

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Estudio de Híbridos, Heterosis y Heterobeltiosis en Chile Ancho  
(*Capsicum annuum* L.) en Saltillo, Coahuila

Por:

**MIGUEL ANGEL GÓMEZ PÉREZ**

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Estudio de Híbridos, Heterosis y Heterobeltiosis en Chile Ancho  
(*Capsicum annuum* L.) en Saltillo, Coahuila

Por:

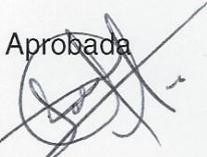
**MIGUEL ANGEL GÓMEZ PÉREZ**

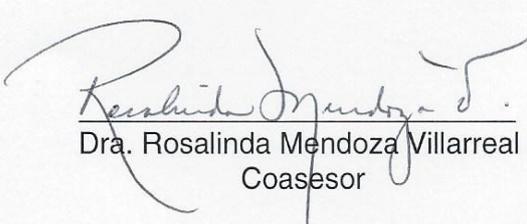
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

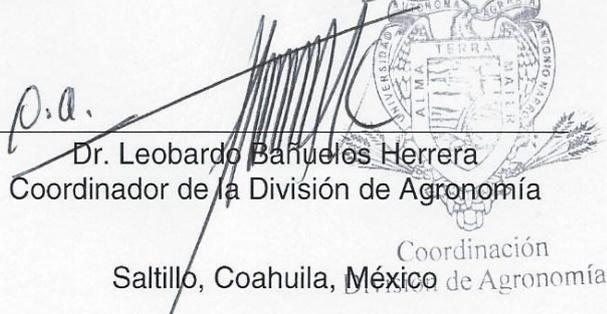
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada

  
Dr. Valentín Robledo Torres  
Asesor Principal

  
Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Coasesor

  
M.C. Gibran Jaciel Alejandro Rojas  
Coasesor

  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación  
Saltillo, Coahuila, México de Agronomía

Marzo del 2015

## **DEDICATORIA**

Mi tesis lo dedico con todo amor y cariño. A ti DIOS el creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

### **A mis padres**

Con mucho cariño a mis padres Gonzalo Gómez Díaz y Magdalena Pérez Gómez a quienes les estaré eternamente agradecido por darme la oportunidad de existir y hacer realidad mis sueños y metas, así también por el amor, cariño, respeto, humildad que día a día me brindaron, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén siempre a mi lado.

### **A mis hermanos (as)**

Ignacia, Augusto, Antonio, Gonzalo, Carlos y Marlene. Con mucho cariño, por su incondicional apoyo que me han brindado, en todo momento de mi vida a quienes les estaré eternamente agradecido.

Con mucho amor a mi novia Mary. Por su amor, compañía y cariño brindado.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al Departamento de Horticultura por ser mi segunda casa y permitirme ser lo que un día me propuse y estudiar en una carrera tan bonita y que a través de ella podemos dar sustento a la vida, a través de cultivar la tierra.

Al Dr. Valentín Robledo Torres por su cooperación, comprensión a lo largo del trabajo de investigación, también por la amistad que me brindó ya que él fue una pieza fundamental del trabajo.

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal y al M.C. Gibran Jaciel Alejandro Rojas por su gran apoyo y amistad en el momento que se requirió.

A todos los profesores y personal de la universidad que estuvieron conmigo durante mi preparación profesional, por ser todos y cada uno de ellos un gran ejemplo a seguir.

A mis amigos(as) que convivieron conmigo y me brindaron su apoyo durante mi estancia en la Universidad.

A Rodolfo, David, Andrés, Salvador, Víctor, Felipe, Leonel, Leo, Adolfo, Santis, Mónica, Caty, Inés, Dany, Monica Alik, María de la paz por compartir conmigo tantas experiencias y por permitirme aprender tanto de ustedes.

A la generación CXVIII de Horticultura y a todos mis amigos y compañeros de la Narro.

## INDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>ii</b>
<b>INDICE GENERAL</b>	<b>iii</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>vi</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
<b>Importancia Económica</b>	<b>4</b>
<b>Origen e Historia</b>	<b>5</b>
<b>Taxonomía del Chile Ancho</b>	<b>6</b>
<b>Características Botánicas</b>	<b>7</b>
Raíz:	7
Hojas	7
Flor	8
Fruto	8
Semilla	8
<b>Composición Química</b>	<b>8</b>
<b>Requerimientos Climáticos</b>	<b>9</b>
Temperatura	9
Luz	10
<b>Requerimientos edáficos</b>	<b>11</b>
pH	11
Temperatura del Suelo	11
Humedad	11
<b>Prácticas Culturales</b>	<b>12</b>
<b>Nutrición</b>	<b>12</b>
<b>Fertilización Antes del Trasplante</b>	<b>13</b>
Fertirrigación	15
Densidad de Siembra	15
<b>Cosecha</b>	<b>16</b>
Características de la Calidad del Fruto	16

