescos constituye cerca del 92 % del total. A nivel global, China produce

el 54% de la producción mundial de chile fresco, pero el segundo lugar lo ocupa México con el 6.5%, seguido de Indonesia 4.2%, Turquía 4.2%, España 4.1% y Estados Unidos de Norteamérica con el 3.3%.



Figura 1. Porcentaje de la producción nacional de chile, de los principales estados productores en 2017.

II.3. Comercio Internacional de Chile

Los principales países exportadores de chiles frescos son, a su vez: España, México, Holanda, EUA y China. El 99% de las exportaciones que hace México de chiles frescos tienen como destino Estados Unidos de Norteamérica.

En México se da preferencia a las variedades de chile serrano y jalapeño por ser las de mayor demanda en el mercado externo, principalmente en Estados Unidos, hacia donde se exporta 5 por ciento de la producción fresca y 90 por ciento del chile enlatado (SAGARPA, 2012).

II.4. Contexto del Fitomejoramiento

El mejoramiento genético es un conjunto de principios científicos, métodos, técnicas y estrategias aplicadas a la obtención de genotipos o grupos de genotipos con características deseables según objetivos previamente definidos. El proceso fundamental que subyace en el mejoramiento es el de cambio adaptativo por sustitución alélica bajo selección (Salas, 2010).

II.5. Fitomejoramiento de Chile

El objetivo del mejoramiento genético es el de generar nuevos cultivares superiores a los ya existentes, todo esto con la finalidad de que los cultivos soporten y sobrevivan a las condiciones del entorno, las cuales actualmente son más adversas y siguen aumentando su grado de hostilidad (Camarena *et al.*, 2014).

En México existe una gran variabilidad entre las poblaciones de chile (Sánchez *et al.*, 2010), que se encuentran distribuidas entre cuatro de las cinco especies cultivadas. La amplia diversidad de chiles en México adquiere gran relevancia por el potencial genético que presentan y por ser la base para obtener variedades mejoradas (Moreno-Pérez *et al.*, 2011). Algunos materiales que se siembran, no siempre cumplen las expectativas del productor respecto a tolerancia a factores adversos, alta producción y la calidad del producto que el mercado demanda; para esto se requiere de un proceso dinámico y continuo de generación, validación y transferencia de nuevos cultivares, que permitan hacer

más rentable el cultivo de chiles. Por lo tanto, es necesario identificar los cultivares de Chile con alto potencial de rendimiento y calidad y que presenten menores riesgos ante los efectos ambientales (Ramírez *et al.*, 2010).

II.6. Biotecnología para el Mejoramiento Genético de Cultivos

Las técnicas biotecnológicas contribuyen positiva y significativamente en los programas de propagación, conservación y mejoramiento de las especies vegetales, para mejorar su producción, calidad y además puedan soportar los factores ambientales bajo los cuales son producidos (Valdés *et al.*, 2012). Además, durante las últimas décadas, se ha hecho referencia a la detección de diferentes genes involucrados en la resistencia y/o tolerancia de las plantas para algunos factores (Fonseca de Olivera *et al.*, 2005).

II.7. Importancia de la Semilla de las Variedades Mejoradas en el Desarrollo Agrícola

La semilla de calidad es esencial en todo proceso agrícola eficiente, sobre todo en los países en vías de desarrollo, donde más del 50 % de la población vive de la agricultura. Una agricultura eficiente necesita de insumos de alta calidad y la semilla de calidad es el factor de la producción más importante, pero además debe de ser de fácil acceso y estar al alcance de los agricultores en el precio, cantidad y oportunidad, acordes con la realidad de la región (Sevilla, 2014).

II.8. Propósito de la Demanda de Nuevos Cultivares

Los propósitos principales para el mejoramiento genético del cultivo de Chile en México, es el de generar el aumento de la productividad del cultivo, reduciendo plagas y enfermedades y aumentando su rentabilidad, disminuyendo costos y aumentando ganancias, a fin de fortalecer los mercados ya existentes (Del Toro *et al.*, 2012).

Actualmente se presentan bajos rendimientos en las áreas productoras de nuestro país, esto se debe a diversos factores como; el alto uso de semilla sin mejora genética, ni con la calidad adecuada, se estima que un 80% de la superficie que se dedica a la producción de Chile, es con materiales de origen criollo, la segunda causa es debido a la superficie que se establece con variedades de polinización libre, mientras que el área restante (que es muy mínima) se siembra con híbridos de reciente formación, estos últimos de empresas transnacionales, lo que propicia fugas de divisas que afectan la economía de nuestro país (Santiago *et al.*, 2014).

El mejoramiento genético vegetal puede ayudar a mejorar el grado de sustentabilidad de los sistemas agropecuarios con el uso de genotipos adaptados a los nuevos requerimientos ambientales y nuevas demandas del mercado. Esto requiere de la investigación genética, la consideración de cambios en la priorización de objetivos, en las técnicas de selección y en la búsqueda y utilización de variabilidad genética (Camarena *et al.*, 2012).

II.9. Importancia de la Agricultura Protegida en México

La agricultura protegida está compuesta por todos los sistemas de producción que utilizan estructuras y técnicas para abrigar plantas y animales, con la finalidad de protegerlos de los fenómenos del ambiente que son adversos a su desarrollo, recreando las condiciones idóneas para un mejor desarrollo y producción (Tapia, 2017).

Actualmente la agricultura protegida se encuentra presente en los 32 Estados del país, con una superficie superior a 42 mil hectáreas. De la cual, las hortalizas ocupan el primer

lugar en producción con esta tecnología, y de esta superficie 14,302 hectáreas se producen en malla sombra, 10,978 hectáreas en invernaderos y 392 hectáreas en macro túnel (Asociación Mexicana de Horticultura Protegida, 2017).

La horticultura protegida en el año 2017 representó más de 3.2 millones de toneladas anuales en México (Figura 2), con un valor comercial superior a los 3,000 millones de dólares, generando así más divisas para nuestro país, con lo cual, se incentiva el crecimiento económico nacional (SIAP, 2017).

