

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



HIBRIDACIÓN ENTRE DIFERENTES TIPOS DE CHILES Y ESTIMACIÓN DE  
LA HETEROSIS PARA RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO

**Tesis**

Que presenta LAURA RAQUEL LUNA GARCÍA

Como requisito parcial para obtener el Grado de:  
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

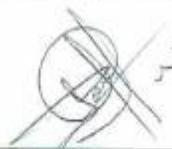
Saltillo, Coahuila.

Diciembre, 2016

HIBRIDACIÓN ENTRE DIFERENTES TIPOS DE CHILES Y ESTIMACIÓN DE  
LA HETEROSIS PARA RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO

**Tesis**

Elaborada por LAURA RAQUEL LUNA GARCÍA como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría.



Dr. Valentín Robledo Torres

Asesor Principal



Dr. Mario Ernesto Vásquez Badillo

Asesor



Dra. Francisca Ramírez Godina

Asesor



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Asesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel

Subdirector de Postgrado

Saltillo, Coahuila.

Diciembre, 2016

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente a **DIOS** por la dicha de existir y permitirme vivir este momento tan especial.

A nuestra querida “**ALMA MATER**” porque nos sigue brindado la oportunidad de crecer profesionalmente.

Al **CONACYT** por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios de postgrado.

Al **Dr. Valentín Robledo Torres** por confiar en mí, porque siempre me ha animado a seguir trabajando duro por este proyecto, por su valioso apoyo ya que siempre me brindo las armas para culminar este trabajo y por sus valiosos consejos alentándome a ser mejor persona y una buena profesionista.

A mi comité de asesores:

**Dr. Mario Ernesto Vásquez Badillo** por su disponibilidad, asesoramiento, corrección y sugerencias para el presente trabajo.

**Dra. Francisca Ramírez Godina** por su paciencia, asesoría y apoyo dedicado para la realización de este trabajo, así como el tiempo dedicado al mismo.

**Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal** por su asesoría y tiempo brindado para la realización de este trabajo.

A las Técnico Académico **Laura Durón Ochoa** y **Martina de la Cruz Casillas** por su apoyo en la realización de mis evaluaciones de laboratorio, además por los consejos brindados, pero sobre todo por brindarme una gran amistad, las quiero y respeto mucho a ambas.

Al **núcleo básico y todos los que laboran en el Departamento de Horticultura** ya que todos contribuyeron de alguna forma u otra en mi formación como profesionista, les agradezco las enseñanzas y el apoyo ofrecidos.

A **Erika Gabriela Solís Berlanga** por su paciencia y apoyo durante toda mi estancia en postgrado, sobre todo porque siempre tuvo disponibilidad y una sonrisa amable para mi persona, guiándome siempre a realizar bien los tramites de mi maestría.

## DEDICATORIAS

A mi hijo **JUAN JOSÉ LUNA GARCÍA** porque eres mi motor y la luz de mi vida, porque por ti quiero ser una mejor persona para brindarte el mejor ejemplo y una buena calidad de vida, gracias mi niño hermoso por tenerme paciencia porque algunas veces tu querías jugar y yo tenía que hacer tareas y a pesar de tu corta edad supiste entenderme y sacar lo mejor de eso, le agradezco enormemente a Dios haberme mandado un niño tan noble, responsable e inteligente como tú, te adoro con todo mi corazón. Fuiste, eres y serás siempre lo mejor que me ha pasado en la vida. **TE AMO JUANJO.**

A mis padres **José Alfredo Luna Salas y Rosalinda García Valdez** les dedico esta nueva victoria en mi vida que también es suya, porque sin su apoyo tal vez esto hubiera sido posible pero de manera más tardada y mucho más difícil, ustedes han aligerado mis cargas porque me han respaldado en cada paso que doy y han guiado mis pasos para hacerme una mejor persona. **LOS AMO.**

A mis hermanos **Francisco, Karina, Blanca**, pero sobre todo a **Maricela** que me apoyo bastante en la toma de datos de mi trabajo, además que siempre me hecho porras y me animo a seguir adelante y gracias a ello ahora quiere tanto a la Narrito como yo, gracias por su apoyo y por su cariño incondicional, igualmente a mis cuñados y sobre todo a mis sobrinos **Katia, Alexis y Damián y a los próximos por nacer (Gael y Carlos)** por brindarme su cariño y alegría.

A mi abuelo materno **José García Pérez (+)** porque sé que siempre me cuidas y acompañas a donde quiera que voy y a mis abuelos paternos **María de la Luz Salas y Santiago Luna** por su amor y cariño, gracias abuelos por quererme tanto y por creer en mí.

A todos mis compañeros y amigos de **MCH y DAP** por compartir momentos inolvidables y por el apoyo y la amistad brindada.

## INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Origen e Importancia.....	3
Rendimientos.....	3
Producción en Invernaderos.....	4
Mejoramiento Genético de Plantas.....	5
Heterosis y Heterobeltiosis.....	5
Aptitud Combinatoria.....	6
Cruzas Dialélicas.....	7
Hibridaciones.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Ubicación.....	9
Material Vegetal.....	9
Formación de los híbridos.....	9
Establecimiento en campo y manejo del cultivo.....	10
Mediciones de calidad, rendimiento de fruto y sus componentes..	
.....	<b>¡Error! Marcador no definido.1</b>
Análisis Genético.....	<b>¡Error! Marcador no definido.3</b>
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	144
CONCLUSIONES.....	30
REFERENCIAS.....	31

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Tabla 1</b> Material genético utilizado como progenitores, interracial de Capsicum annum. ....	9
<b>Tabla 2</b> Cuadrados medios de los genotipos en estudio para las variables de rendimiento y sus componentes .....	14
<b>Tabla 3</b> Medias de los genotipos en estudio para las variables de rendimiento y sus componentes .....	16
<b>Tabla 4</b> Cuadrados medios de los genotipos en estudio para las variables de precocidad y altura.....	18
<b>Tabla 5</b> Medias de los genotipos en estudio para las variables de precocidad y altura de planta .....	21
<b>Tabla 6</b> Cuadrados medios de los genotipos en estudio para las variables agronómicas. ....	22
<b>Tabla 7</b> Medias de los genotipos en estudio para las variables agronómicas. .	23
<b>Tabla 8</b> Cuadrados medios de los genotipos en estudio para las variables de calidad nutracéutica .....	24
<b>Tabla 9</b> Medias de los genotipos en estudio para las variables de calidad nutracéutica .....	26
<b>Tabla 10</b> Valores de Heterosis para las variables en estudio .....	28
<b>Tabla 11</b> Valores de Heterobeltiosis para las variables en estudio .....	29



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Híbridos formados de la cruce de Jalapeño variedad Mitla con diferentes tipos de pimientos .....	16
<b>Figura 2</b> Híbridos formados de la cruce de chile Mirador con diferentes tipos de pimientos.....	17
<b>Figura 3</b> Híbridos formados de la cruce de chiles serranos con diversos tipos de pimientos.....	17
<b>Figura 4</b> Tendencia de la reducción en días de floración de los híbridos respecto a sus progenitores. ....	19
<b>Figura 5</b> Tendencia de altura de planta de los híbridos respecto a sus progenitores .....	21
<b>Figura 6</b> Hojas de Híbridos y Progenitores.....	23

## Resumen

HIBRIDACIÓN ENTRE DIFERENTES TIPOS DE CHILES Y ESTIMACIÓN DE  
LA HETEROSIS PARA RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO

POR

LAURA RAQUEL LUNA GARCIA  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
Dr. VALENTÍN ROBLEDO TORRES -ASESOR-

Saltillo Coahuila

Diciembre 2016

Este trabajo se realizó en Buenavista Saltillo, Coahuila, México, con el objetivo de estimar la heterosis y heterobeltiosis de híbridos de chile para producción en invernadero. El material vegetal utilizado fueron; chile Jalapeño Mitla, criollo Mirador y chile Tampiqueño 74 como progenitores hembra, cinco cultivares de chile pimiento; UANRd, UANYw, UANOg, UANCn y UANShw como progenitores macho. Los híbridos obtenidos y sus progenitores, fueron establecidos bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se estimaron las variables; rendimiento total de fruto, frutos por planta, peso promedio de fruto, contenido de vitamina C, carotenoides totales, contenido de capsaicina, días a floración, días a cosecha y altura de planta. Los análisis de varianza exhibieron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre híbridos y progenitores en todas las variables estudiadas. En rendimiento total de fruto, el híbrido 1x5 superó en 333,5% la media de los progenitores hembra y en 159,3% a los progenitores macho, mientras que el 2x6 superó en 104 % la media de número de frutos por planta de los progenitores hembra y en 725% a la media de los progenitores macho. Los progenitores machos presentaron mayor cantidad de vitamina C y carotenoides totales, mientras que las hembras la mayor cantidad de capsaicina, los híbridos formados presentaron cantidades intermedias en vitamina C y capsaicina. Por lo tanto se concluye que los híbridos inter-raciales obtenidos presentan características de rendimiento y calidad sobresalientes para su producción en invernadero.

**Palabras clave:** *Capsicum annuum*, producción en invernadero, heterobeltiosis, diversidad genética, componentes del rendimiento, nutraceutica.

## **Abstract**

Hybridization between different types of chilis and estimation of heterosis for  
yield and fruit quality

BY

LAURA RAQUEL LUNA GARCIA  
MASTER OF SCIENCE IN HORTICULTURE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
Dr. VALENTÍN ROBLEDO TORRES -ADVISOR-

Saltillo, Coahuila

December 2016

This work was carried out in Buenavista Saltillo, Coahuila, Mexico, with the objective of estimating the heterosis and heterobeltiosis of hybrids of chile, for greenhouse production.

The plant material used was; chili Jalapeño Mitla, creole Mirador and chili Tampiqueño 74 as female, Five cultivars of chili peppers; UANRd, UANYw, UANOg, UANCn and UANShw as male progenitors. The obtained hybrids and their progenitors were established under a randomized complete block experimental design with three replicates. Were estimated the variables; total yield of fruit, fruits per plant, average fruit weight, vitamin C content, total carotenoids, capsaicin content, flowering days, harvest days and plant height. Analysis of variance showed significant differences ( $P < 0.01$ ) between hybrids and progenitors in all variables studied. In total yield of fruit, the 1x5 hybrid exceeded the average of the female progenitors by 333.5% and the male progenitors by 159.3%, while the 2x6 exceeded the average fruits per plant of the female progenitors by 104% and by 725% on the mean of Male progenitors. The male parents presented more vitamin C content and total carotenoids, while the females had the highest content of capsaicin, the hybrids formed had intermediate amounts in vitamin C and capsaicin. Therefore, it is concluded that the obtained hybrids present outstanding performance and quality characteristics for their greenhouse production.