<b>Plagas y Enfermedades</b>	<b>18</b>
<b>Importancia del Mejoramiento Genético de Chile en México</b>	<b>19</b>
<b>Tendencias del Mejoramiento Genético</b>	<b>20</b>
<b>Heterosis y Heterobeltiosis</b>	<b>21</b>
<b>Antioxidantes</b>	<b>23</b>
Vitamina C	24
Carotenoides	24
Capsaicinoides	25
<b>Localización del Área de Estudio</b>	<b>27</b>
<b>Material Genético</b>	<b>27</b>
<b>Evaluación de Progenitores e Híbridos</b>	<b>27</b>
Siembra	27
Trasplante	29
Fertilización	29
Deshierbes	29
<b>Control de plagas y enfermedades</b>	<b>29</b>
<b>Variables Estudiadas</b>	<b>30</b>
Rendimiento Total	30
Mediciones de Calidad de Fruto	31
<b>Análisis Estadístico</b>	<b>32</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>34</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>48</b>
<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>49</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.Principales componentes de chile por cada 100 gramos. ....	10
Cuadro 2. Componentes de calidad del chile ancho.....	16
Cuadro 3. Progenitores e híbridos de chiles anchos estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013.....	28
Cuadro 4. Cuadrados medios de para los progenitores e híbridos de las variables de rendimiento y componentes del rendimiento. ....	35
Cuadro 5. Rendimientos medios de los progenitores de <i>Caspsicum annum</i> e híbridos de chiles ancho x pimientos, estudiados en Saltillo, Coahuila en 2013. ....	37
Cuadro 6. Análisis de varianza para variables de calidad en progenitores e híbridos de chiles anchos, estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013.....	38
Cuadro 7. Contenido medio de variables relacionadas con la calidad de fruto de progenitores <i>Capsicum annum</i> e híbridos de chiles anchos estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013. ....	42
Cuadro 8. Estimación de la heterosis en híbridos de chiles anchos estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013. ....	45
Cuadro 9. Estimación de la heterobeltiosis en híbridos de chiles anchos estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013. ....	47

## RESUMEN

En diferentes regiones chileras de México se usan en sus siembras comerciales cultivares nativos de bajo rendimiento y mala calidad, debido a la mezcla de subtipos, aun con ésta limitante México ocupa el segundo lugar en producción mundial, posee además una amplia variedad de chiles la cual oscila alrededor de 50 tipos diferentes, siendo 20 tales; como jalapeño, serrano, guajillo, chipotle, chile de árbol, pasilla y habanero los más utilizados en las cocinas mexicanas. El rendimiento promedio de chile en México es de 17.48 t.ha<sup>-1</sup>, el cual se puede considerarse como bajo, indicando que la diversidad que tiene México no se ha aprovechado adecuadamente, por lo tanto los objetivos del presente trabajo fueron: Identificar progenitores e híbridos con alto potencial de rendimiento y calidad de fruto, para lo cual se estudiaron los progenitores Abedul, UANCp, UAN72, Huizache (hembras) y progenitores macho UANYw, UANRd, UANOg, UANPp (machos) y 16 híbridos resultantes de las cruces hembras x machos, que fueron establecidos en invernadero bajo un diseño de Bloques al azar con tres repeticiones. Esta investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila y las variables evaluadas fueron: diámetro de tallo (DT), altura de planta (AP), peso total de fruto (PTF), peso promedio por planta (PPP), peso promedio de fruto (PPF), número de frutos por planta (NFP), vitamina C (VC), carotenos, xantofilas, clorofila total y capsaisina y se encontraron diferencias significativas en todas las variables bajo estudio ( $P \leq 0.01$ ).

Además se encontró que todos los híbridos superaron a los progenitores y el 4 x 7 fue el que presentó el mayor PTF (21.40 kg por parcela) con una heterosis de 115.7 y una heterobeltiosis del 60.66%. Además los híbridos con mayores valores de heterobeltiosis en rendimiento de fruto y tres componentes de rendimiento fueron el 1 x 5, 1 x 7, 3 x 7, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7 y 4 x 8, por lo tanto estos progenitores o sus híbridos podrán ser utilizados para el mejoramiento del rendimiento en chiles anchos o pimientos. En las variables de calidad y antioxidantes de fruto, el híbrido 3 x 6, fue el que present los mayores contenidos de vitamina C, superando en 77% al mejor progenitor mientras que hibrido 3 x 6 fue el que presentó mayor contenido de carotenos. El progenitor UANCP fue el que presentó mayor contenido de capsaisina superando a todos los progenitores, por lo consiguiente los híbridos 4 x 8 y 3 x 5 con un 58% al mejor progenitor. Por lo tanto al estimar el comportamiento medio de los progenitores a través de sus cruza, el progenitor Huizache en su cruza con UANPP, fue el que exhibió la mayor hetrobeltiosis para rendimiento y calidad de fruto.

**PALABRAS CLAVE:** Capsicum annum, Progenitor, Heterosis, Heterobleltiosis, Híbridos.

Correo electrónico: Miguel Angel Gomez Pérez [miguel\\_angel090@hotmail.com](mailto:miguel_angel090@hotmail.com)

## INTRODUCCIÓN

En la antigüedad el cultivo de chile fue muy importante, actualmente es una de las hortalizas más frecuentes en la dieta humana, por las bondades de este. El género *Capsicum* puede sintetizar ciertos tipos de compuestos químicos que son fundamentales en la dieta diaria y sobre todo en la nutrición humana. En la época prehispánica la gente seleccionaba las plantas con respecto al color, olor, sabor y picor. En la actualidad al chile se le han encontrado propiedades importantes como: efectos antiinflamatorios, antiirritantes y ayuda a la prevención del dolor (Paredes, 2006). Además se ha encontrado que es bueno para el corazón, pues baja la presión arterial, estimula el sistema circulatorio, reduce el colesterol y es un anticoagulante natural que disminuye la posibilidad de un ataque cardiaco. Actualmente, el chile se utiliza para el desarrollo tratamientos anti cancerígenos, ya que la capsaicina es capaz de eliminar las células malignas del cáncer sin dañar las células sanas. El interés en este cultivo no se encuentra únicamente en su importancia económica, estudios anteriores han demostrado que el chile es una fuente excelente de colorantes naturales además el uso más importante es la extracción de la capsaicina, con la cual se elaboran pinturas y cosméticos.

Por otro lado el aumento constante de la población demanda cada día más alimentos con alta calidad, y libres de agroquímicos usados en la

agricultura. Sin embargo el crecimiento de la población trae consigo una reducción de las áreas de cultivo, dificultando el abastecimiento de alimentos e incrementando los costos de alimentos. Por tal motivo es urgente el desarrollo de programas de mejoramiento genético para crear híbridos o variedades que tengan mejor rendimiento y calidad, sin incrementar significativamente los insumos necesarios para la producción de alimentos.