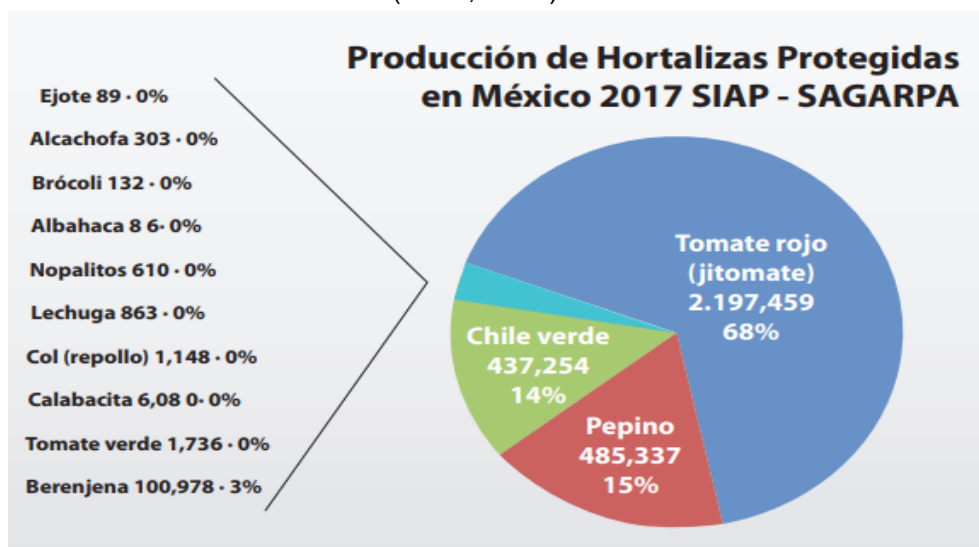


Figura 2. Porcentaje de producción por cultivo bajo condiciones de agricultura protegida en el 2017.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. Lugar del Experimento

El lugar donde se llevó a cabo el experimento fue en un invernadero de mediana tecnología del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Figura 3), a una altura de 1,742 msnm y se localiza entre las coordenadas geográficas 25° 22' de latitud norte y 101° 02' longitud oeste (Google maps, 2019).



Figura 3. Localización del sitio experimental; Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

III.2. Labores de Cultivo

La siembra se realizó el 10 de mayo del 2017, en charolas germinadoras de poliestireno con un sustrato de Turba (Premier Sphagnum Peat Moss) mezclado con perlita en una

proporción 70:30, se colocó una semilla por cavidad; posteriormente se colocaron en cámaras germinadoras para asegurar y favorecer la germinación y el crecimiento de las plántulas. El 28 de junio del mismo año (49 dds) se llevó a cabo el trasplante donde se acomodaron las plantas según el diseño experimental de bloques completos al azar.

La primera cosecha se realizó el día 21 de octubre del 2017, posteriormente se realizaron cortes cada 7 a 10 días dependiendo del estado de madurez del fruto; en total se realizaron 20 cortes durante todo el ciclo del cultivo. La fertilización fue realizada, tomando como base la solución de Steiner (1984). En la etapa de plántula mientras estaban en charolas se aplicó al 10% de esta solución, en la etapa inicial después del trasplante se aplicó la solución al 25%, en la etapa crecimiento y desarrollo al 50% de la solución, en la floración fue aplicado al 75% y en amarre/fructificación al 100% de la solución Steiner, continuando así hasta el término del ciclo.

El sistema de tutorado utilizado fue el tipo holandés, el mismo que es utilizado para conducir el cultivo de pimiento morrón (lo cual también sirvió para comprobar si este sistema funciona en el cultivo de chile jalapeño). Las labores de limpieza y mantenimiento se realizaron de manera periódica en el cultivo.

III.3. Material Vegetal

El material vegetal original utilizado como progenitores hembra fueron; un cultivar de chile jalapeño (UANjp), el cultivar Tampiqueño 74 de chile serrano, el criollo mirador del Estado de Veracruz. Además, como progenitores machos se utilizaron cinco selecciones de pimiento morrón obtenidas en la UAAAN; UANOg (naranja), UANRd (rojo), UANShw (verde), UANYw (amarillo) y UANCn (pimiento verde), éstos materiales fueron

seleccionados a lo largo del tiempo por sus características sobresalientes en producción en invernadero.

Cuadro 1. Progenitores hembras y machos utilizados para la formación de Híbridos (F1) evaluados en el 2017, en Saltillo, Coahuila.

Progenitor	HEMBRAS	Progenitor	MACHOS
1	Cultivar jalapeño UANJp	4	UANOg (naranja)
2	Mirador (criollo)	5	UANRd (rojo)
3	Tampiqueño 74 (serrano)	6	UANShw (verde)
		7	UANYw (amarillo)
		8	UANCn (verde)

Las poblaciones F2 bajo estudio, fueron derivadas de los siguientes cruzamientos $P_1 \times P_4(9)$; $P_1 \times P_5(10)$; $P_1 \times P_6(11)$; $P_1 \times P_7(12)$; $P_2 \times P_4(13)$; $P_2 \times P_5(14)$; $P_2 \times P_6(15)$; $P_3 \times P_4(16)$; $P_3 \times P_8(17)$. Por lo tanto, se estudiaron los progenitores y poblaciones citadas, para estudiar el rendimiento, calidad de fruto y otros aspectos agronómicos.

III.4. Poblaciones Estudiadas y Establecimiento en Invernadero

Considerando los progenitores y poblaciones formadas, se tuvieron 17 genotipos, que fueron trasplantados a los 49 días después de la siembra en el invernadero, en camas con acolchado plástico blanco y cintilla para riego localizado, las camas con 25 cm de altura y una separación de 1,60 m y 30 cm entre plantas, estableciéndose a doble hilera en forma de tresbolillo, resultando una densidad de plantación de 41,667 plantas ha^{-1} . El trabajo fue establecido bajo un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones,

estableciendo 10 plantas como unidad experimental y tomando 6 plantas con competencia completa como parcela útil.

III.5. Variables Estudiadas

Las variables que se evaluaron en este trabajo fueron: Rendimiento de frutos (REN), número de frutos por planta (NFR), peso promedio de fruto (PPF), días a cosecha (DC), largo de fruto (LF), ancho de fruto (AF), y capsaicina (CP). Para la estimación de las variables antes citadas se realizaron los siguientes procesos para su cuantificación.

III.5.1. Rendimiento (REN). Se estimó pesando los frutos obtenidos a lo largo del ciclo de cultivo, en una balanza electrónica (VELAB, Scientific, México) con capacidad de 1 kilogramo y con una precisión de 0,001kg, posteriormente se sumó el peso de todos los frutos conseguidos.

III.5.2. Número de Frutos por Planta (NFR). Se estimó mediante el conteo de frutos de cada cosecha durante el todo el ciclo de cultivo y dividido entre el número de plantas cosechadas.