**Key words:** Capsicum annum, greenhouse production, heterobeltiosis, Genetic diversity, Components of yield, Nutraceutical

## INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annum*) es uno de los principales cultivos a nivel mundial, su importancia radica en que es una hortaliza y condimento muy cotizado, conocido y consumido mundialmente (Laborde y Pozo, 1984), además de que su producción es de suma relevancia, según datos de la FAO (2015) la producción mundial de chile fue de 28,405,270 toneladas; la producción de chiles frescos constituye el 92% del total. China produce el 54% del total mundial de chiles frescos, seguido por México con 6.5% y una producción neta de más de 2,700,000 toneladas, además México ocupa el primer lugar en exportaciones a países como Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania (SAGARPA, 2015), sin embargo, cada día es más difícil cubrir las crecientes y aceleradas demandas del mercado, por lo que se precisan materiales innovadores y más rendidores por unidad de superficie y sobre todo que se adapten a condiciones de ambiente controlado para mejorar su calidad y rendimiento, por lo cual es importante modificarlos genéticamente con el fin de avanzar en el desarrollo de nuevos cultivares para su producción intensiva en invernadero, y lograr el máximo potencial de rendimiento y calidad. Esta especie representa un recurso valioso debido a la gran diversidad que existe, sin embargo, el chile ha sido pobremente estudiado tanto genética como molecularmente, comparado con otros cultivos (Kochieva y Ryzhova, 2003) a pesar de que México es el centro de origen de *Capsicum annum* y es por ello que posee una amplia diversidad de chiles, que oscila entre 50 tipos diferentes y que varían mucho entre sí, por lo que se le considera como la especie que presenta mayor variabilidad de ejemplares cultivados, además tiene amplia diversidad de formas, tamaños, colores, rangos de maduración y grado de pungencia (Valadez, 1998), lo cual constituye un excelente recurso para su mejoramiento genético (Laborde y Pozo, 1984). La hibridación como método de mejoramiento genético puede ser útil en la obtención de variedades de alto rendimiento y calidad de fruto, aprovechando la capacidad combinatoria y heterosis en el cruzamiento de progenitores (Pérez-Grajales, 2009).

En el cultivo de chile (*Capsicum annum*), la variabilidad genética es amplia y los recursos genéticos relacionados con el género *Capsicum* son muy importantes y adquieren gran relevancia por el potencial genético que este cultivar presenta (Bosland, 1994). Esto lo aprovechan los mejoradores como base para iniciar programas de mejoramiento y así obtener variedades o híbridos sobresalientes. La explotación de la heterosis se ha reconocido como una herramienta práctica que provee a los mejoradores de un medio para incrementar el rendimiento u otros caracteres económicos importantes, en chile se ha explotado la heterosis para incrementar el rendimiento y otros caracteres agronómicos (Seneviratne y Kannangara, 2004) y se considera que en *Capsicum* la heterosis es alta (De Sousa y Maluf, 2003), por ello, la existencia de una amplia diversidad de este género en México, tanto en el ámbito de variantes cultivadas como semicultivadas y silvestres, mismas que pueden aprovecharse para formar híbridos locales y nacionales, ya que la semilla híbrida que se usa proviene de empresas trasnacionales a precios elevados, por ello la necesidad de trabajar en su mejoramiento genético se hace cada vez más relevante, principalmente porque no existen híbridos de chile jalapeño, mirador y/o serrano de alto rendimiento y calidad nutricional para ambientes protegidos, por ello el principal objetivo es contribuir en el desarrollo de genotipos con potencial para su producción intensiva en invernadero, que superen el rendimiento y calidad de las variedades de chile jalapeño que se cultivan actualmente, así como estimar la heterosis y heterobeltiosis de híbridos interraciales de chile. Bajo la hipótesis de que: Al menos uno de los híbridos en estudio presentara niveles altos de Heterobeltiosis para rendimiento y calidad de fruto.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen e Importancia

Capsicum es una planta angiosperma, dicotiledónea nativa de las regiones tropicales y subtropicales de América y que pertenece a la familia de las Solanáceas. El género Capsicum comprende 40 especies aceptadas, de las casi 200 descritas, de las cuales *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. pubescens* y *C. baccatum* son domesticadas (Hernández et al., 1999), son herbáceas o arbustivas, generalmente anuales, aunque las especies cultivadas se han convertido en perennes en condiciones favorables.

En México se distribuye una gran variedad de acervos genéticos silvestres y cultivados de chile (*Capsicum annuum* L. y *C. frutescens* L.), que se distinguen por una gran variabilidad de formas, tamaños y coloración de frutos, picor y características fisiológicas y morfológicas de planta, hojas y flores (Aguilar et al., 2010). Estos acervos han sido utilizados desde la época precolombina (Perry y Flannery, 2007; Long, 2010; Powis et al., 2013). Además, esa diversidad de chiles continúa su evolución en condición silvestre o mediante domesticación y por ello en diversas regiones se distinguen tipos morfológicos de frutos de relevancia para los consumidores y agricultores locales (Castellón-Martínez et al., 2012). Los chiles silvestres y variedades autóctonas tienen alta preferencia regional y se preservan gracias a la demanda de sus consumidores, y en el caso de las variantes cultivadas es gracias al cuidado de los agricultores.

### Rendimientos

El cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos más importantes en México por su alto consumo de su población, por el valor de su producción y por la alta demanda de mano de obra que genera. Se cultiva en casi todos los estados de la república, desde altitudes a nivel del mar a los 2500 msnm. En el 2013 la superficie cosechada de *Capsicum annuum* fue de 143,975 ha. con un rendimiento promedio de 16.22 ton ha<sup>-1</sup> en chile jalapeño. En 2014 destacaron Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas como principales productores del cultivo con más de la mitad del volumen nacional en su conjunto. Sinaloa, un estado con alto

grado de tecnificación, registró una cosecha de 40 t·ha<sup>-1</sup>, Chihuahua, 20 ton ha<sup>-1</sup>, mientras que Zacatecas, el Estado de mayor superficie sembrada reportó 7 ton·ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2013-2014). Sin embargo en algunos trabajos de investigación se ha logrado incrementar este rendimiento, gracias al uso de la agricultura protegida en interacción con una fertilización adecuada, como lo indica Macías (2012) quien menciona que la mayor producción y calidad de chile jalapeño se obtuvo con uso de gallinaza + 80N, el cual presentó un rendimiento de 65.2 t ha<sup>-1</sup>, en comparación con 43.3, 17.2 y 16.2 t ha<sup>-1</sup> obtenidos con las siguientes fórmulas de fertilización; 150N-150P, 5 t ha<sup>-1</sup> de estiércol y testigo, respectivamente.

Mientras que el chile Mirador es un recurso valioso de gran importancia económica y social en la región de El Mirador, Chicontepec, Veracruz, México, además de tener un excelente sabor y la característica de no irritar el estómago, debido a que tiene una pungencia intermedia. Sin embargo, su producción se ve limitada debido a que en la etapa fenológica de floración se presenta un alto porcentaje de caída de flor (Ramírez et al., 2010), por lo que dichos investigadores aplicaron algunos biorreguladores para mejorar algunas características fisiológicas y bioquímicas logrando rendimientos promedio que van de 350 a 500 gramos por planta.

El rendimiento de chile pimiento (*Capsicum annum* L.) en invernadero en México es 80 t ha<sup>-1</sup> con densidades de 9 a 10 plantas·m<sup>-2</sup> (Maroto, 1989). En Italia, manejan un promedio de 41.5 t ha<sup>-1</sup> cuando se cosecha el fruto verde, y 36.3 t ha<sup>-1</sup> cuando se cosecha maduro (Miccolis et al., 1999). En Israel, el rendimiento medio es 16 kg m<sup>-2</sup> (Bart Tal et al., 2000). En Alemania el rendimiento fue 17 kg m<sup>-2</sup> (Paschold y Zengerle, 2000) bajo cultivo en invernadero, concluyendo que la tecnología de producción en invernadero ha incrementado el rendimiento por unidad de superficie.

### **Producción en Invernadero**

En México, la producción de hortalizas en invernadero se localiza en zonas desérticas del norte y en el centro del país, donde la escasez de agua limita la

agricultura de riego, cultivándose principalmente tomate, pimiento y pepino. La superficie cultivada en invernadero se incrementó de 350 ha en 1997 (Steta, 1999) a 748 en 2001 (AMPHI, 2001). En el año 2004 existían 2,545 hectáreas operando y 669 hectáreas en construcción (Guantes J., 2006). Sin embargo para el 2014 se tenían 23482.9 ha de agricultura protegida (SAGARPA, 2016). Esto se explica por la demanda de productos hortícolas de buena calidad de Estados Unidos, Canadá y el Norte de Europa, principalmente durante los meses de invierno, cuando las condiciones de luz y temperatura limitan la producción agrícola en esos países. La tecnología utilizada en la producción y los diferentes tipos de estructura de invernaderos son importados de Israel, España, Canadá y Holanda (Steta, 1999).

### **Mejoramiento Genético De Las Plantas**

El Fitomejoramiento, en un sentido amplio, es el arte y la ciencia de alterar o modificar la herencia de las plantas para obtener cultivares (variedades o híbridos) mejorados genéticamente, adaptados a condiciones específicas, de mayores rendimientos económicos y de mejor calidad que las variedades nativas o criollas. En otras palabras, el fitomejoramiento busca crear plantas cuyo patrimonio hereditario esté de acuerdo con las condiciones, necesidades y recursos de los productores rurales, de la industria y de los consumidores, o sea de todos aquellos que producen, transforman y consumen productos vegetales (Vallejo, 2002)

### **Heterosis y Heterobeltiosis**

La heterosis, sinónimo de vigor híbrido, es la manifestación de la superioridad en el comportamiento de la F1 respecto a la media de los padres (Goldman, 1999) y la heterobeltiosis es la superioridad del híbrido sobre el mejor progenitor (Fonseca y Patterson, 1968).

La Heterosis es la expresión de un carácter en la progenie más allá de los límites de expresión manifestada en sus progenitores que tiene origen en los efectos genéticos, principalmente de dominancia y en la diferencia genotípica de

frecuencias génicas (Falconer, 1996). La Heterosis ha sido ampliamente utilizada en programas de mejoramiento de muchos cultivos para la identificación de poblaciones genéticamente divergentes, como base para el desarrollo de líneas endogámicas a ser usadas en cruzamientos F1 (Hallauer y Miranda, 1988), mientras que la heterobeltiosis se refiere al fenómeno en el que el híbrido F1, obtenido por el cruce de dos padres genéticamente distintos, muestra superioridad sobre el mejor padre en uno o una combinación de caracteres.