En México el cultivo de chiles (*Capsicum annuum*) tiene una gran importancia ocupando el segundo lugar en producción mundial, además se exportan pimientos de colores a países como: Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania. Se pueden encontrar chiles en toda la República Mexicana, en forma silvestre, como cultivos comerciales tecnificados, a campo abierto y en ambientes protegidos. México posee una amplia diversidad de chiles, los cuales oscilan entre 50 tipos diferentes, siendo 20 los más utilizados en las cocinas mexicanas, tales como; jalapeño, serrano, guajillo, chipotle, chile de árbol, pasilla y habanero, los cuales varían en cuanto a sabor, color, forma, tamaño y picor. El rendimiento promedio de chile es de 17.48 t.ha<sup>-1</sup>, mientras que en estados con alta tecnificación como Chihuahua y Sinaloa es de 30 t.ha<sup>-1</sup>(SIAP 2013).

México actualmente no cuenta con un banco de germoplasma que tenga toda una la diversidad de chiles silvestres, semidomesticados y domesticados, ya que la variabilidad es abundante y de gran valor como germoplasma; tampoco se ha avanzado en el mejoramiento genético, pues en nuestro país los

programas no han tenido continuidad. La investigación al respecto es muy poca y son contadas las poblaciones caracterizadas genéticamente por lo tanto difícilmente se pueden utilizar en la formación de híbridos o variedades adaptadas a las condiciones de México. Un conocimiento amplio de la diversidad genética tanto de las variedades silvestres como de las que se cultivan de manera tradicional y de las que se generan a partir del mejoramiento genético, resulta indispensable para el aprovechamiento adecuado de la amplia variabilidad genética que tiene *Capsicum*.

Las regiones chileras de México usan en sus siembras comerciales cultivares nativos de bajo rendimiento y mala calidad, debido a la mezcla de subtipos. La variación morfológica y las diferentes mezclas de fruto, demerita la aceptación comercial e industrial del producto; estos factores y la susceptibilidad a plagas y enfermedades, son los problemas limitantes que siempre ha venido enfrentando el productor (Pozo, 1984).

Dado lo anterior el objetivo del presente trabajo fue, estimar la heterosis y heterobeltiosis para rendimiento y algunas características relacionadas con la calidad de frutos de híbridos intervarietales resultantes de la cruce de chile ancho x pimiento.

Bajo la hipótesis de que al menos un híbrido tendrá mayor rendimiento y calidad de fruto que sus progenitores.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Importancia Económica

En México, el chile ancho (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos hortícolas más importantes por ser parte de la dieta diaria de los mexicanos, por lo tanto, es el de mayor consumo popular, en cualquiera de sus formas de uso fresco, procesado en salsas, polvo y encurtido. En nuestro país existe una gran diversidad de chiles de diferentes tipos en cuanto a tamaño, sabor y grado de pungencia (SARH-INIA, 1982).

En México, el cultivo y consumo de chile es emblemático, sin embargo, aunque su superficie de siembra es extensa, los bajos rendimientos lo han colocado en segundo lugar dentro de la producción mundial, debajo de ese gigante de la economía mundial que es China (Teorema Ambiental, 2006).

El chile (*C. annuum* L.) es la segunda hortaliza de mayor importancia en México (Acosta y Chávez, 2003), en donde el consumo per cápita reportado en 2006 fue de 0.56 kg, por lo que es considerado como uno de los principales alimentos de la población mexicana (Galindo y Cabañas, 2006).

México es el primer exportador de chile verde a nivel mundial y el sexto de chile seco; nuestros principales clientes Estados Unidos, Japón, Canadá,

Reino Unido y Alemania. Además de un producto con presencia mundial, éste es una especie originaria de nuestro país y parte simbólica del gusto culinario y cultural. En 2013 destacaron Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas como principales productores del cultivo, con más la mitad del volumen nacional en su conjunto. Cabe mencionar que el orden de importancia se modifica al comparar los rendimientos de estos tres estados. En el caso de Sinaloa, un estado con alto grado de tecnificación, se registró una cosecha de 40 toneladas por hectárea, en Chihuahua, 20 toneladas por hectárea, mientras Zacatecas, el de mayor superficie sembrada reportó 7 toneladas por hectárea (SIAP, 2013).

### **Origen e Historia**

Diversos estudios han definido a México como el principal centro de origen del género *Capsicum*, aunque una gran área ubicada entre el Sur de Brasil y el Este de Bolivia, Oeste de Paraguay y Norte de Argentina, presenta la mayor distribución de especies silvestres del mundo (Dewitt y Bosland, 1993). Posteriormente la especie fue distribuida por toda América desde el Sur de los Estados Unidos hasta Argentina. Las cinco especies más cultivadas son derivadas de diferentes ancestros localizados en tres distintos centros de origen. México es el principal centro de origen para *C. annuum* junto con Guatemala; *C. frutescens* y *C. chinense* se encuentran en la Amazonía y el Perú; y *C. baccatum* y *C. pubescens* son originarios de Bolivia. No obstante, la especie de mayor distribución geográfica es *C. frutescens*, la cual se encuentra en México, Centroamérica y el Caribe. Desde el punto de vista económico *C. annuum* es la especie más cultivada en América Latina y en todo el mundo, seguida de *C.*

*chinense*. Esto se debe a que *C. annuum* es fácilmente adaptable a altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2,500 msnm (González, 1998).