III.5.3. Peso Promedio de Fruto (PPF). En el caso de esta variable, se tomó en cuenta el peso total de los frutos obtenidos en las cosechas, para después dividirlo entre el número total de frutos. Y así estimar el peso promedio de los frutos de cada tratamiento.

III.5.4. Días a Cosecha (DAC). Se contabilizaron los días transcurridos desde el trasplante hasta que se realizó la cosecha de al menos el 50% de plantas de cada parcela. Para determinar correctamente el momento adecuado de la cosecha de los frutos, se observó y tomo en cuenta el inicio en el cambio de coloración.

III.5.5. Largo de Fruto (LF). El largo de fruto (LF) fue medido con un vernier digital marca Autotec, desde la base del fruto hasta el ápice del mismo, tomando 5 frutos por corte por parcela, para después estimar la longitud promedio, las lecturas fueron tomadas en milímetros (mm).

III.5.6. Ancho de Fruto (AF). Al igual que la variable anterior en el ancho de fruto (AF) se utilizó el mismo vernier digital para medir el diámetro ecuatorial de cada fruto, tomando 5 frutos por corte por parcela, para después estimar el diámetro promedio, reportado en milímetros (mm).

III.5.7. Capsaicina (CP). La variable de Capsaicina (CP) fue medida y determinada en el Laboratorio de Nutrición Vegetal y Cultivo de Tejidos del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, usando frutos frescos.

Para su estimación fueron utilizados frutos en la etapa de madurez fisiológica, se manejó el método descrito por Bennett y Kirby (1968), y se utilizó un espectrofotómetro Bio-145025 BIOMATE-5 (Thermo Electron Corporation, Madison, USA) a una longitud de onda de 286 nm. Para determinar la concentración de Capsaicina en las muestras se procedió a la construcción de una curva de calibración de este compuesto (Sigma, Co.) dentro de un rango de 0 a 1,2 mg ml⁻¹. Las lecturas se realizaron por triplicado para cada muestra y el contenido de Capsaicina se expresó en unidades Scoville (SHU).

III.6. Análisis Estadístico

El análisis de varianza se llevó a cabo mediante el paquete estadístico SAS 9.1, utilizando los comandos para el diseño de bloques completos al azar, además se realizó

con una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), utilizando el mismo software.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. Rendimiento (REN)

Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre genotipos respecto a esta variable, indicando que al menos una población es estadísticamente superior al resto de las mismas. La comparación de medias muestra que la población 16 (2764.4 g pl^{-1}) y 10 (2735.5 g pl^{-1}) fueron estadísticamente superiores a los progenitores 3 (972.9 g pl^{-1}) y 2 (412.6 g pl^{-1}) en cuanto a rendimiento de fruto (Figura 4). Superando el genotipo 16 al genotipo 2 en 569%, mientras que al genotipo 3 lo supero en 189%. Estas dos poblaciones fueron estadísticamente iguales a 13 poblaciones bajo estudio, lo observado señala que son materiales muy prometedores para seguir con el programa de mejoramiento y desarrollar variedades superiores de Chile Jalapeño y Serrano. En cuanto al rendimiento más bajo lo presentó el cultivar 2 (criollo mirador) con un promedio de 412.6 g pl^{-1} . Mientras que el progenitor más sobresaliente fue el 7 (pimiento amarillo) que mostro un rendimiento de 2312.2 g pl^{-1} . Lo anterior puede atribuirse a que las poblaciones F2 fueron creadas bajo agricultura protegida y están seleccionándose adecuadamente para condiciones de invernadero, que aun en condiciones de alta variabilidad mantienen altos rendimientos, mientras que los progenitores maternos están desarrollados para condiciones de cielo abierto, donde no logran expresar todo el potencial genético, coincidiendo con lo mencionado por Robledo *et al.*, (2009), quienes mencionan que todos los genotipos de Chile Jalapeño, Guajillo y Serrano, son susceptibles a la producción en invernadero, lo cual provoca que en ocasiones disminuyan su rendimiento, debido a la falta de adaptación a menores condiciones de luz y alta humedad relativa y otras condiciones que ofrece un invernadero. Mientras que los genotipos de pimiento y las poblaciones bajo estudio si lo están por sus características genotípicas, reiterando lo descrito por Radillo Sánchez *et al.*,

(2008) quienes mencionan que el rendimiento del cultivo está directamente relacionado tanto al genotipo utilizado como al medio ambiente donde se cultiva.

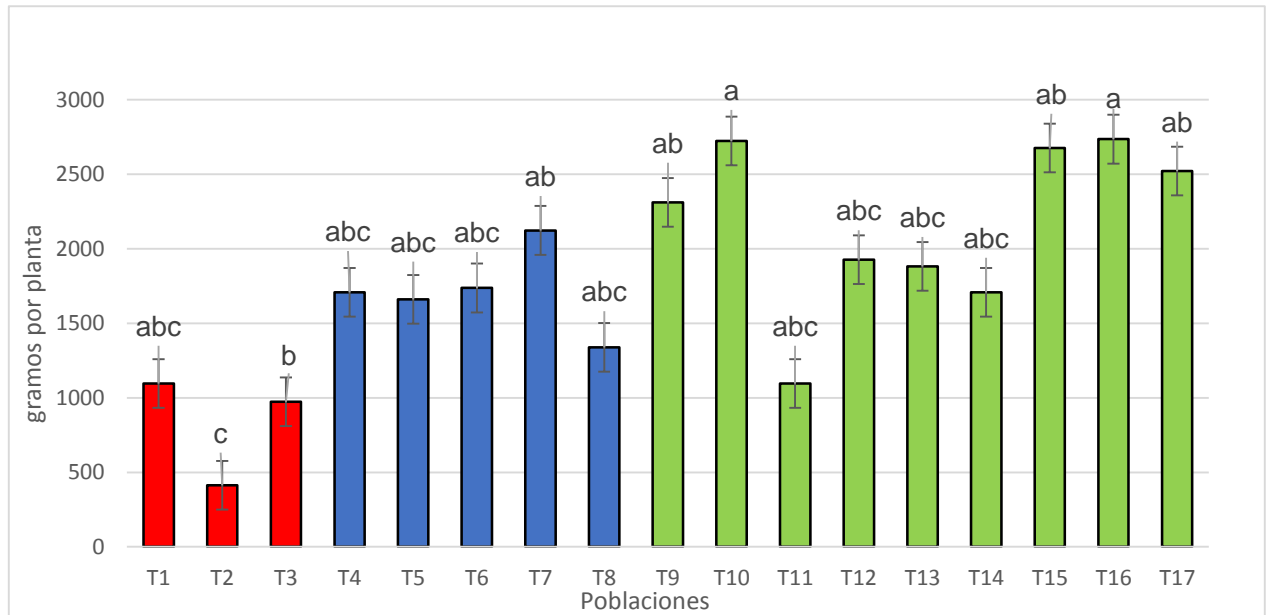


Figura 4. Comparación de los valores medios del rendimiento de los frutos de *Capsicum annuum*, en 2017.