Diversos investigadores han reportado efectos de heterosis alta en *Capsicum* spp., para largo y diámetro de fruto, número de semillas por fruto, rendimiento y contenido de capsicina (De Souza y Maluf, 2003; Seneviratne y Kannangara, 2004), rendimiento y calidad de frutos (Milerue y Nikornpun, 2000; Pérez-Grajales et al., 2009), peso de semilla por fruto, peso de 100 semillas, número de frutos por plantas (Mishra et al., 1989), contenidos de Vitamina C y capsaicinoides en diferentes grados de madurez de fruto (Cruz-Perez et al., 2007), materia seca de fruto por planta, incidencia de *Xanthomonas* (Blank y Maluf, 1997; De Souza y Maluf, 2003) y para contenido de capsicina (Zewdie et al., 2000; Zwedie y Bosland, 2000). La mayoría de esos estudios se han realizado en *C. annuum*, y en pocas investigaciones se ha determinado la magnitud de heterosis en otras especies, como *C. chinense* y *C. pubescens*.

### **Aptitud Combinatoria**

La aptitud combinatoria es la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, medida por medio de su progenie (Márquez, 1988). La aptitud combinatoria general (ACG) es el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas y la aptitud combinatoria específica (ACE) es la desviación de una cruce respecto al comportamiento promedio de los padres (Sprague y Tatum, 1942). Ambas son útiles para seleccionar progenitores e híbridos.

## **Cruzas Dialélicas**

Las cruzas dialélicas han sido usadas para investigar la herencia de importantes características, específicamente, las cruzas dialélicas fueron diseñadas para investigar la aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores y para identificar los progenitores superiores a ser usados en el desarrollo de híbridos y cultivares (Yan y Hunt, 2002). Según Sprague y Tatum (1942), la ACG corresponde al comportamiento promedio de una línea en diversas combinaciones híbridas y la aptitud combinatoria específica (ACE) a las combinaciones con respecto a la ACG de sus progenitores. Se denominan cruzas dialélicas a las cruzas simples que pueden lograrse entre los elementos de un conjunto de líneas progenitoras y para su estudio existen varios diseños de análisis dialélico, que permiten conocer los efectos de ACG y ACE, pero el más utilizado es el de Griffing (1956 a, b), en sus cuatro métodos: 1) progenitores y sus cruzas F1 directas y recíprocas, 2) progenitores y cruzas F1 directas, 3) cruzas F1 directas y recíprocas y 4) cruzas F1 directas. Lo cual es de gran importancia para la toma de decisiones en programas de mejoramiento genético, ya que si la aptitud combinatoria específica es más importante que la aptitud combinatoria general, la formación de híbridos será más promisorio, debido a que es posible aprovechar los efectos de dominancia (Camposeco et al., 2015).

## **Hibridaciones**

La hibridación es una estrategia genotécnica de uso común en el mejoramiento genético de chiles, tanto para mejorar rasgos agronómicos como aspectos de calidad de fruto, vida de anaquel y metabolitos secundarios como capsaicinoides, flavonoides y ácido ascórbico. Las variantes más utilizadas son los cruzamientos inter o intraespecíficos (Zewdie y Bosland, 2000; Zewdie y Bosland, 2001). En todos los casos se busca explotar la divergencia genética parental para aprovechar la heterosis resultante (Krishnamurthy et al., 2013). Mediante el método de hibridación se pueden combinar las mejores características de las variedades progenitoras en una línea pura que se reproduzca idéntica a sí misma. En este método las variedades progenitoras se polinizan por cruzamiento

artificial. La técnica del cruzamiento consiste en la remoción de las anteras antes de que el polen se derrame y sea diseminado, colectando polen viable del progenitor masculino y llevándolo al estigma de la planta emasculada. Los procedimientos exactos para la emasculación y recolección de polen varían según la especie, requiriéndose por lo tanto un absoluto conocimiento de los hábitos de floración de la especie con que se trabaja (Poehlman-Sleper, 2003)

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (25°21'19" latitud norte, 101°01'48" longitud oeste, a una altura de 1779 msnm, en Buenavista Saltillo, Coahuila. (Servicio Meteorológico Nacional 2014). La evaluación agronómica se realizó en los invernaderos de la Universidad, tipo multitúnel con ventilación cenital fija, cubierta plástica, de acuerdo a la norma NMX-E-255-CNCP-2008, los cuales cuentan con extractores, calefactores, estación meteorológica, pared húmeda y control de temperatura, registrando mínimas de 18°C y máximas de 36°C y una Humedad relativa promedio de 60%.

### Material Vegetal

**Tabla 1** Material genético utilizado como progenitores, intraraciales de *Capsicum annum*.

Progenitores	Tipo	Origen
<b>Hembras</b>		
1.- Cultivar Mitla	Jalapeño	Comercial
2.- Criollo Mirador	Mirador	Criollo, Veracruz
3.- Tampiqueño 74	Serrano	Comercial
<b>Machos</b>		
4.- UANOg	Pimiento Naranja	Selección
5.- UANRd	Pimiento rojo	Selección
6.- UANShw	Pimiento verde	Selección
7.- UANYw	Pimiento amarillo	Selección
8.- UANCn (Capistrano)	Pimiento verde	Comercial

### Formación de los híbridos

Para la formación de los híbridos, los progenitores se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, usando como medio de germinación peat moss y perlita en una proporción 80:20 respectivamente. A los 45 días después de la

siembra se realizó el trasplante en camas con acolchado plástico negro de 25 cm de altura y una separación de 1.60 m entre camas y 30 cm entre plantas. A las plantas recién establecidas les fue aplicado riego por goteo de 0.75 L·planta-1·día-1, con un incremento paulatino hasta llegar a 3.5 L·planta-1·día-1, aplicando además solución Steiner en el agua de riego a lo largo del ciclo de cultivo.

En el inicio de la floración (Febrero de 2015) se realizaron las cruza planta a planta de forma manual, realizándose emasculaciones y posteriormente las flores fueron polinizadas diariamente a fin de obtener la mayor cantidad de semilla de cada cruza, las polinizaciones se realizaron de las 7:00 a 10:00 h y cada flor polinizada fue etiquetada indicando los progenitores utilizados. Cuando los frutos resultantes de las cruza alcanzaron su madurez fisiológica, se cortaron y almacenaron por 10 a 15 días a la sombra y a temperatura ambiente con el objetivo de favorecer y obtener la madurez completa de las semillas, luego se procedió a la extracción de las mismas. Las semillas fueron secadas a la sombra a temperatura ambiente por 10 días y posteriormente conservadas en sobres de papel estraza hasta su siembra.

### **Establecimiento en campo y manejo del cultivo**

La semilla híbrida resultante y la de los progenitores se sembraron en agosto de 2015 en un invernadero del Departamento de Horticultura, fueron sembradas de la misma forma que en el primer ciclo y cuando las plántulas tuvieron 12 cm de altura y 50 días después de la siembra, las plántulas fueron establecidas en camas elevadas de 25 cm y de 1.60 m de ancho, con acolchado plástico de color negro y riego por goteo. Se establecieron a doble hilera en forma de tresbolillo con 40 cm entre plantas, resultando una densidad de 41,665 plantas ha<sup>-1</sup>. El trabajo fue establecido bajo un diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones. Cada parcela experimental fue constituida por 10 plantas y como parcela útil 3 plantas con competencia completa, se tomaron las plantas del centro para reducir el efecto de orilla. Al cultivo se le realizaron riegos cada tercer o cuarto día dependiendo de las necesidades del cultivo, aplicaciones foliares para corregir deficiencias por algún elemento, podas, tutores, fertilizaciones y

para la prevención y control de plagas se usaron imidaclopid 30.7%, metomilo 54%, tiocyclam 49.5 para mosca blanca, paratrioza y trips, y para prevenir las enfermedades se aplicó mancozeb + metalaxil +cloratonil 32.1%, tecto 60 23.34%, estos productos se aplicaron mensualmente, para evitar la resistencia de plagas y enfermedades a los productos químicos.

### **Mediciones de precocidad, calidad, rendimiento de fruto y sus componentes**

La cosecha de los progenitores e híbridos inicio a los 88 días después del trasplante realizando hasta 17 en los genotipos más rendidores, con una separación de diez días entre cortes. Para estimar el rendimiento total de fruto (RTF) se pesaron en una balanza electrónica marca VELAB con capacidad de 1 kg y una precisión de 0.001kg y se sumó el peso de fruto obtenido a lo largo del ciclo del cultivo. El número de frutos por planta (NFP) fue estimado mediante el conteo de todos los frutos cosechados a lo largo del ciclo de producción y dividido entre el número de plantas cosechadas, mientras que el peso promedio de fruto (PPF) se estimó dividiendo el peso total de fruto entre el número de frutos cosechados.

Las variables de calidad del fruto fueron determinadas en el laboratorio de Nutrición Vegetal y Cultivo de Tejidos del Departamento de Horticultura de la UAAAN. La cantidad de vitamina C (VitC) en los frutos de los progenitores e híbridos F1, fue estimada mediante la metodología de la AOAC (2000) por medio de titulación al cambio de color

Para la cuantificación de los carotenos totales (CT), se utilizó la técnica descrita por Silverstein y Webster (1998), este método se hace por el método colorimétrico, con un espectrofotómetro (Genesys 10S UV-Vis marca Thermo Scientific) el cual fue ajustado a una longitud de onda de 454nm para cuantificar la absorbancia de las muestras analizadas, las cuales se leyeron por triplicado y el contenido se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{mg/100 gr} = \frac{\% \text{ABS } 454 * 3.85 * V * 100}{P}$$

P

Donde:

%Abs454 = Porcentaje de absorbancia a 454nm

V= Volumen medido en la probeta

P= Peso de la muestra en gramos

La cuantificación del contenido de capsaicina (CAPs) fue determinada en frutos de chile en la etapa de madurez fisiológica por el método descrito por Bennett y Kirby (1968), la cuantificación fue realizada mediante un espectrofotómetro (Bio-145025 BIOMATE-5 Thermo Electron Corporation) a una longitud de onda de 286 nm, ya que en ésta absorbancia la capsaicina está en su fase orgánica. Para determinar la concentración de capsaicina en las muestras se construyó, una curva de calibración de este antioxidante (Sigma, Co.) dentro de un rango de 0 a 0.40 mg ml<sup>-1</sup>. Las lecturas se realizaron por triplicado para cada muestra y el contenido de capsaicina se expresó en unidades Scoville (SHU).