El chile es una de las primeras plantas domesticadas en Mesoamérica. Este proceso condujo a modificar la planta, especialmente los frutos. El hombre seleccionó y conservó una amplia diversidad de tipos de chile por el color, tamaño, forma e intensidad del sabor picante. Se observa una variación paralela en las diversas especies domesticadas, existiendo series homólogas de variación respecto al sabor del fruto “dulce o picante”, coloración antes de la madurez de “blanco marfil a verde intenso”, coloración en la madurez de “amarillo a rojo oscuro”, variación en la forma de “larga y estrecha a corta y redonda”, y en el porte del fruto de “erecto a pendiente” (Pozos *et al.*, 1992).

### **Taxonomía del Chile Ancho**

Reino -----Vegetal  
División ----- Tracheophyta  
Sub-división ----- Pterosida  
Clase ----- Angiosperma  
Subclase ----- Dicotyledónae  
Orden ----- Solanaceales  
Familia ----- Solanaceae  
Género ----- *Capsicum*  
Especie ----- *annuum*

## **Características Botánicas**

En Chile ancho existe amplia variabilidad en cuanto a características como; altura y hábito de crecimiento de la planta, tamaño, color y forma de hojas, número de lóculos y color del fruto. Sin embargo, no se puede caracterizar morfológicamente una población específica de un determinado tipo para cada zona, pero si es posible identificar varios fenotipos.

Generalmente son plantas sin pubescencia, de aspecto herbáceo, aunque el tallo puede llegar a tener aspecto semileñoso y ramificaciones a menos de 20 cm del suelo; tiene crecimiento compacto y altura entre 60 y 70 cm.

### **Raíz:**

Pivotante, tiene una profundidad de 5 a 40 centímetros.

### **Hojas**

Son de color verde oscuro brillante y de forma ovado-acuminada; las ramas inferiores, son de mayor tamaño que las superiores, miden de 7 a 12 cm de longitud y de 4 a 9 cm de ancho. La venación es prominente, los peciolo miden de 5 a 8 cm de longitud y son acanalados.

## **Flor**

Tiene cinco pétalos de color blanquecino, casi siempre hay una flor por cada nudo. El período de floración inicia aproximadamente a los 50 días y continúa hasta que la planta muere.

## **Fruto**

Mide de 8 a 15 cm, tiene forma de cono completo o truncado, cuerpo cilíndrico o aplanado con un hundimiento o “cajete” bien definido en la unión del pedúnculo o base y ápice puntiagudo o rombo. Tiene de dos a cuatro lóculos, superficie más o menos surcada y pared gruesa. Antes de la madurez, el color es verde oscuro y al madurar se torna rojo; se cosecha en los dos estados de madurez.

## **Semilla**

Mide de 3 a 5 mm, de forma aplanada, dicotiledónea, germinación epigea (Macías *et al.*, 2010).

## **Composición Química**

En México existen una gran variedad de chiles, unos son verdosos y otros son rojizos y estos son imprescindibles para dar sabor a cualquier platillo y es, sin duda, el condimento nacional por excelencia. En el Cuadro 1, se muestran sus componentes.

Uno de los atributos por el cual es consumido el chile, es debido especialmente a su sabor picante, ocasionado por compuesto conocidos como capsaicinoides (CAP's), un grupo de amidas acidas derivadas de la vainillilamina, que se sintetizan y acumulan en el tejido de la placenta. Las diferentes especies de *Capsicum* pueden variar en grado de picor, lo que se relaciona con su capacidad de acumular CAP's.

Debido a su localización en el tejido de la placenta, los CAP's tienen un papel en la protección química de las semillas. No obstante, las aves son insensibles a los CAP's, lo que ha permitido la dispersión de las semillas xde especies silvestres. Independientemente de su función en la naturaleza, los CAP's tienen diversas aplicaciones en diferentes industrias, como la de los alimentos o en la elaboración de pinturas y la capsaicina con 98% de pureza alcanza valores cercanos a 3000 dólares (Vázquez *et al.*, 2007).

## **Requerimientos Climáticos**

### **Temperatura**

Los chiles anchos se adaptan muy bien a zonas templadas y templadas cálidas. La temperatura mínima para su desarrollo es de 15 °C, siendo el rango óptimo de 18° a 32°C. A temperaturas muy bajas (5° a 6°C) o muy altas (32°C a 35°C), las plantas se vuelven raquílicas y las flores se caen fácilmente.

Cuadro 1.Principales componentes de chile por cada 100 gramos.

Compuesto	Cantidad
Agua	91%
Carbohidratos	5.1 g
Proteínas	1.3g
Grasas	0.3 g
Fibra	1.4
Vitamina A	1000 UI
Vitamina B1	0.03 g
Vitamina B2	0.05 g
Vitamina B5	0.20 g
Vitamina B12	0.45 g
Vitamina C	120 mg
Azufre	17 mg
Calcio	9 mg
Cobre	0.10 mg
Fósforo	23 mg
Magnesio	11 mg
Manganeso	0.26 mg
Potasio	234 mg
Sodio	58 mg
Yodo	0.001 mg

### Luz

Los requerimientos de fotoperiodo fluctúan entre variedades, pero los valores favorables están entre 12 y 15 horas de luz, el sombreado puede retrasar el desarrollo de yemas como consecuencia el retardo en el ciclo vegetativo.

## **Requerimientos edáficos**

### **pH**

El pH del suelo es otro factor importante; el rango más favorable está entre 5.5 y 6.8, que son valores ligeramente ácidos, teniendo como límite de alcalinidad un pH hasta 7.5. También se considera que esta planta es muy sensible a pequeñas concentraciones de sales.