IV.2. Número de Frutos por Planta (NFR)

El análisis de varianza exhibió diferencias significativas entre las poblaciones estudiadas, indicando que al menos una es significativamente diferente del resto ($p \leq 0.05$). Al realizar la comparación de medias se encontró que el progenitor 3 (tampiqueño 74) fue el que exhibió el mayor NFR, produciendo 154.5 frutos a lo largo del ciclo de cultivo, aunque fue estadísticamente igual a los progenitores 1 y 2 y a las poblaciones 16 y 17, las cuales, fueron originadas a partir de dicho genotipo (tampiqueño 74), lo que nos indica que dicho progenitor es muy productivo, característica que fue heredada a sus descendientes que en este caso presentaron 95.00 y 93.50 frutos por planta respectivamente.

Dichos genotipos fueron superiores a las poblaciones 4, 5, 6, 7 y 8, todas estas poblaciones son de pimientos. Todas las poblaciones F2 derivadas de las poblaciones 1, 2 y 3, presentaron mayor NFR que las poblaciones que originalmente participaron como progenitores machos (Figura 5).

El menor NFR lo presento la población 6 con una media de 11.31 frutos, y fue superado ampliamente por las poblaciones 1, 2 y 3. Sin embargo, la población 15 ocupó el segundo lugar en NFR y se originó de una cruce entre el progenitor 2 y el progenitor 6 que fue el que presento el menor NFR, del mismo modo la población 3 fue la que presentó el mayor NFR y dio origen a las poblaciones 16 y 17 que ocuparon el tercero y cuarto lugar en producción en NFR.

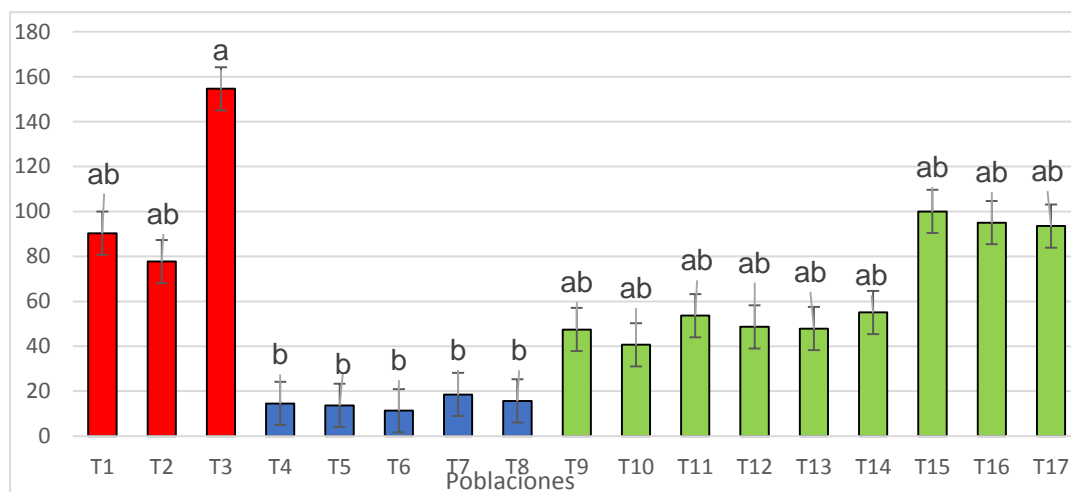


Figura 5. Comparación de medias de la variable NFR, de poblaciones F2 de cruces interraciales de *Capsicum annuum*.

IV.3. Peso Promedio de Fruto (PPF)

En la variable PPF se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre las poblaciones estudiadas. La Figura 6 muestra que los progenitores machos siguen mostrando los pesos más altos como era de esperarse, sin embargo, el progenitor 6 (UANShw) fue superior estadísticamente al resto de poblaciones de pimiento, a los

progenitores hembra y a las poblaciones F2. Es importante destacar que los PPF de progenitores hembra (1, 2 y 3) tuvo un rango de 8.28 a 14.77g y fueron los que presentaron los menores valores de PPF, aunque estas poblaciones al ser cruzadas con pimientos, dieron origen a poblaciones con PPF superiores a dichos progenitores. Las poblaciones derivadas de estas tres poblaciones presentan incrementos en el PPF en un rango de 140% a 432%. Mientras que los progenitores machos presentan un PPF de 151.09 g y las poblaciones F2 tienen un promedio de 37.52g.