Para la estimación de las variables días a floración (DAF) y días a cosecha (DAC) se contabilizaron los días transcurridos desde que se trasplantaron los genotipos hasta el día en que se presentó la primera florescencia de cada planta así mismo hasta el día en que se cosecharon los primeros frutos. Mientras que para la variable de altura de planta (ADP) se midió cada quince días el progreso del crecimiento de las plantas con una cinta métrica, tomada desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, al igual que la variable diámetro basal de tallo (DBT) fue medido quincenalmente con un vernier digital marca Autotec tratando siempre de medirlo lo más cercano al suelo posible. El largo y ancho de hoja (LDH Y ADH) se midieron con una cinta métrica, tomando al azar cuatro hojas por planta, todas con una orientación Noreste y de la parte media-alta de la planta, los datos se reportaron en cm.

**Análisis Estadístico**

El análisis de los datos se realizó por medio del programa SAS versión 9.1, con una prueba de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) y para la estimación de Heterosis se consideró como el promedio de una cruce en relación con el promedio de sus progenitores, expresada en términos porcentuales y la Heterobeltiosis se estimó como la superioridad del híbrido sobre el mejor progenitor (Fonseca y Patterson, 1968).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento y componentes del rendimiento

Los análisis de varianza aplicado a progenitores e híbridos exhibieron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre híbridos y progenitores en RTF, NFP y PPF (cuadro 2), lo que sugiere la existencia de variabilidad genética de utilidad para desarrollar variedades superiores en Chile.

Tabla 2 Cuadrados medios de los genotipos en estudio para las variables de rendimiento y sus componentes

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Cuadrados medios		
		RTF	NFP	PPF
Genotipo	16	354.81**	26.52**	17.04**
Repetición	2	29.73	0.866	0.05
Error	32	41.73	1.67	0.19
CV (%)		13.81	15.99	6.74

RTF= Rendimiento Total del Fruto; NFP=Numero de frutos por planta; PPF= Peso promedio de fruto CV=Coeficiente de Variación.

La comparación de medias (cuadro 3) muestra que el híbrido 1x5 fue el que presentó el mayor rendimiento por planta con 3,584.60 Kg pl<sup>-1</sup>, aunque fue estadísticamente igual al resto de los híbridos estudiados, de éstos el que presentó el menor RTF fue el híbrido 1x7 con un rendimiento de 1,980.40. El híbrido 1x5 y 2x6, fueron estadísticamente superiores a todos los progenitores estudiados en éste trabajo, resultando genotipos prometedores para el desarrollo de variedades de Chile jalapeño y mirador para su producción en invernadero. Ya que el híbrido 1x5 supero en 333.5% a los progenitores hembras y en 159.3% a los progenitores macho. Los resultados obtenidos permiten inferir que la combinación adecuada de genes, permitió incrementar el rendimiento de forma significativa, ya que hubo la expresión de vigor híbrido en las progenies obtenidas y estudiadas, además que los híbridos visualmente son más grandes que sus progenitores hembra (figura 1,2,3) lo que repercutió directamente en el

rendimiento de las plantas. En este sentido Martínez (2010) menciona que el comportamiento sobresaliente del rendimiento y sus componentes, es debido a que las plantas fueron estudiadas bajo condiciones de invernadero y estas condiciones favorecieron la expresión de los genes relacionados con el rendimiento de fruto, coincidiendo con Duarte (2012) quien logro la mayor producción y calidad de jalapeño variedad Mitla, al usar gallinaza + 80N en invernadero, logrando un rendimiento de 65.2 t ha<sup>-1</sup>, muy por encima de los rendimientos promedios de chile verde bajo condiciones de campo abierto teniendo que es de 17.48 t ha<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2013).

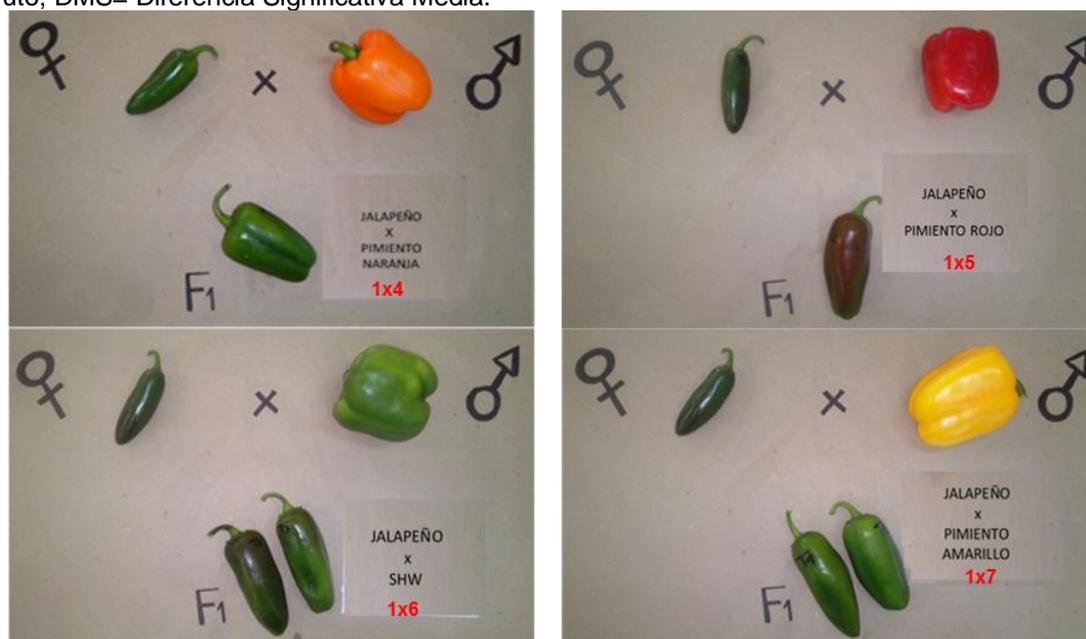
El cuadro 3 muestra que el híbrido 2x6 presentó la mayor cantidad de NFP con un total de 120.61, el cual fue estadísticamente superior a los progenitores hembras, machos, sin embargo fue estadísticamente igual al resto de los híbridos, el híbrido 2x6 superó en 104 % la media de producción de fruto a los progenitores hembra y en 725% a los progenitores macho, por lo tanto este híbrido se confirma como uno de los más prometedores para el desarrollo de una variedad de *Capsicum annum* para producción en invernadero. Tanto el híbrido 1x5 como el 2x6, igualmente coinciden con el mayor NFP y ADP, lo cual indica que el mayor desarrollo de la planta indujo mayor desarrollo de yemas reproductivas y por lo tanto mayor RTF.

Para la variable PPF se encontró que los progenitores macho presentaron los mayores valores, todos fueron estadísticamente iguales excepto el UANCn, superando estadísticamente a los progenitores hembra y a los híbridos, estos últimos tuvieron un peso promedio similar a los progenitores hembra. Los PPF de progenitores hembra oscilan entre 9.29 y 19.66 gr mientras que los progenitores macho fluctúan entre 86.44 y 105.62 gr y los híbridos tienen pesos que van desde 25.27 a 38.14 gr lo cual se atribuye a una recombinación de genes entre las poblaciones parentales.

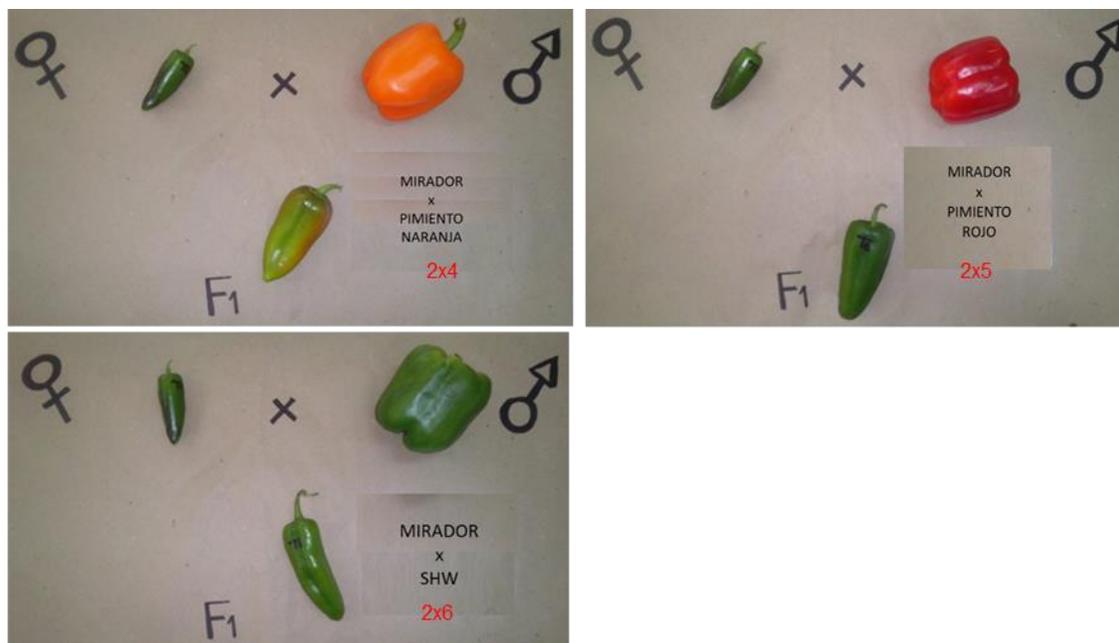
**Tabla 3** Medias de los genotipos en estudio para las variables de rendimiento y sus componentes

GENOTIPOS	RTF	NFP	PPF
1. Mitla	1,098.20bc	56.94abcd	19.66de
2. Mirador	551.00c	50.67bcd	9.29e
3. Tampiqueño	831.50c	69.72abcd	12.05e
4. UANOg	1,664.30bc	17.56cd	94.44ab
5. UANRd	1,482.80bc	18.78cd	86.44b
6. UANShw	1,243.10bc	12.11d	105.18ab
7. UANYw	1,293.50bc	13.00d	98.65ab
8. UANCn	1,227.20bc	11.56d	105.62a
Híbridos			
1X4	2,586.70abc	71.25abcd	37.37cd
1x5	3,584.60a	93.72ab	38.14c
1x6	2,991.80ab	117.92ab	26.64cde
1x7	1,980.40abc	52.08bcd	37.21cd
2x4	2,764.40abc	111.42ab	25.35cde
2x5	2,828.70abc	91.75abc	30.44cde
2x6	3,247.50a	120.61a	27.77cde
3x4	2,633.00abc	98.29ab	26.95cde
3x8	2,781.50abc	110.16ab	25.27cde
DSM	2349,8	89,32	18,780

RTF= Rendimiento Total del Fruto; NFP=Numero de frutos por planta; PPF= Peso promedio de fruto; DMS= Diferencia Significativa Media.