### **Temperatura del Suelo**

La temperatura del suelo es muy importante tanto en la germinación como en el desarrollo del sistema radicular. La temperatura más baja que toleran las semillas al momento de germinar es de 12°C a 13°C, en la que la germinación tarda entre 20 y 25 días; entre 20° y 25°C, la germinación tarda entre 7 y 8 días. Una temperatura en el suelo de 10°C retarda el desarrollo de las plantas; la tasa de crecimiento aumenta a medida que la temperatura del suelo asciende. El desarrollo de la raíz continua solo hasta 24°C; una temperatura mayor a 30°C ocasiona un retardo en el mismo (Wattsagro, 1999).

### **Humedad**

El chile ancho es una planta con grandes exigencias de humedad en el suelo debido a la relativamente poca profundidad de su sistema radicular, el contenido de humedad óptimo del suelo es de alrededor de 80% de capacidad de campo y la humedad relativa óptima del aire es de alrededor de 65 a 75%. Una baja humedad del suelo reduce considerablemente los rendimientos y la

calidad en la producción, mientras que un exceso puede retrasar la maduración, reducir el contenido de sólidos solubles y si coincide con la presencia de bajas temperaturas, puede causar una reducción en la intensidad de color e incrementa la susceptibilidad a enfermedades. Los requerimientos de humedad son básicamente los mismos para todos los tipos de chiles.

## **Prácticas Culturales**

### **Nutrición**

El cultivo del chile tiene excelente rendimiento cuando se trasplanta en suelos franco-arenosos, profundos, fértiles, con contenido de materia orgánica entre 3 y 4 %, y con buen drenaje (Muñoz-Ramos, 2004).

El pH (potencial de hidrogeno), es la designación numérica de la acidez y de la alcalinidad activa en la solución del suelo. Para distinguir la acidez o alcalinidad de un suelo se utiliza una escala de pH que va desde cero hasta 14; valores de pH menores de 7 indican que la reacción es ácida, iguales a 7 indican que la reacción es neutra y mayores a 7 indican que la reacción es alcalina. El pH del suelo es importante por varias razones: afecta directamente la disponibilidad de los nutrientes para la planta, determina la solubilidad (disponibilidad) de las sustancias como el aluminio, regula la actividad de los microorganismos del suelo y afecta directamente a las raíces de la planta, al incrementar o disminuir la absorción de agua y de nutrientes. El chile es moderadamente tolerante a la acidez, es decir, se desarrolla bien en pH de 6 a

7 (Muñoz-Ramos, 2004). Cuando el pH es mayor a 7, hay que bajar este valor mediante incorporación de estiércol, de abonos verdes o de ácidos.

La conductividad eléctrica (CE) indica el contenido total de sales disueltas en una solución, por ejemplo, en el agua de riego o en la solución del suelo, a medida que éstas aumentan se incrementa la facilidad de conducir corriente eléctrica. Las unidades que se usan para medir la conductividad eléctrica son dS/m y se leen como “decisiemens” por metro, es decir, son décimas de siemens (Castellanos, 2004).

La salinidad afecta a los cultivos de varias maneras y conductividades eléctricas mayores que 2 ó 3 dS/m dificultan la absorción del agua por la planta, provocan toxicidad de ciertos elementos, disminuyen el crecimiento, promueven mayor crecimiento de raíz y como consecuencia, disminuye el rendimiento económico del cultivo. Por el contrario, CE menores de 0.5 dS/m, también provocan alteraciones fisiológicas en el cultivo, por lo que hay un valor óptimo para cada especie. En el cultivo del chile se recomienda mantener la conductividad eléctrica de la solución del suelo cercana a 1.5 dS/m, sobre todo cuando hay desbalance nutrimental en el suelo (López y Villasante, 2006).

### **Fertilización Antes del Trasplante**

La cantidad de fertilizante a agregar depende de varios factores como el tipo de agua, de suelo, de fertilizante y del chile. En el estado de

Aguascalientes los suelos son relativamente ricos en potasio (K), magnesio (Mg) y calcio (Ca), por lo que se recomienda aplicar cantidades bajas de estos elementos. En el chile tipo Ancho se aplica mayor cantidad de potasio, debido principalmente a que la planta lo requiriere más para crecer y para producir más frutos. Por ello, cuando es necesario aplicar potasio en chile se recomienda suministrar todo el fertilizante antes del trasplante (de fondo), pero no en el agua de riego.

En hortalizas es importante hacer una fertilización de fondo para proveer una reserva de nutrientes en el suelo y no tener problemas de insuficiencia durante el periodo de fertirrigación o lluvias (Cadahia y López, 2005). En el Estado de Aguascalientes, para disminuir el problema de la secadera, se recomienda aplicar como fertilización de fondo, de cuatro y media a cinco toneladas por hectárea de estiércol de bovino bien seco (menos del 12 % de humedad). Por otro lado, se recomienda aplicar como fertilizante químico la dosis 200-100-150 kg de nitrógeno (N), fósforo ( $P_2O_5$ ) y potasio ( $K_2O$ ) por hectárea para el chile tipo Ancho. De la dosis anterior se recomienda aplicar antes del trasplante (de fondo) 50 kg de nitrógeno y de fósforo y 60 de potasio por hectárea para el chile tipo Ancho; el resto del fertilizante se debe de aplicar mediante fertirrigación. Las fuentes de fertilizante pueden ser fosfo-nitrato, MAP (fosfato mono amónico), triple 17 y sulfato de potasio.

## **Fertirrigación**

Es una técnica mediante la cual se aplican los fertilizantes disueltos en el agua de riego por goteo, de acuerdo con las etapas de desarrollo del cultivo. Con esta técnica, el agua de riego y el fertilizante se suministran directamente en la zona de raíces, por lo que la planta los aprovecha mejor.

En la actualidad se emplean dos métodos para cubrir las necesidades de fertilización del cultivo: el primero se basa en calcular los nutrientes requeridos por el cultivo, aportación de nutrimentos por parte del suelo y de la aplicación de estiércol y de la eficiencia del fertilizante, entre otras; el segundo en aplicar al suelo una solución nutritiva “ideal”. Los dos métodos se ajustan de acuerdo con los análisis nutrimentales de suelo y de agua.