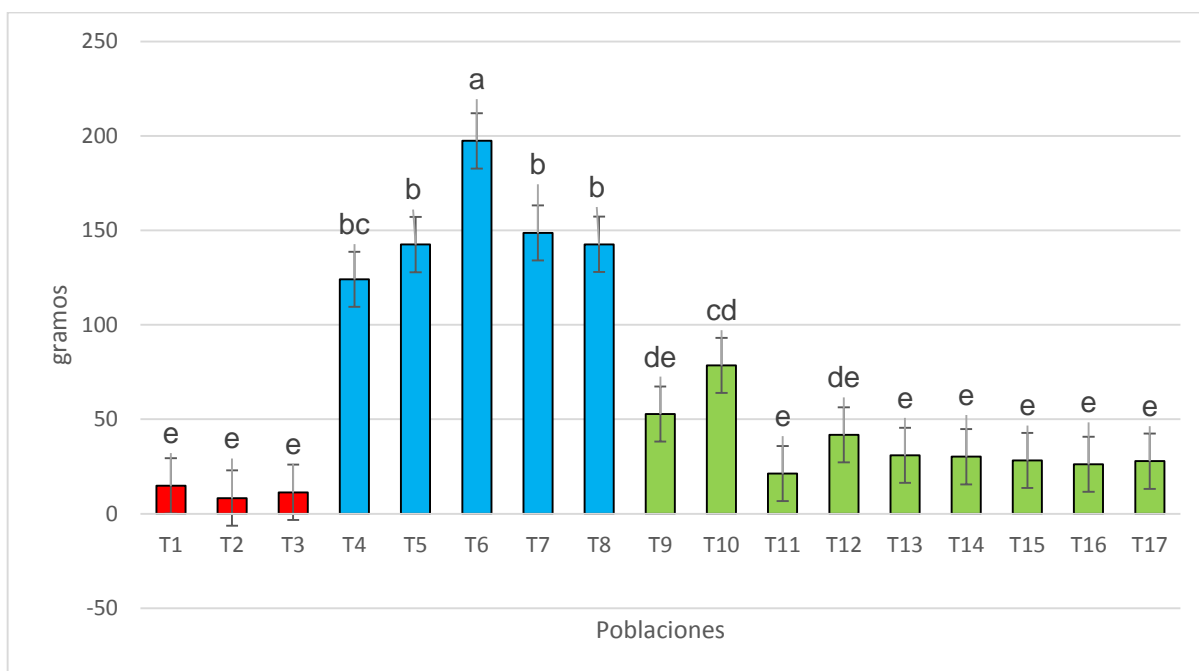


Figura 6. Comparación de medias de la variable PPF en progenitores y poblaciones derivadas de las cruza interracial de *Capsicum annuum*, estudiadas en invernadero.

IV.4. Largo y Ancho de Fruto (LF); (AF)

El ANVA aplicado a la variable LF y AF exhibió diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre progenitores y poblaciones F2 de Chile. Al realizar la comparación de medias fue posible observar que la población 6 y 10 fueron las que presentaron el mayor LF, aunque fueron estadísticamente iguales a 11 poblaciones más (Figura 7) éstas, superan estadísticamente a las poblaciones 11, 3, 1 y 2 que fueron las que presentaron menor LF. La población 6 es un pimiento, pero la población 10 se originó de la cruce de Chile Jalapeño y un pimiento de color rojo y estas poblaciones fueron las que presentaron los mayores LF, aunque fueron estadísticamente iguales a los pimientos estudiados. La longitud de los pimientos estudiados fue de 83 a 106 mm y dentro de éste rango se encontraron tres poblaciones originadas a partir de cruces de pimientos con Chile Jalapeño o serrano, indicando que, a pesar de una generación de endogamia, mantiene alta longitud en sus frutos.

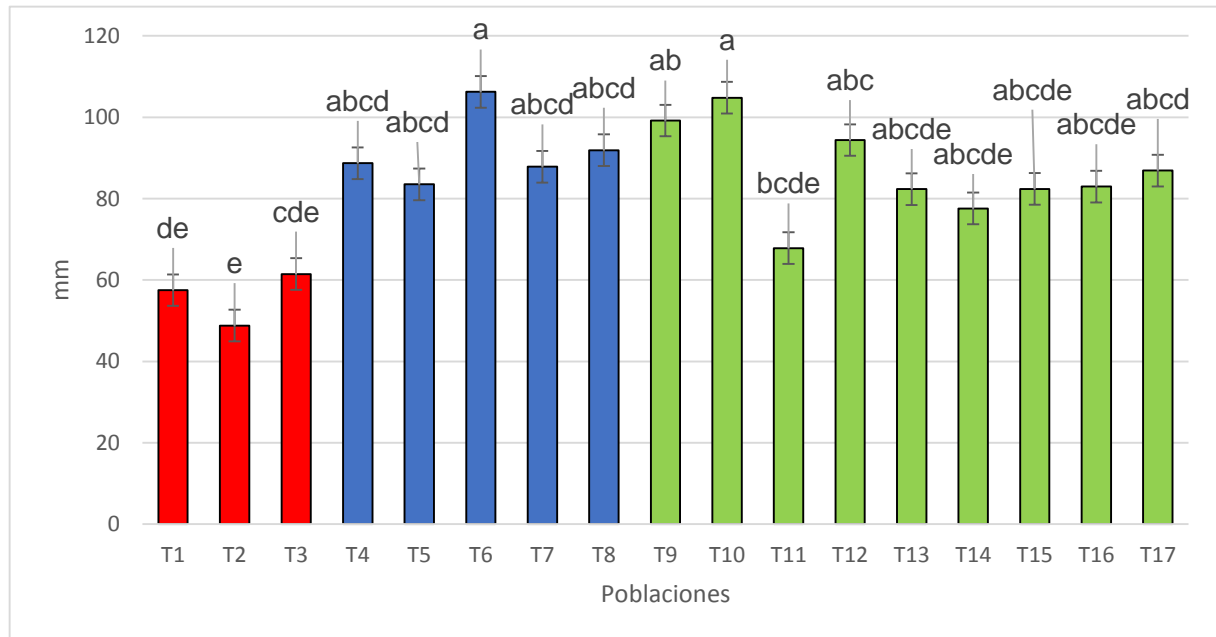


Figura 7. Comparación de las medias de la variable LF, en progenitores y poblaciones F2 resultantes de cruces interraciales de *Capsicum annuum*.

La comparación de medias para la variable AF muestra que todos los pimientos fueron estadísticamente iguales en ésta característica, mientras que las poblaciones 1, 2 y 3 quedaron en otro grupo diferente, pero estadísticamente iguales a 6 poblaciones F2, derivadas de los cruzamientos entre Jalapeño, Serrano y Mirador con los pimientos, en un grupo intermedio quedo la población 9, 10 y 12, tres poblaciones derivadas del cruzamiento entre el jalapeño con pimientos.

Mostrando que el cultivar de jalapeño al cruzarse con los pimientos mantiene gran longitud y diámetro ecuatorial de fruto lo cual permite tener frutos de buen peso promedio y plantas con gran número de frutos y alto rendimiento, resultando poblaciones muy prometedoras para continuar con el proceso de mejoramiento genético (Figura 8).

Las características de Largo y Ancho de Fruto son muy importantes para el éxito final de un proyecto ya que la calidad de los frutos será determinada por la aceptación por el mercado por lo tanto es necesario obtener mejores productos en estos aspectos. (Ramírez, 2010).