**Figura 1** Híbridos formados de la cruce de Jalapeño variedad Mitla con diferentes tipos de pimientos



**Figura 2** Híbridos formados de la cruce de chile Mirador con diferentes tipos de pimientos



**Figura 3** Híbridos formados de la cruce de chiles serranos con diversos tipos de pimientos

### Días a Floración

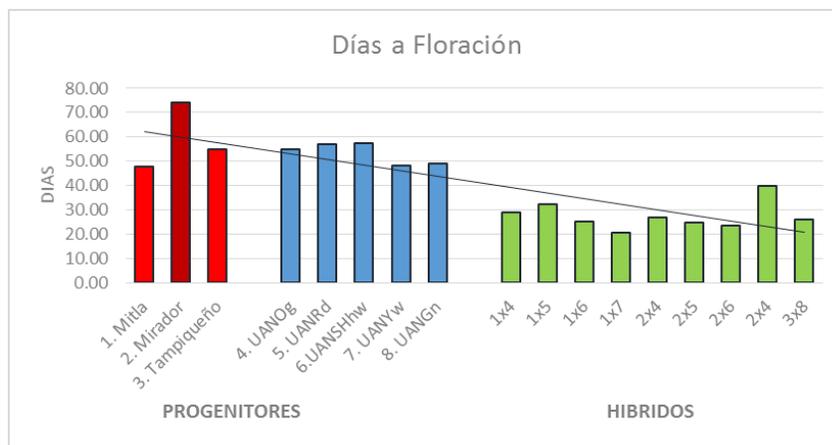
El cuadro 4 muestra que en la variable DAF se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre genotipos, donde los progenitores fueron estadísticamente más tardíos que los híbridos, los progenitores presentaron un promedio de 55.4 días a floración, mientras que los híbridos en promedio 27.51, por lo tanto los híbridos presentaron una tendencia de disminución de un 50.34% siendo más precoces que los progenitores (figura 4). Mientras que el híbrido 1x7 fue el que presentó mayor precocidad, llegando a la floración a los 20.58 días después del trasplante, adelantándose en 27.17 días respecto a su progenitor

más precoz. Esta característica es de suma relevancia ya que dicha característica está relacionada con una producción temprana de fruto, además de que en la producción en invernadero reducen significativamente los costos a inicio de cosecha, proporcionando además cosechas más tempranas que pueden competir mejor el mercado. De los progenitores macho el pimiento UANYw fue el que presentó la mayor precocidad a inicio de floración el cual fue cruzado con el progenitor hembra Mitla, que fue el más precoz de todos los progenitores, por lo tanto se infiere que heredaron dicha característica a su F<sub>1</sub>. El progenitor hembra más tardío fue el Mirador alcanzando su primera floración a los 74.19 días mientras que el progenitor macho más tardío fue el UANShw llegando a la floración a los 57.5 días después del trasplante, lo anteriormente citado muestra la gran variabilidad, respecto a ésta característica, contrastando con lo observado por Montaña y Belisario (2012) quien encontró que el genotipo más precoz inició la floración a los 27 días mientras que el más tardío a los 35 días. Sin embargo la información obtenida en el presente trabajo coincide más con lo reportado por Hernández-Pérez *et al.*, (2011) ya que ellos reportan que sus cultivares iniciaron la floración en promedio a los 52.4 días después del trasplante. La precocidad conseguida en los híbridos tienen como principales ventajas adelantar cosechas, así como evadir algunas plagas y/o enfermedades ya que algunas plagas y enfermedades son más severas ciertas épocas del año, logrando con ello menos aplicación de insecticidas y lograr mayores cosechas de mayor calidad.

**Tabla 4** Cuadrados medios de los genotipos en estudio para las variables de precocidad y altura.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios		
		DAF	DAC	ADP
Genotipo	16	770.71**	991.84**	6267.30**
Repetición	2	43.73	21.70	623.25
Error	32	112.94	249.4	810.42
CV (%)		26.12	12.5	21.39

DAF=Días a floración; DAC=Días a cosecha; ADP=Altura de planta; CV=Coeficiente de Variación



**Figura 4** Tendencia de la reducción en días de floración de los híbridos respecto a sus progenitores.

### Días a Cosecha

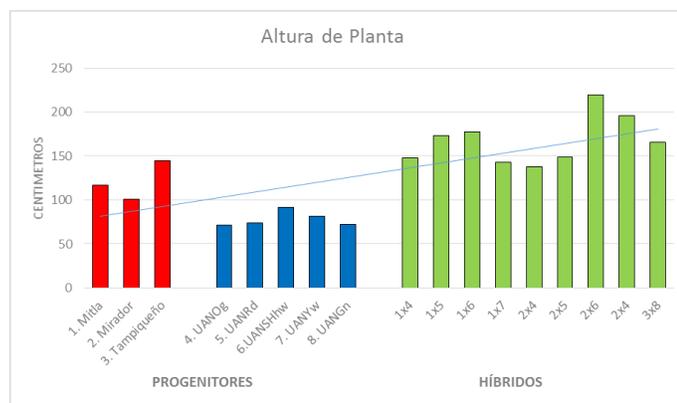
El cuadro 4 muestra que en la variable DAC se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre genotipos. Se encontró que el progenitor UANRd fue el más tardío, aunque fue estadísticamente igual a cuatro progenitores más y tres híbridos, en un segundo grupo quedaron siete progenitores y ocho híbridos, que fueron estadísticamente iguales, mientras que en un tercer grupo quedó el híbrido 2x5, aunque este fue estadísticamente igual a cinco progenitores y ocho híbridos (Cuadro 5). Los progenitores presentaron en promedio 133.94 días a cosecha mientras que los híbridos 116.72 días, donde el híbrido 2x5, fue el más precoz, ya que a los 88.5 días después del trasplante se inició la cosecha en éste híbrido y en sus progenitores hembra y macho a los 138 y 173.5 días, respectivamente. En los progenitores se observó una diferencia de 57 días entre el genotipo más precoz y el más tardío, mientras que en los híbridos fue de 44 días, que es una diferencia de 13 días, lo antes citado muestra que son rangos muy amplios entre los genotipos estudiados. Difiriendo con lo descrito por Montañó y Belisario (2012) quienes iniciaron la cosecha a los 75 días después del trasplante, mientras que en esta investigación la primer cosecha fue a los 88.5 para el híbrido más precoz y de 132.92 para el más tardío, mientras que la cosecha del progenitor más precoz fue a los 116.5 y del más tardío a los 173.5 días, esto se atribuye a que el cultivo fue sembrado en el periodo otoño-invierno en que las temperaturas

se mantuvieron bajas, retardando el crecimiento del cultivo, y en éste periodo la radiación solar también fue baja, en algunos días nula y esto retraso por más el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas, en este sentido, se indica que a temperaturas inferiores a 15 °C inhiben el crecimiento vegetativo, mientras que las temperaturas optimas en el día son 20 a 25 °C y las nocturnas de 16 a 18 °C, con (Pilatti *et al.*, 1991). En un estudio con chile pimienta en hidroponía Moreno-Pérez *et al.*, (2011) tuvieron la primer cosecha del pimienta más precoz a los 91 días después del trasplante y el más tardío a los 117 días, valores por debajo de los encontrados en esta investigación.

### **Altura de Planta**

En lo referente a esta variable encontramos diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los genotipos estudiados, a diferencia de las variables anteriores aquí podemos observar en figura 5 una tendencia positiva a favor de los híbridos lo que significa que tuvieron una altura mayor en comparación con sus progenitores. Estas diferencias son consecuencia de la variabilidad presente entre las poblaciones de machos y hembras bajo estudio, además es posible inferir que en las poblaciones bajo estudio hay divergencia genética, las cuales permitieron generar híbridos fenotípicamente diferentes, coincidiendo con lo señalado por De la Cruz *et al.* (2005); Wong *et al.* (2007) y Guerrero *et al.* (2011) quienes identificaron híbridos en maíz con mayor altura y alto rendimiento, con alta variabilidad genética presente en los progenitores estudiados además Martínez (2010) nos dice que la diferencia entre alturas de la planta se debe a que en condiciones de cultivo en invernadero existe un mayor control en los factores ambientales y manejo del cultivo que influye en el crecimiento y desarrollo. La comparación de medias nos muestra que todos los híbridos formados son superiores en altura a sus progenitores (macho y hembra) lo cual resulta conveniente ya que eso repercutió en el rendimiento de la planta puesto que había mayor área foliar y por lo tanto mayor acumulación de reservas que permitieron una alta productividad, lo que resulta muy provechoso puesto que nuestros híbridos no presentaron ningún estrés que repercutiera en su

crecimiento por lo que podemos concluir que dichos híbridos se adaptan bien a condiciones de invernadero.



**Figura 5** Tendencia de altura de planta de los híbridos respecto a sus progenitores

**Tabla 5** Medias de los genotipos en estudio para las variables de precocidad y altura de planta

GENOTIPOS	DAF	DAC	ADP
1. Mitla	47.75abcde	139.08ab	116.78bcde
2. Mirador	74.19a	138.00ab	100.44cde
3. Tampiqueño	55.08abcd	130.42abc	144.50abcde
4. UANOg	54.75abcd	120.58bc	71.58e
5. UANRd	56.88abc	173.75a	74.00e
6. UANShw	57.55ab	121.58bc	91.33cde
7. UANYw	48.00abcde	116.50bc	81.50de
8. UANCn	49.00abcde	131.61abc	72.33e
1X4	28.83bcde	123.39bc	147.75abcde
1x5	32.33bcde	124.33bc	173.31ab
1x6	25.08bcde	126.89abc	177.56abc
1x7	20.58e	106.67bc	143.00abcde
2x4	26.67bcde	112.75bc	137.89abcde
2x5	24.67cde	88.50c	148.78abcde
2x6	23.67de	103.92bc	219.17a
3x4	39.63bcde	132.92abc	195.75ab
3x8	26.10bcde	131.15abc	165.95abcd
<b>DSM</b>	<b>32,516</b>	<b>48,324</b>	<b>87,10</b>

DAF=Días a floración; DAC=Días a cosecha; ADP=Altura de planta; DMS= Diferencia Significativa Media.