En ambos métodos se puede colocar “chupatubos” o tubos de acceso a la solución del suelo, que permiten determinar los nutrientes, CE y pH; para ajustar la dosis de fertilización y la solución nutritiva que se está aplicando (Muñoz, 2004).

## **Densidad de Siembra**

En el sistema de producción de chile mediante el uso de acolchado del suelo con plástico y fertirriego, los mejores rendimientos y calidad de fruto se obtienen con una población de 41,667 plantas por hectárea, la cual se logra a una distancia de 30 cm entre plantas y de 33 cm entre hileras, en camas de 1.6 m de ancho (González *et al.*, 2009).

## Cosecha

La cosecha, con fines de verdeo, en las variedades del tipo ancho se inicia entre los 110 y 120 días después del trasplante y se realizan de cuatro a cinco cortes.

La recolección del fruto se hace a mano. Los chiles listos para cosecha se reconocen por su tamaño y color, el cual es verde oscuro y que al comprimirlo con la mano cerca del pedúnculo, se notan duros, la cáscara rechina y basta un ligero movimiento para desprender el fruto con todo y pedúnculo.

### Características de la Calidad del Fruto

Para la buena comercialización del chile ancho, ya sea en verde o en seco, es necesario considerar varias cualidades que debe tener el fruto.

Cuadro 2. Componentes de calidad del chile ancho.

Categoría	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso seco del fruto (gr)
Primera	14 -18	8.0	16
Segunda	9 -12	6.0	10
Tercera	6 -8	4.5	7
Rezaga	5	3.0	-

**Tamaño.** Ya sea en chile verde o en seco, se prefieren los frutos de más de 10 cm de largo y más de 6 cm de ancho, los cuales generalmente alcanzan un sobreprecio.

**Forma.** Los frutos de forma cónica, con dos o tres lóculos, son más apreciados. Los tipos de cuerpo relativamente aplanado son más convenientes para la producción de chiles verdes. La base del fruto debe ser hundida, o sea, el “cajete” del fruto debe estar bien definido.

**Color.** Los chiles verdes deben tener una coloración intensa y brillante, mientras que los chiles secos deben ser rojo-oscuro. El fruto inmaduro es verde o púrpura y cuando maduran toman color rojo, naranja, amarillo, café, crema o púrpura debido a los pigmentos licopercisina, xantofila y caroteno.

**Textura.** Se prefieren frutos con pericarpio grueso pues esta característica les da un mayor peso, tanto en verde como en seco. Posiblemente, esta característica o factor esté relacionado con otras cualidades como el sabor y el aroma.

**Pedúnculo.** Para la comercialización, es casi imprescindible que el pedúnculo quede adherido a la base del fruto, excepto cuando éste se vende seco para su industrialización (Pozo, 1984).

## Plagas y Enfermedades

### Plagas

- Minador de la hoja (*Liriomyza trifolii*)
- Picudo del chile (*Anthonomus eugenii*)
- Araña roja (*Tetranychus urticae*)
- Pulgón verde (*Myzus persicae*)
- Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)
- Chinche verde (*Nezara viridula*)
- Trips de las flores (*Frankliniella occidentalis*)
- Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)
- Gusano medidor (*Chrysodeixis chalcites*)
- Gusano trozador (*Agrotis sp*)
- Pulga saltona (*Epitrix cucumeris*)
- Barrenillo del chile (*Anthonomos eugenii*)
- Gusano del fruto (*Heliothis Zea*)
- Gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*)
- Diabrotica (*Diabrotica spp*)

### Enfermedades

- Marchitez del Chile o secadera (*Phytophthora capsici*)
- Marchitez por verticillium (*Verticillium dahliae*)
- Tizón sureño (*Sclerotium rolfsii*)
- Antracnosis (*Colletotrichum capsici*)
- Pudrición por Alternaría (*Alternaria spp*)

- Mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris pv. vesicatoria*)
- Marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*)
- Virus del mosaico del pepino (VMP)
- Virus del mosaico del tabaco (VMT)
- Rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*)

### **Importancia del Mejoramiento Genético de Chile en México**

El mejoramiento genético de chile (*Capsicum annuum* L.) juega un papel importante para conjugar por la vía sexual el patrimonio genómico de dos o más padres; esto es, mediante cruzamiento, con el propósito de combinar en la progenie los alelos no comunes en los progenitores, ampliar la variabilidad y mejorar la posibilidad de seleccionar plantas sobresalientes durante el proceso de endocría y selección.

La investigación en el cultivo del chile en México se inició en la oficina de Estudios Especiales y en el Instituto de Investigación Agrícola, las dependencias que formaron hace años el INIA, las cuales trabajaron en prácticas de cultivo y protección fitosanitaria y realizaron las primeras colectas de chile tipo ancho, mulato, pasilla y jalapeño, que fueron la base del mejoramiento genético.

El objetivo de esta disciplina es obtener cultivares mejorados, con altos rendimientos y buena calidad de fruto y resistencia a plagas y enfermedades.

Las características que se buscan son: plantas precoces, que sean compactas a fin de aumentar la población de plantas por hectárea (Pozo, 1984).

### **Tendencias del Mejoramiento Genético**

El desarrollo de híbridos y variedades de excelencia requiere de un proceso controlado de carácter biológico y evolutivo, conocido como mejoramiento genético.

El mejoramiento genético depende de las mismas fuerzas que regulan el proceso evolutivo en poblaciones de especies silvestres, en donde la selección natural es reemplazada por la selección consciente y dirigida del fitomejorador.