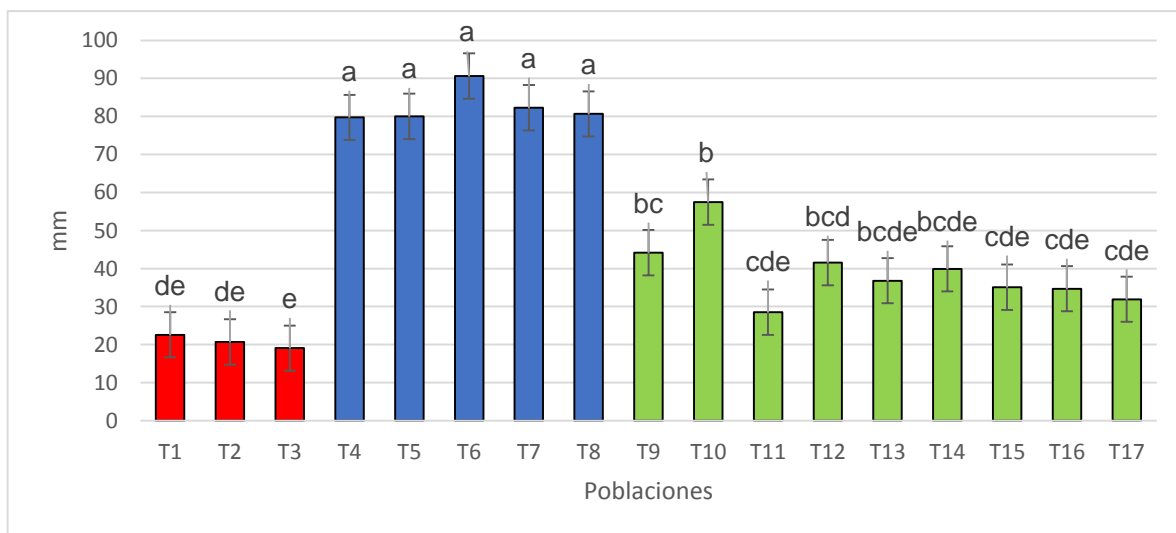


Figura 8. Comparación de medias de la variable AF en poblaciones de *Capsicum annum* estudiadas en invernadero.

IV.5. Días a Cosecha (DAC)

El ANVA aplicado a la variable DAC muestra diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre progenitores y las poblaciones F2 estudiadas, indicando la variabilidad existente entre los materiales estudiados. Los progenitores hembra presentan una tendencia estadística similar, siendo los genotipos más tardíos con un promedio de 135.67 días, esto concuerda con Ramírez *et al.*, (2010) ya que menciona que genotipos como Tampiqueño 74 son muy tardíos para entrar a su etapa de cosecha. Aunque estos progenitores fueron estadísticamente similares al progenitor macho 8 y a las poblaciones 17 y 14, estas últimas son las más tardías en cuanto a producción de fruto (Figura 9), presentando su primera cosecha a los 152.2 días después de trasplante, lo que sugiere que este genotipo no es apto para su producción en invernadero a nivel comercial, puesto que tendría una producción muy rezagada y con ello más inversión en su mantenimiento, lo que nos implicaría una reducción de ganancias al final del ciclo.

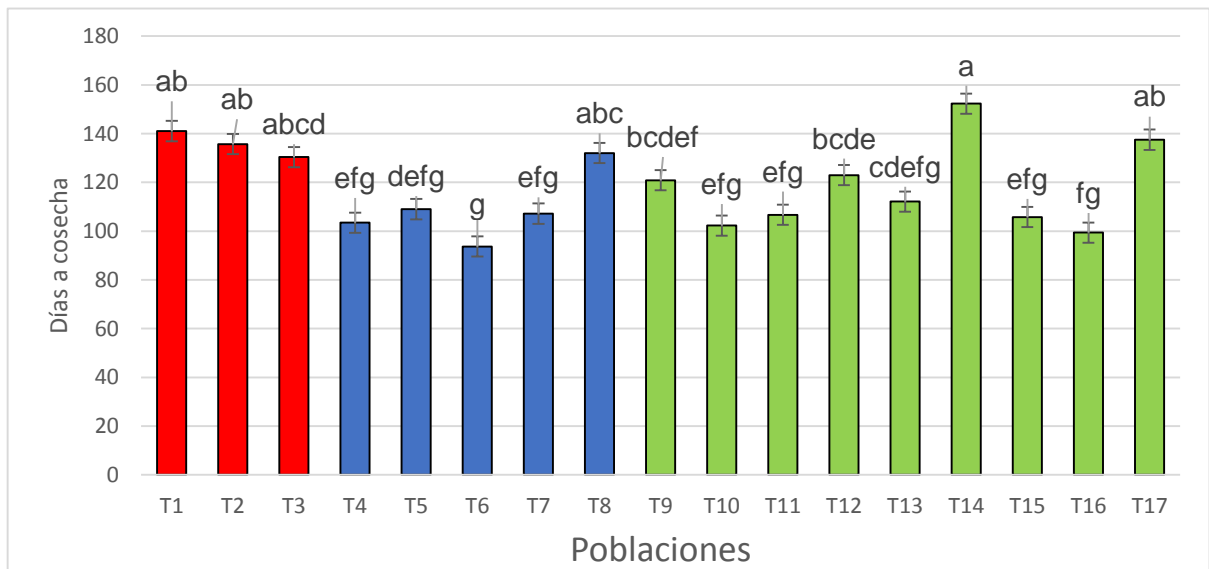


Figura 9. Comparación de medias en la variable DAC en progenitores y poblaciones F2 resultantes de cruas interraciales de *Capsicum annum*.

La Figura 9 muestra que un grupo de 9 poblaciones (4, 5, 6, 7, 10, 11, 13, 15, 16) fueron estadísticamente iguales con un rango de 93 a 112 días a cosecha, de estas, cuatro son de los progenitores macho originalmente utilizados y 5 poblaciones F2, esto es importante porque en invernadero es posible reducir los costos de producción y salir más rápidamente al mercado.

IV.6. Capsaicina (CP)

En cuanto al contenido de CP podemos observar que los progenitores hembra sobre todo el chile Serrano sobresalen estadísticamente al resto de los progenitores y poblaciones F2 bajo estudio, con una media de 13,311.6 SHU, siendo 94.35% más picantes que los progenitores paternos los cuales presentan una media de 751.08 SHU y son estadísticamente inferiores al resto de los genotipos estudiados y 38.7% más picantes que las poblaciones F2, los cuales presentan una media de 8160.75 SHU. En la figura 11 podemos observar que el Progenitor 3 (Tampiqueño 74: chile serrano) es estadísticamente superior, exhibiendo mayor contenido de CP (14,531.7 SHU), presentando alta pungencia, esto, debido a que este tipo de chile es más picante (según la escala Scoville), que las demás razas de esta especie (*Capsicum annum* L.). Contrario a los progenitores hembras, los machos, presentaron menor grado de picor con 550 a 970 SHU, siendo estadísticamente inferiores al resto de los genotipos, esto se debe a que todos son cultivares de chile pimiento, mismos que según la escala Scoville presentan muy poca y/o nula pungencia.; Mientras que sus descendientes presentan una tendencia media entre ambos progenitores, corroborando la adecuada combinación de genes. El progenitor que presentó menor pungencia fue el 7 con un resultado de 557.3 SHU quedando muy por debajo de los demás progenitores machos, mismos que expresaron que no hay diferencias significativas entre ellos.