### Diámetro de tallo

Para esta variable encontramos diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre genotipos (cuadro 6), mientras que la comparación de medias nos muestra que los híbridos tuvieron un diámetro basal más grueso que sus progenitores, esto es de suma importancia puesto que es a través del tallo donde se transporta agua y nutrientes de las raíces a la parte aérea, además de que mantienen la estabilidad de la planta. Podemos observar que esta variable está relacionada con la altura de la planta puesto que los genotipos más altos tuvieron a su vez los diámetros más gruesos y es el híbrido 3x4 y 2x6 los que sobresalen estadísticamente con 30.21 y 30.03 mm respectivamente. El diámetro del tallo es un indicativo de cambios fisiológicos debido a las interacciones celulares entre dos genotipos (Kokalis-Burelle et al., 2009); sin embargo, los cambios en el diámetro dependen del genotipo y no siempre se correlaciona con una disminución en la producción (Cürük et al., 2009; Kokalis-Burelle et al., 2009).

**Tabla 6** Cuadros medios de los genotipos en estudio para las variables agronómicas.

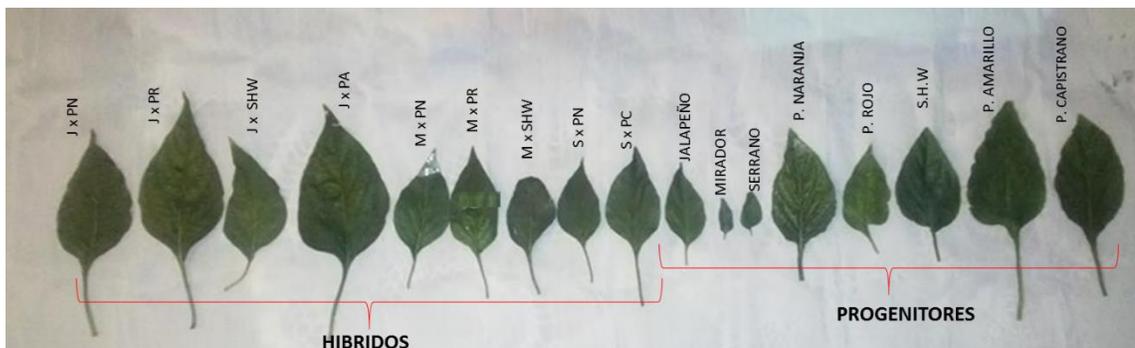
Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadros Medios		
		DBT	LDH	ADH
GENOTIPO	16	40.69**	20.80**	7.50**
REPETICION	2	6.02	0.54	0.03
Error	32	5.21	2.07	0.63
CV (%)		9.23	13.60	15.01

DBT=Diámetro Basal de Tallo; LDH=Largo de Hoja; ADH=Ancho de Hoja. CV=Coeficiente de Variación,

### Largo y Ancho de Hoja

En lo que se refiere a las variables LDH y ADH podemos observar en el cuadro 6 que hay diferencias significativas, mientras que la comparación de medias (cuadro 7) nos indica que es el híbrido 1x7 el que sobresale estadísticamente para ambas variables logrando así mejor desarrollo de las plantas esto debido a que hubo mayor capacidad de fotosíntesis la cual repercutió en crecimiento y

rendimiento de las mismas. Podemos observar en la figura 6 que todos los híbridos formados superaron en tamaño de hoja a su progenitor materno y tuvieron follaje muy parecido a su progenitor paterno en algunos casos superándolo.



**Figura 6** Hojas de Híbridos y Progenitores

**Tabla 7** Medias de los genotipos en estudio para las variables agronómicas.

GENOTIPOS	DBT	LDH	ADH
1. Mitla	21.69 cd	9.07 cde	4.13 efg
2. Mirador	15.89 d	5.19 e	2.36 g
3. Tampiqueño	21.00 cd	6.20 de	2.86 fg
4. UANOG	20.91 cd	11.27 abc	6.40 abcde
5. UANRd	23.32 abc	9.77 cd	4.43 defg
6. UANShw	27.04 abc	12.66 abc	6.93 abc
7. UANYw	26.09 abc	13.30 abc	7.32 a
8. UANGn	25.65 abc	12.50 abc	6.72 abcd
1X4	25.69 abc	12.79 abc	6.54 abcde
1x5	26.44 abc	14.31 ab	7.29 ab
1x6	28.98 ab	10.40 bcd	4.87bcdef
1x7	26.01 abc	14.88 a	7.49 a
2x4	22.06 bcd	9.36 cde	4.41 defg
2x5	23.67 abc	9.32 cde	4.32 defg
2x6	30.03 a	9.31 cde	4.66 cdefg
3x4	30.21 a	10.42 bcd	5.09 abcdef
3x8	25.81 abc	9.25 cde	4.48 defg
<b>DSM</b>	<b>6.98</b>	<b>4.41</b>	<b>2.44</b>

DBT=Diámetro Basal de Tallo; LDH=Largo de Hoja; ADH=Ancho de Hoja; DSM=Diferencia significativa mínima

### Calidad nutracéutica

Algunas características de mucho interés en las hortalizas, son los compuestos bioquímicos que al ser consumidos repercuten en la salud humana, como es el caso del contenido de vitamina C, carotenoides totales y contenido de capsaicina. El análisis de varianza realizado a estas variables mostró diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre genotipos (cuadro 8).

**Tabla 8** Cuadrados medios de los genotipos en estudio para las variables de calidad nutracéutica

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios		
		VITC	CT	CAPs
Genotipo	16	5851.73**	19899204.5**	55552879.8**
Repetición	2	2248.96	229501.9	19037040.9
Error	32	841.90	255199.3	3583489
CV (%)		23.06	14.01	29.1623

VITC= Vitamina C; CT=Carotenos totales; CAPs=Contenido de Capsaicina.CV=Coeficiente de Variación.

Todos los progenitores macho exhibieron las mayores cantidades de VitC y fueron estadísticamente iguales, exhibieron una media de 186.812 mg/100 gr de fruto y solamente los híbridos 3x4 y 3x8 presentaron cantidades estadísticamente iguales a los progenitores macho. Los progenitores hembras Mitla y Mirador presentaron cantidades de VitC estadísticamente inferiores a los progenitores machos pero estadísticamente iguales a los híbridos estudiados. Los dos híbridos con altos contenidos de VitC podrían ser la base para incrementar éste metabolito el cual es un nutriente esencial que actúa como antioxidante para proteger las células contra los daños causados por los radicales libres, además de tener otras propiedades en la salud humana de ahí la importancia de considerarlo en las estrategias de mejoramiento genético de hortalizas para el desarrollo de productos hortícolas de mejor calidad para el consumidor. Los datos observados en relación a contenidos de VitC muestran grandes diferencias entre los progenitores maternos, paternos e híbridos, indicando la gran variabilidad en

relación a ésta variable. El cuadro 9 muestra que los progenitores paternos fueron ricos en este compuesto con rangos que van de 172.22 a 201.94 mg/100gr de fruto, siendo el progenitor UANRd el que presentó mayor valor y fue estadísticamente diferente de los progenitores maternos que oscilaron entre 55.82 y 101.27 mg/100 gr, mientras que los híbridos presentaron valores intermedios con rangos de 89.42 para el híbrido 1x6, a 129.79 mg/100gr de fruto en el 3x8 que fue el mayor observado en los híbridos respecto a este compuesto. En relación al contenido de CT, cuatro de los progenitores macho y dos de los progenitores hembras presentaron las mayores cantidades, con valores en un rango de 6,430.40 a 7,498.70 mg/100 gr, los progenitores dentro de éste rango fueron estadísticamente superiores al progenitor Mirador y a todos los híbridos estudiados. Es importante señalar que estos metabolitos actúan como antioxidantes en la salud humana. Por lo tanto en el desarrollo de nuevos híbridos es relevante el incremento de éstos pigmentos, en éste caso los híbridos formados manifestaron valores inferiores a los observados en los progenitores paternos, por lo tanto se infiere que está involucrada la herencia materna de éstos caracteres, bien a que el gen para color verde de fruto es dominante sobre el que rige el contenido de CT, por ello que no se manifestó en los híbridos, presentando éstos características similares al progenitor materno, aunque Trujillo (2014) en su investigación trabajando con chile serrano encuentra que al manejar su cultivo bajo un sistema de invernaderos más una fertilización química integral aumenta el contenido de antioxidantes. lo cual coincide con Caldari et al, (2007) que encuentran que estos antioxidantes pueden alterarse también por las características que tienen los invernaderos, lo cual podría explicar los resultados obtenidos para estas variables ya que los progenitores hembra utilizados nunca se habían cultivado dentro de un ambiente protegido y eso pudo influir en el cambio de concentración de estos compuestos.

Con respecto al contenido de CAPs, se encontró que los progenitores hembras tuvieron cantidades estadísticamente superiores a la de los progenitores macho (cuadro 9), aunque se encontraron seis híbridos que fueron estadísticamente iguales a los progenitores hembra y tres híbridos fueron estadísticamente iguales

a los progenitores macho. Mientras el contenido medio de capsaicina en los progenitores hembra fue de 11734.67 SHU, el contenido de los progenitores machos presentaron una media de 756.8 SHU, la media de los híbridos fue de 7909.11 SHU, por lo tanto se encontró que en promedio los progenitores hembra superaron en un 93 % en el contenido de capsaicina a los progenitores macho y en 32.6 % a los híbridos. Lo observado anteriormente indica que en relación a pungencia si hubo participación de ambos progenitores, aunque el híbrido 3x8, presento una pungencia similar a su progenitor femenino con un valor de 12,003 SHU, lo cual puede ser de utilidad si se quieren formar híbridos o variedades de chile jalapeño para invernadero.