Sin embargo, es evidente que las regiones chileras de México se han caracterizado por una amplia variabilidad genética. Dicha variabilidad se mantiene vigente a través de hibridaciones relativamente aleatorias entre los diferentes genotipos que están presentes dentro y fuera de la parcela del productor. En este proceso, los vectores (insectos polinizadores) tienen una influencia muy importante en la hibridación entre genotipos diferentes. El intenso monocultivo es una práctica común que incrementa la población de enemigos naturales del cultivo (insectos, hongos, virus, etc.) en donde la selección natural favorece a las plantas que mejor se adaptan al ambiente. La habilidad de adaptación depende de factores genéticos presentes en la población o que surgen por recombinación genética y/o por mutaciones naturales. Los genes que confieren habilidad de adaptación como la tolerancia a factores bióticos

(enfermedades, insectos, etc.) y a factores abióticos (sequía, heladas, deficiencias nutricionales, toxicidad mineral, etc.) son heredados generación tras generación. La variación genética presente en los cultivares del productor representa, por lo tanto, una fuente importante de genes para el fitomejorador (Luna y Vásquez, 1996).

### **Heterosis y Heterobeltiosis**

La heterosis se define como la superioridad del híbrido F1, respecto de ambos padres en términos de rendimiento y otros caracteres. Ha sido ampliamente utilizado en la agricultura para aumentar el rendimiento y ampliar la capacidad de adaptación de las variedades híbridas.

Si el híbrido es superior a la mitad de los padres (promedio a dos padres), se llama como la heterosis. Sin embargo, el término heterosis describe el aumento de tamaño y rendimiento en mestizas como en comparación con las líneas puras correspondientes; si no hay aumento en el rendimiento y otros caracteres, no hay heterosis. Heterobeltiosis expresa el mejoramiento más el mejor padre; Asimismo, heterosis estándar expresa la heterosis sobre las variedades estándar (Meyer *et al.*, 2004).

Robles (1986) señala que la heterosis es la manifestación del vigor híbrido en la progenie en relación con la manifestación de los caracteres de sus progenitores, se puede presentar entre cruzas de líneas puras, cruzas intervarietales o cruzas interespecíficas, además señalan que la heterosis es

negativa cuando el vigor híbrido o la expresión de los caracteres son menores que la de los progenitores, en cambio la heterosis es positiva cuando la expresión de los caracteres es mayor que la de sus progenitores. La heterosis, es la diferencia de la generación F1 y el promedio de sus progenitores.

Meyer *et al.* (2004) definen si el híbrido es superior a la mitad de los padres (promedio a dos padres), se le llama heterosis . Sin embargo, el término heterosis describe el aumento de tamaño y rendimiento en mestizos en comparación con las líneas puras correspondientes; si no hay aumento en el rendimiento y otros caracteres, no hay heterosis (Shull, 1948).

Heterobeltiosis expresa el mejoramiento más allá del mejor padre; Asimismo, heterosis estándar expresa la heterosis sobre las variedades estándar. La superioridad de F1 más allá de la media de los padres no es tan importante ya que no ofrece ventajas sobre los mejores padres mientras que la heterobeltiosis es la diferencia de la generación F1 y el promedio del mejor progenitor, ambos parámetros expresados en porcentaje.

$$heterosis = \frac{F1 - (P1 + P2)/2}{(P1 + P2)/2} * 100$$

Donde;

F1 = híbrido de la primera cruce.

P1= progenitor uno.

P2= progenitor dos.

$$\text{Heterobeltiosis} = \frac{F1-MP}{MP} * 100$$

Donde;

F1 = híbrido de la primera crucea.

MP = mejor progenitor

### **Antioxidantes**

Entre los antioxidantes más importantes en los alimentos cabe destacar: vitamina C, carotenoides, vitamina E y en la actualidad los flavonoides.

Se conoce muy poco acerca de las necesidades antioxidantes concretas del organismo, especialmente en poblaciones sensibles (ancianos) o ante la aparición de ciertas enfermedades, como pueden ser en el caso de problemas cardiovasculares o en algunos tipos de cáncer. No se pueden ofrecer recomendaciones dietéticas concretas para ciertos antioxidantes, así como tampoco hay criterios diagnósticos que permitan determinar cuál es el estado oxidativo real de un organismo. No se trata de consumir el mayor número posible de antioxidantes, sino que hay que ingerir la cantidad adecuada según cada situación, ya que el exceso de vitaminas podría originar también enfermedades (VILAPLANA, 2007)

## **Vitamina C**

A esta vitamina le atribuyen propiedades antioxidantes y es de destacar su papel a la hora de evitar la proliferación de nitrosaminas. Se ha utilizado con éxito en el tratamiento de algunos tumores de intestinos, como pólipos y adenomas. Se ha comprobado experimentalmente que inhibe la formación de nitrosaminas cancerígenas. También algunos estudios sugieren la posibilidad de tratamiento con ácido ascórbico para algunos tipos de cáncer (de vejiga, de pulmón, etc.).

La vitamina C actúa como antioxidante y agente reductor. Interviene proporcionando electrones a compuestos tanto en el interior de la célula como en el exterior.

Los alimentos con una mayor riqueza en esta vitamina son las frutas (cítricos, caquis, kiwis) y las hortalizas (pimientos, perejil, coles, cebolla, tomate) frescas y crudas, entre los alimentos de origen animal cabe destacar el hígado.

## **Carotenoides**

Los carotenos actúan atrapando radicales libres y moléculas de oxígeno libre; de ahí su efecto protector. Diferentes estudios han intentado demostrar su capacidad preventiva contra el cáncer de pulmón, por su efecto protector en la defensa sobre la pared epitelial. Algunos autores confirman incluso su efecto de prevención sobre células ya sensibilizadas a tumores, es decir, que los betacarotenos pueden conseguir que los tumores disminuyan de tamaño. Los

carotenoides forman un grupo de más de 600 compuestos que se encuentran de forma natural en las plantas y les proporcionan diferentes coloraciones.