Entre las poblaciones F2, se observó que hay diferencias significativas entre ellas, sin embargo, el 17 presentó mayor contenido de CP, esto se puede deber a que es descendiente de Tampiqueño 74 y UANCh y pudo heredar el picor de su progenitor materno, pudiendo atribuir dicho resultado (10866.7 SHU) a la influencia de los genes extra nucleares lo cual coincide con Sánchez *et al.*, (2010) quienes detectaron efectos maternos positivos en el picor de Chile Manzano y concluyen que el picor en los frutos está regulado principalmente por genes de efectos dominantes más que por genes de efecto aditivo, y que también está influenciado significativamente por genes extranucleares, lo cual no se había reportado con anterioridad.

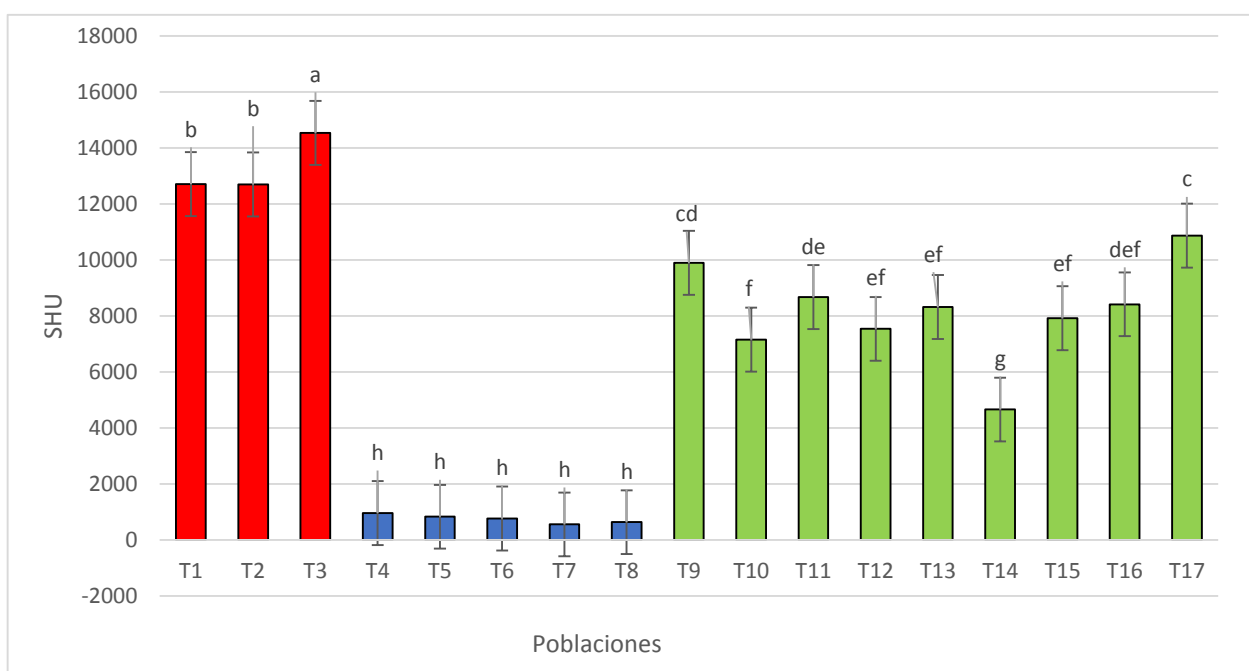


Figura 10. Comparación de medias en contenido de Capsaicina en progenitores y poblaciones F2 de *Capsicum annuum*.

V. CONCLUSIONES

Esta investigación permitió identificar a las poblaciones F2; 10, 15 y 16 como prometedoras, ya que alcanzaron rendimientos superiores a 2500 gr por planta, además fueron de las poblaciones más precoces por lo tanto tienen un alto potencial para dar origen a variedades para producción en invernadero.

Las poblaciones F2 bajo estudio logran superar en un 223% el rendimiento promedio de chile verde a nivel nacional.

Los progenitores hembra Jalapeño y Serrano y el progenitor macho UANShw (verde), UANYw (amarillo) son superiores en cuanto a variables relacionadas a rendimiento y calidad de fruto, por lo tanto, son genotipos importantes si se pretende fijar bien estas características en las próximas generaciones.

Mientras que la población 10, presentan los mejores valores en cuanto a REN, PPF, LF y AF y la población 17 en CP, lo que los señala como genotipos más prometedores para seguir con este programa de mejoramiento y poder generar una variedad de chile jalapeño y serrano aptas para la producción en invernadero

VI. LITERATURA CITADA

Aguirre-Hernández E., V. Muñoz-Ocotero. 2015. El CHILE como alimento: México. Pág.: 1-23.

Bastida-Tapia A.2017. Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México. Sexto congreso internacional de investigación en ciencias básicas y agronómicas. México.

Caro-Encalada M., C. Leyva-Morales, J. Ríos-Santana. (2014). COMPETITIVIDAD MUNDIAL DE LA PRODUCCIÓN DE CHILE VERDE DE MÉXICO. Revista de Economía. México. Vol. XXXI Núm. 83. Pág.: 95-128.

Infante-Herrero J. V., N. N. Rodríguez-Medina, L. González, J. B. Velázquez-Palenzuela, D. Rivero-Rodríguez, D. G. Sourd-Martínez, F. Martínez-González J. A. Rodríguez-Rodríguez. (2012). Cuba. La biotecnología como herramienta para la propagación, conservación y el mejoramiento genético del guayabo Vol.: XIV. Pág.: 7-19.

Azofeifa A., M. Moreira. (2008). Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* L. CV. HOT) en Alajuela, Costa Rica. Agronomía Costarricense 32: 19-29.