**Tabla 9** Medias de los genotipos en estudio para las variables de calidad nutracéutica

<b>GENOTIPOS</b>	<b>VitC</b>	<b>CT</b>	<b>CAPs</b>
Progenitores			
1. Mitla	74.87f	6,430.40ab	11,685abc
2. Mirador	55.82f	742.80c	11,381abc
3. Tampiqueño	101.27bcdef	5,494.00b	12,138a
4. UANOg	184.60abcd	7,498.70a	939d
5. UANRd	201.94a	7,073.90a	845d
6. UANShw	187.33abc	7,477.20a	740d
7. UANYw	172.22abcde	5,055.80b	547d
8. UANGn	187.97ab	6,454.20ab	713d
Híbridos			
1X4	108.72bcdef	1,725.20c	9,375abc
1x5	109.40bcdef	1,764.80c	5,952cd
1x6	89.42ef	1,589.80c	7,385abc
1x7	96.11def	1,380.80c	6,253bcd
2x4	109.24bcdef	1,370.90c	7,785abc
2x5	110.24bcdef	1,765.40c	5,950cd
2x6	98.97cdef	2,081.70c	8,797abc
3x4	120.29abcdef	1,616.80c	7,862abc
3x8	129.79abcdef	1,761.50c	12,003ab
<b>DSM</b>	<b>88,77</b>	<b>1545,6</b>	<b>5791,7</b>

VITC= Vitamina C; CT=Carotenos totales; CAPs=Contenido de Capsaicina; DSM=Diferencia significativa media

## Heterosis

El cuadro 10 muestra que para RTF los híbridos exhibieron un rango de heterosis de 87.62 a 228.92%, lo antes citado indica que en los genotipos utilizados como progenitores presentan divergencia genética y sobretodo complementariedad génica que permite la expresión del vigor híbrido en mayores RTF, además dado que el híbrido 2x6 fue el que presentó la mayor heterosis, puede ser aprovechado para desarrollar genotipos de alto rendimiento para producción en invernadero. En la variable NFP también se encontró un rango de heterosis que fue de 65.90 a 243.07% y nuevamente fue el híbrido 2x6 el que presentó el mayor valor de heterosis, sin embargo en la variable PPF se encontró una heterosis negativa lo cual indica que los frutos fueron más semejantes a los progenitores hembra. En la variable DAF y DAC también se encontraron valores grandes y negativos, lo cual es favorable ya que en los híbridos formados se ganó en precocidad, en días a cosecha se encontró una heterosis negativa de -43.22%, indicando el híbrido 2x5 fue más precoz que la media de los dos progenitores. En la variable ADP el híbrido 2x6 manifestó una heterosis de 128.58%, éste mismo híbrido también fue el que presentó una heterosis grande y positiva en RTF y NFP. En las variables VitC y CT se encontraron valores de heterosis negativa lo cual indica que los valores de estas variables se redujeron en relación al comportamiento promedio de los progenitores involucrados en la cruce, sin embargo lo recomendable es que éstos valores sean por lo menos iguales a la media de los progenitores, por lo que dichos valores podrán ser incrementados por procesos de selección o retrocruza hacia el progenitor con los mayores valores. En contenido de CAPs el híbrido 3x8 fue el que presentó el mayor valor de heterosis con 86.80%, sin embargo el híbrido más sobresaliente en RTF presentó una heterosis de 45.15% el cual es un valor alto e indica que presenta características de pimiento en cuanto a tamaño, sin embargo tiene alto RTF, NFP, ADP, y CAPs, lo cual lo hace promisorio para el desarrollo de una variedad de Chile para condiciones de invernadero.

En fitomejoramiento se considera que el nivel deseable para el aprovechamiento de la heterosis en una cruce es de cuando menos 20 % (Vasal y Córdova, 1996),

sin embargo en el presente trabajo, la heterosis estimada en RTF y NFP, está por arriba del nivel mínimo recomendado, lo que indica que existe diversidad genética entre los progenitores, puesto que la heterosis exhibida en sus cruizas simples depende de la aptitud rendidora y de la diversidad genética de los progenitores usados (Moll et al., 1962).

Con la hibridación se busca mayor precocidad en la progenie y en este trabajo, los días a floración y días a cosecha de las primeras ramificaciones fueron indicadores de precocidad en las poblaciones evaluadas. Los valores negativos en DAF y DAC son ventajosas ya que permiten tener cosechas más tempranas, datos similares fueron obtenidos por Segura et al (2010) en el cultivo de maíz.

**Tabla 10** Valores de Heterosis para las variables en estudio

Híbridos	RTF	NFP	PPF	DAF	DAC	ADP	VITC	CT	CAPs	DBT	LDH	ADH
1X4	98.51	101.16	-35.80	-43.74	-4.96	56.88	-16.20	-75.23	48.53	20.61	25.76	24.22
1x5	188.65	161.35	-26.92	-38.19	-20.51	81.69	-20.96	-73.86	-5.00	17.49	51.91	70.33
1x6	133.54	198.99	-55.29	-52.36	-2.64	70.64	-31.79	-77.14	18.87	18.94	-4.28	-11.93
1x7	87.62	65.90	-34.34	-57.01	-16.53	44.24	-22.21	-75.96	2.24	8.87	33.04	30.83
2x4	118.18	162.73	-53.20	-58.64	-12.79	60.32	-9.13	-66.73	26.38	19.89	13.73	0.68
2x5	132.79	113.90	-38.63	-62.36	-43.22	70.58	-14.46	-54.83	-2.67	20.73	24.60	27.25
2x6	228.92	243.07	-54.53	-64.07	-19.93	128.58	-18.59	-49.35	45.15	39.90	4.31	0.32
3x4	114.38	121.67	-51.40	-27.83	5.91	81.18	-15.84	-75.11	20.24	44.17	19.29	9.94
3x8	154.75	155.64	-58.77	-49.85	0.10	53.07	-10.25	-70.51	86.80	10.65	-1.07	-6.47

RTF= Rendimiento Total del Fruto; NFP=Numero de frutos por planta; PPF= Peso promedio de fruto; DAF=Días a floración; DAC=Días a cosecha; ADP=Altura de planta; VITC= Vitamina C; CT=Carotenos totales; CAPs=Contenido de Capsaicina; DBT= Diámetro Basal del Tallo; ADH= Ancho de Hoja; LDH= Largo de Hoja.

### Heterobeltiosis

El cuadro 11 muestra que para RTF los híbridos 2x6, 1x5 y 1x6 presentaron los valores más altos de heterobeltiosis, con valores de 178.48, 146.35 y 115.19% respectivamente y estos mismos híbridos presentaron valores de 103.93, 73.85 y 82.51% para la variable NFP. Considerando éstas dos variables, todos los híbridos presentaron heterobeltiosis sin embargo los híbridos antes citados son los más prometedores para el desarrollo de variedades para producción en invernadero. En la variable DAF y DAC los valores más negativos indican que estos híbridos presentan las mayores ventajas en cuanto a precocidad

permitiendo la obtención de cosechas más tempranas. Además también se encontró heterobeltiosis alta y positiva en la variable ADP lo cual permite tener un mejor aprovechamiento del ambiente de invernadero y al menos lo que se observa en éste trabajo también éstos híbridos con los mayores valores de heterobeltiosis presentaron los mayores valores de RTF y NFP. Sin embargo en las variables relacionadas con la calidad de fruto no fue posible mejorar los contenidos de VITC, CT y CAPs ya que en todos los híbridos exhibieron negativos de heterobeltiosis.

**Tabla 11** Valores de Heterobeltiosis para las variables en estudio

Híbridos	RTF	NFP	PPF	DAF	DAC	ADP	VITC	CT	CAPs	DBT	LDH	ADH
1X4	67.20	30.26	-61.29	-39.62	2.33	26.52	-41.11	-76.99	-19.77	18.44	13.49	14.00
1x5	146.35	73.85	-55.24	-32.29	-10.61	48.41	-45.83	-75.05	-49.06	13.38	46.47	64.56
1x6	115.19	82.51	-73.52	-47.47	4.37	52.05	-52.27	-78.74	-36.80	7.17	-17.85	-29.73
1x7	74.61	1.41	-60.71	-56.89	-8.44	22.45	-44.19	-72.69	-46.49	-0.31	11.88	2.32
2x4	70.52	64.50	-73.14	-51.29	-6.49	37.29	-40.82	-81.72	-31.60	5.50	-16.95	-31.09
2x5	84.07	37.16	-64.36	-56.63	-35.87	48.13	-45.41	-75.04	-47.72	1.50	-4.61	-2.48
2x6	178.48	103.93	-74.24	-58.88	-14.53	118.21	-47.17	-58.83	-22.70	11.06	-26.46	-32.76
3x4	67.54	35.75	-72.62	-27.61	10.23	35.47	-34.84	-78.44	-35.23	43.86	-7.54	-20.47
3x8	116.75	48.12	-77.06	-46.73	0.56	14.84	-30.95	-72.71	-1.11	0.62	-26.00	-33.33

RTF= Rendimiento Total del Fruto; NFP=Numero de frutos por planta; PPF= Peso promedio de fruto; DAF=Días a floración; DAC=Días a cosecha; ADP=Altura de planta; VITC= Vitamina C; CT=Carotenos totales; CAPs=Contenido de Capsaicina; DBT= Diámetro Basal del Tallo; ADH= Ancho de Hoja; LDH= Largo de Hoja.

## CONCLUSIONES

Es posible la formación de híbridos de alto rendimiento al cruzar diferentes tipos de chiles, para producción en invernaderos de baja tecnología.

La combinación adecuada de genes permitió obtener híbridos con valores positivos y altos de heterosis, con rangos de 87,62 a 228,92% en rendimiento total de fruto y heterobeltiosis de 67,20 a 146,35%, en número de frutos por planta la heterosis tuvo un el rango de 65,9 a 243,07% y para heterobeltiosis de 1,41 a 103,93%.

En los híbridos desarrollados fue posible lograr valores negativos en heterosis y heterobeltiosis en días a floración y días a cosecha, logrando con ello tener genotipos con mayor precocidad a los progenitores.

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten inferir que es posible mejorar los rendimientos y calidad nutricional de frutos con características de los progenitores hembras, para producción en invernadero.

## REFERENCIAS

- Aguilar V. H., T. Corona, P. López, L. Latournerie, M. Ramírez, H. Villalón y J. A. Aguilar (2010) Los Chiles de México y su Distribución. SINAREFI, Colegio de Posgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL y UAN. Texcoco, México. 114 p.
- AOAC (2000). *Official methods of analysis of AOAC International* (No. C/630.240 O3/2000).
- Asociación Mexicana de Productores de Hortalizas en Invernaderos (AMPHI). 2001. Análisis agropecuario de invernaderos. (en línea) <http://www.cea.sagar.go.mx/diagro/analisis/invermx.html> (consultado el 15 de abril)
- Bar-Tal, A., M. Keinan, B. Aloni, L. Karni, Y. Oserovitz, S. Gantz, A. Hazan, M. Itach, N. Tartakovski, A. Avidan, and I. Posalski S. 2000. Relationships between blossom end rot and water availability and Ca fertilization in bell pepper fruit production. *Acta Hort.* 554: 97-103.
- Bennett, D. J., & Kirby, G. W. (1968). Constitution and biosynthesis of capsaici. *Journal of the Chemical Society C: Organic*, 442-446.
- Bosland, P.W. 1994. Chiles. History, cultivation and uses. En: Spices, herbs, and edible fungi. Charambous, G. (edit.). Elsevier Publication, New York, pp. 347-366.
- Caldari, P. (2007). Manejo de la luz en Invernaderos. Los beneficios de Luz de Calidad en el cultivo de Hortalizas. In *Simposio internacional de invernaderos, Ciba Especialidades Químicas Ltda. Brasil.* 5p.
- Camposeco Montejó N., V. Robledo Torres, L. A. Valdez Aguilar, F. Ramírez Godina, R. Mendoza Villarreal, A. Benavides Mendoza. 2015. Estimación de la aptitud combinatoria en poblaciones de tomate de cáscara. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 6(3):437-451.
- Castellón-Martínez E., J. L. Chávez-Servia, J. C. Carrillo-Rodríguez y A. M. Vera-Guzmán (2012) Preferencia de consumo de chiles (*Capsicum annum* L.) nativos en los Valles Centrales de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35 (Núm. Esp. 5):27-35.
- Comstock, Re; Robinson, Hf. 1948. The Components Of Genetic Variance In Populations Of Biparental Progenies And Their Use In Estimating The Average Degree Of Dominance *Biometrics* 4:254-266

- Cruz-Pérez A. B., V. A. González-Hernández, R. M. Soto-Hernández, M. A. Gutiérrez-Espinoza, A. A. Gardea-Bejar, M. Pérez-Grajales. 2007. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. *Agrociencia* 41:627
- Cürük, S., H. Y. Dasgan, S. Mansuroglu, S. Kurt, M. Mazmanoglu, O. Antakli, and G. Tarla. 2009. Grafted eggplant yield, quality and growth in infested soil with *Verticillium dahliae* and *Meloidogyne incognita*. *Pesq. Agropec. Bras.* 44:1673-1682
- De Grazia, J., Tittonell, P. A., & Chiesa, Á. (2007). Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). *Ciencia e investigación agraria*, 34(3), 195-204.
- De la Cruz-Lázaro, E., Rodríguez-Herrera, S., Estrada-Botello, M. A., Mendoza Palacios, J. D., Brito-Manzano, N. P., & Buenavista, S. (2005). Análisis dialélico de líneas de maíz QPM para características forrajeras. *Universidad y Ciencia*, 21(41), 19-26.
- De Souza, J.A. and W. R. Maluf 2003. Diallel analysis and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq). *Sci. Agric.* 60:105
- Duarte, R. M., Contreras, R. L. G., & Contreras, F. R. (2012). Respuesta de la aplicación de estiércol y fertilizantes sobre el rendimiento y calidad del chile jalapeño. *Biotecnia*, 14(3), 32-38.
- Falconer D. S. 1996. Introducción a la Genética cuantitativa. 4ª. Ed. ACRIBIA. Zaragoza, España. 469 p.
- FAO 2015. Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación
- Fonseca, S., and F. L. Patterson. 1968. Hybrid vigor in a seven-parent diallel crosses in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Sci.* 8: 85–88
- Goldman, I. L. 1999. Inbreeding and outbreeding in the development of a modern heterosis concept. In: Coors, J. G., and S. Pandey (eds). *The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. ASA. CSSA. Madison, WI. USA. pp: 7–18.
- Guantes Ruiz, Jairo. 2006., bajo supervisión de la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México. “El mercado de los invernaderos en México. Notas Sectoriales.” Instituto Español de Comercio Exterior. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México. Enero de 2006.

- Guerrero, G. C.; Espinoza B. A.; Palomo, G. A.; Gutierrez R. E.; Zermeño, G. H.; González, C. M. P. 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 N.2 2011.
- Hallauer A. R., and J. B. Miranda F. 1988. *Quantitative Genetics in maize breeding*. 2nd ed. Iowa State University Press. Ames, Iowa. Pp:60.
- Hasanuzzaman, M., Hakim, M. A., Hanafi, M. M., Shukor-Juraimi, A., Islam, M. M., & Shamsuddin, A. K. M. (2013). Study of heterosis in Bangladeshi chilli (*Capsicum annum* L.) landraces. *Agrociencia*, 47(7), 683-690.
- Hernández-Verdugo, S., Aranda-Dávila, P., & Oyama, K. (1999). Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. Review of taxonomy, origin and domestication of the genus *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México.*, (64), 65-84.
- [http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/datosabiertos/siap/Paginas/superficie\\_agricola\\_protegida.aspx](http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/datosabiertos/siap/Paginas/superficie_agricola_protegida.aspx)
- Kochieva, E.Z. y N.N. Ryzhova (2003). Molecular AFLP Analysis of the Genotypes of Pepper *Capsicum annum* Cultivars. *Molecular Genetics* 39: 1345-1348.
- Kokalis-Burelle, N., M. G. Bausher, and E. N. Roskopf. 2009. Greenhouse evaluation of *Capsicum* rootstocks for management of *Meloidogine incognita* on grafted bell pepper. *Nematropica* 39: 121-132.
- Laborde-Cansino J.A. y Pozo-Campodónico O. 1982. Presente y pasado del chile en México. Publicación especial No. 85. INIA-SARH, México
- Long J. (2010) Los senderos prehispánicos del *Capsicum*. *In: Caminos y Mercados de México*. J. Long y A. Attolini (Coords.) UNAM e INAH Serie Histórica General 23. México, D.F. pp:79-105.
- Luna, O. J. G.; García, H. J. L.; Valdez, C. R. D; Gallegos, R. M. A.; Preciado, R. P.; Guerrero, G. C.; Espinoza, B. A. 2011. Aptitud Combinatoria Y Componentes Genéticos En Líneas De Maíz. *Agron. Mesoam.* Vol.22. N.2, San Pedro Dec.2011.
- Maroto, B. J. V. 1989. *Horticultura. Herbácea Especial*. Ed. MundiPrensa. Madrid. 566 p

- Márquez S. F. 1988. Genotecnia Vegetal. Tomo II. Métodos, Teoría, Resultados. AGT Editor. México. p. 665.
- Martínez, S. D.; Perez G. M.; Rodríguez P. J. E.; Moreno, P. E. 2010. Colecta y Caracterización Morfológica De 'Chile De Agua' (*Capsicum Annuum* L.) En Oaxaca, México. Rev. Chapingo Ser.Hortic Vol.16 No.3 Chapingo Sep./dic.2010.
- Mata, N. J. M., & Ramos, H. D. C. B. (2012). Comportamiento agronómico de siete cultivares de pimentón (*Capsicum annuum* L.). Revista Científica UDO Agrícola, 12(1), 32-44.
- Miccolis, V., V. Candido, and V. Marano. 1999. Influence of harvest time on yield of some sweet pepper cultivars grown in greenhouses. Acta Hort. 491: 205-208.
- Milerue N. and M. Nikornpun 2000. Studies on heterosis of chile (*Capsicum annuum* L) Kasetsart J. Nat. Sci. 34:190
- Mishra R. S. and R. E. Lotha R., 1989. Heterosis in chilli by diallel analysis. South Indian Hort. 37:179
- Oyervides G M (1979) Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índices de selección en variedades tropicales de maíz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 118 p.
- Pashold, P. J., and K. H. Zengerle. 2000. Sweet pepper production in a closed system in mound culture with special consideration to irrigation scheduling. Act. Hort. 554: 329-333.
- Pérez-Grajales, M., González-Hernández, V. A., Peña-Lomelí, A., & Sahagún-Castellanos, J. (2009). Combining ability and heterosis for fruit yield and quality in manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R & P) landraces. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 15(1), 103-109.
- Perry L. and K. V. Flannery (2007) Precolumbian use of chili peppers in the Valley of Oaxaca, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA* 104:11905-11909.
- Pilatti, R. A.; I. Pérez, N. F. Gariglio y J. Favaro. 1991. Cultivo de pimiento en invernadero no calefaccionado. Tecnología para la obtención de frutos de buena aptitud comercial. FAVEG. p. 39-45; 59-
- Poehlman John Milton, Sleper David Allen (2003) Mejoramiento genético de las cosechas. Limusa 511p

- Powis T. G., E. Gallaga, R. Lesure, R. Lopez, L. Grivetti, H. Kucera and N. W. Gaikwad (2013) Prehispanic use of chili peppers in Chiapas, Mexico. *PLoS One* 8:e79013. doi:10.1371/journal.pone.0079013.
- Sagarpa 2013. Secretaria De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación
- Seneviratne, K. G. S., & Kannangara, K. N. (2004). Heterosis, heterobeltiosis and commercial heterosis for agronomic traits and yield of chilli. *Annals of the Sri Lanka department of agriculture*, 6, 195-201.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Producción agrícola por cultivo. Disponible en línea <http://www.siap.gob.mx>
- Servicio Meteorologico Nacional 2014
- Silverstein, R. M., Webster, F. X., & Kiemle, D. J. (1998). Infrared spectrometry. *Spectrometric identification of organic compounds*, 7, 72-108.
- Sousa, J. A. D., & Maluf, W. R. (2003). Diallel analyses and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Scientia Agricola*, 60(1), 105-113.
- Sprague G F, L A Tatum (1942) General versus specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 34:923-932.
- Steta, M. 1999. Status of the greenhouse industry in México. *Acta Hort.* 481: 735-738.
- Trujillo Contreras, M. I. (2014). Cuantificación de compuestos antioxidantes, capsaicina y capacidad antioxidante en chile serrano (*Capsicum Annum*) bajo distinto manejo agronómico y sistema de cultivo (Doctoral dissertation).
- Valadez, L. A. (1998). Producción de hortalizas. Editorial Limusa., Mexico, D. F.
- Vallejo Cabrera, F. A. 2002. Mejoramiento Genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia, 402 p. CO-BAC, Bogotá.
- Vasal S K, H Córdova (1996) Heterosis en maíz: acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. pp: 32-54.

Wong-Romero, E. Gutiérrez-Del Río, S. A. Rodríguez-Herrera, A. Palomo-Gil, H. Córdova O. A. Espinoza, B. Aptitud Combinatoria Y Parámetros Genéticos De Maíz Para Forraje En La Comarca Lagunera. Revista México Universidad Y Ciencia, Vol. 22, Núm. 2, Diciembre, 2006, Pp. 141-151.

Yan W. and L. A. Hunt. 2002. Biplot analysis of diallel data. Crop Sci. 42:21.

Zewdie Y. and P. W. Bosland 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annum* L. Euphytica 111:185

Zewdie Y., P. W. Bosland and R. Steiner 2000. Combining ability and heterosis for capsaicinoids in *Capsicum pubescens*. HortScience. 36:1315.