Aguirre-Mancilla A., G. Iturriaga de la Fuente, J.G. Ramírez-Pimentel, J. Covarrubias-Prieto, F. Chablé-Moreno, J.C. Raya-Pérez. (2017). EL CHILE (*C. annuum* L.), CULTIVO Y PRODUCCIÓN DE SEMILLA. Ciencia y Tecnol. Agrop. México. Pág.: 19-31.

Asociación Mexicana de Horticultura Protegida AC. (2017). Agricultura Protegida en México. "Agricultura protegida en México". México.

Fonseca de Oliveira B., J.L. Simões-Araújo, C. Russo Margis, R. Alves-Ferreira.(2005). Unravelling MADS-box gene family in Eucalyptus spp.: A starting point to an

understanding of their developmental role in trees. *Genetics and Molecular Biology*. 28: 501-510.

Carmona-Martínez F., J. Chura-Chuquija, R. H. Blas-Sevillano. (2014). Mejoramiento genético y biotecnología de plantas. Perú. Pág.: 1-278.

Radillo-Juárez F., R. Govea-Cazare, L.A. Vargas-Ortega (2008). Comportamiento Vegetativo y Productivo de Genotipos de Pimiento Morrón (*Capsicum annum* L.) En el Trópico seco. Quinta Convención Mundial de Chile. México. Pág.: 32-36.

FAO. (2010). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. División Estadística. Disponible en: <http://faostat.fao.org>

FAOFAST. (2018). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. División Estadística. Disponible en: <http://faostat.fao.org>

Guerrero G. C., B. A. Espinoza, G. A. Palomo, R. E. Gutiérrez, G. H. Zermeño, C. M. P. González. (2011). Aptitud Combinatoria Del Rendimiento Y Sus Componentes En Dos Grupos De Líneas De Maíz. *Agronomía Mesoamericana Print Versión Issn 1021-7444 Agron. Mesoam Vol.22 41 N.2 2011.*

Sánchez-Sánchez H., V.A. González-Hernández, A.B. Cruz-Pérez, M. Pérez-Grajales, M.A. Gutiérrez-Espinosa, A.A. Gardea-Béjar, M. Á. Gómez-Lim. (2010) Herencia de capsaicinoides en chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.). *Agrociencia*, 44 (6), 655-665.

Hernández-Verdugo S., R. G. Guevara-González, R. F. Rivera-Bustamante, C. Vázquez-Yanes, K. Oyama. (1999). Los parientes silvestres del chile (*Capsicum* spp.) como recursos genéticos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 62:171-181.

Meneses-Márquez I., A. Vázquez-Hernández, M. Ramírez-Meraz, G. Rodríguez-Escobar. (2009). Rendimiento de fruto de genotipos de chile jalapeño en el trópico húmedo. *SEXTA CONVENCION MUNDIAL DE CHILE*, Pág.:46-40.

Inforural. 2012. Chile, producción nacional. Disponible en: <http://www.inforural.com.mx/chile-producción-nacional/>

Inforural. 2014. México: primer lugar mundial en producción de chile verde y sexto en la de chile seco. www.inforural.com.mx/mexicoprimer-lugar-mundial-en-produccion-de-chile-verde-y-sexto-en-lade-chile-seco/

García-Sandoval J.A., R. Nava-Padilla, M. Ramírez-Meráz. (2008). Comparación productiva de genotipos de chile jalapeño durante la estación lluviosa en el sur de Quintan Roo, México. Quinta convención mundial de chile, Pág.:13-17.

Luna-García L.R., V. Robledo-Torres, M.E. Vázquez-Badillo, F. Ramírez-Godina, R. Mendoza-Villarreal. (2018). Hibridación entre diferentes tipos de chiles y estimación de la heterosis para rendimiento y calidad de fruto. México. Pág.:1-16.

Ramírez-Meraz M., E. I. Robledo-González, E. Vázquez-García, G. Arcos-Cavazos, H. Mata-Vázquez. (2010). Comportamiento de Genotipos de Chile Serrano en Condiciones del sur de Tamaulipas. Séptima Convención Mundial de Chile. México. Pág.:184-191.

Macias-Rodríguez, H., J.A. Muñoz-Villalobos, M.A. Velásquez-Valle, M.C. Potisek-Talavera, M.M. Villa-Castorena. (2013). Chile Habanero: Descripción de su cultivo en la península de Yucatán. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. Pág.: 37-43.

Moreno-Pérez E. C., C. H. Avendaño-Arrazate, R. Mora-Aguilar, J. Cadena-Iñiguez, V. H. Aguilar-Rincón, J. F. Aguirre-Medina. (2011). Diversidad morfológica en colectas de chile guajillo (*Capsicum annum* L.) del centro-norte de México. Revista Chapingo Serie Horticultura 17: 23-30. doi:10.5154/r.rchsh.2011.17.004

Kumar P., Duduku K., B. Awang. (2008). Selection of optimum process, solvent and drying method for extraction antioxidants. Jurnal Teknologi.48 (F). P: 85-98.

Pérez–Grajales M, V. A. González–Hernández, A. Peña–Lomelí, J. Sahagún–Castellanos. (2009). Combining ability and heterosis for fruit yield and quality in manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R & P) landraces. Rev. Chapingo S. Hort. 15:47.

Ramírez-Meraz M., M. Morales-Alejo, G. Arcos-Cavazos, H. Mata-Vázquez, H. Vázquez-García, R. Méndez-Aguilar, J.Á. García-Sandoval. (2012). Evaluación de líneas avanzadas de chile jalapeño bajo condiciones de fertirriego en el Sur de Tamaulipas, México. Novena Convención mundial de chiles. Zacatecas, México.

Santiago-López U., M. Rodríguez-Meraz, D. Sánchez-Aspeytia, J. A. Hernández Maruri. (2014). Características botánicas, hortícolas y de producción del híbrido HAM14 F de chile ancho mulato, apto para el altiplano de México. 12° convención de chile. México. Pág.: 53-58.

Sánchez-Montoya D.L., M. Ramírez-Meraz, Villalón-Mendoza H., Ramírez-Guerra S. (2010). Caracterización morfológica de colectas de chiles semidomesticados y silvestres de la Región Huasteca. Séptima Convención mundial de chiles. Aguascalientes, México. Pág.:169-174.

SAGARPA.(2011).publication/336351278_Distribucion_de_Vanilla_planifolia_Jacks_ex_Andrews_y_acciones_para_su_conservacion_en_la_Huasteca_Potosina.

SAGARP.2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030: Chiles y Pimientos Mexicanos.

SAGARPA- SIAP.2018. Resumen Nacional: intención de siembra (siclo: otoño-invierno).