El retinol como los carotenoides ha mostrado actividad antioxidante, aunque son carotenoides los compuestos más activos. En presencia de radicales peróxidos, el beta-caroteno es un eficaz finalizador de la cadena oxidativa.

La vitamina A (retinol) se encuentra mayoritariamente en la materia grasa de algunos alimentos de origen animal como carnes, hígado, yema de huevos, leche, mantequilla y queso. Por lo tanto los carotenoides y fundamentalmente el  $\beta$ -caroteno, se encuentran en las frutas, verduras y hortalizas (VILAPLANA, 2007).

### **Capsaicinoides**

Se conocen más de 20 diferentes capsaicinoides cuya estructura química consiste en un núcleo fenólico unido mediante un enlace amida a un ácido graso. La porción fenólica es la vainillilamina, que se forma a partir de la fenilalanina por medio de la ruta de los fenilpropanoides. El ácido graso se forma a partir de aminoácidos de cadena lateral ramificada, ya sea valina o leucina. Las diferencias estructurales de los diversos capsaicinoides residen precisamente en la naturaleza de la cadena lateral, que puede ser de 9 u 11 carbonos de largo, con un número variable de enlaces dobles colocados en diferentes posiciones.

Los capsaicinoides también poseen propiedades analgésicas, anti-inflamatorias, antioxidantes e incluso anticancerígenas al inhibir el crecimiento dependiente de andrógenos en células transformadoras de seno, colon, adenocarcinoma gástrico y de próstata (Vázquez *et al.*, 2007).

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización del Área de Estudio**

La investigación se llevó a cabo en el invernadero ubicado Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila (ubicada a 25° 21' 24'' Latitud Norte y 101° 02' 05'' Longitud Oeste, a una altitud de 1762 msnm, con una precipitación media de 400mm y una temperatura media anual oscilante entre 12 y 18 °C (Servicio Meteorológico Nacional, 2013).

### **Material Genético**

En ésta investigación se utilizaron cuatro variedades de chile ancho usados como hembras (Abedul, UANCp, UAN-72, Huizache) y cuatro de pimientos de colores usados como machos (UANYw, UANRd, UANOg, UANPp), con estos progenitores se obtuvieron 16 híbridos F1 (Ver Cuadro 3), dando lugar 24 materiales que fueron sembrados en charolas germinadoras en invernadero y posteriormente fueron establecidos en el mismo invernadero.

### **Evaluación de Progenitores e Híbridos**

#### **Siembra**

Los progenitores e híbridos se sembraron el 15 de septiembre del 2013 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, usando como medio de germinación Peat moss y perlita en una proporción 70:30 respectivamente.

Cuadro 3. Progenitores e híbridos de chiles anchos estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013

<b>Progenitores</b>	<b>Descripción</b>	<b>Híbridos Formados</b>	
<b>Anchos</b>			
1.- Abedul	Chiles ancho	9	1*5
2.- UANCp	Chiles ancho	10	1*6
3.- UAN-72	Chiles ancho	11	1*7
4.- Huizache	Chiles ancho	12	1*8
<b>Pimientos</b>		13	2*5
5.- UANYw	Pimiento amarillo	14	2*6
6.- UANRd	Pimiento rojo	15	2*7
7.- UANOg	Pimiento naranja	16	2*8
8.- UANPp	Pimiento morado	17	3*5
		18	3*6
		19	3*7
		20	3*8
		21	4*5
		22	4*6
		23	4*7
		24	4*8

## **Trasplante**

Las plántulas de progenitores e híbridos fueron trasplantadas 40 días después de la siembra en invernadero en suelo, en camas con acolchado plástico de color negro y riego por goteo de 1.20 m de ancho a doble hilera en forma de tresbolillo con 40 cm entre hileras y entre plantas, con un total de 41,665 plantas.ha<sup>-1</sup>, bajo un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones. Como parcela útil se tomaron 4 plantas con competencia completa.

## **Fertilización**

Se usó una solución de Steiner para la nutrición N 167, P 31, K 270, Mg 49 y Ca 180 ppm, esta se aplicaba cada tercer día.

## **Deshierbes**

Se realizaron labores culturales como deshierbes, con el fin de mantener el cultivo libre de malezas y evitar la competencia por agua, nutrientes y luz. Además para evitar la presencia de plagas y enfermedades, se realizaron aplicaciones de agroquímicos.

## **Control de plagas y enfermedades**

Se hicieron labores de control de plagas (mosca blanca, paratrioza y trips), se usó imidaclopid 30.7%, metomilo 54%, tiocyclam 49.5 y para prevenir las enfermedades se usó mancozeb + metalaxil +cloratolonil 32.1%, Tecto 60

23.34%, estos productos se aplicaron semanalmente, de manera aleatoria para no provocar algún tipo de resistencia a los productos.

## **Variables Estudiadas**

### **Rendimiento Total**

El primer corte de fruto fue a los 70 días después del trasplante y rendimiento total de fruto consistió en la suma de los frutos cosechados a lo largo de 7 cortes, en cada corte se realizó el pesado de todos los frutos producidos por las cuatro plantas de la parcela útil, para el pesado de fruto se utilizó una balanza digital marca VELAB con capacidad de 1 kg, después del primero corte se realizaron 6 cortes con intervalos de 10 días, con el rendimiento total por parcela se estimó el rendimiento por hectárea.

### **Numero de Frutos por Planta**

Para el número de frutos por planta (NFP) se contaron los frutos obtenidos de los 7 cortes de las mismas plantas consideradas para estimar el rendimiento total, de éstos se estimó número de frutos por planta, con el peso total de fruto y número de frutos por planta se estimó a su vez se estimó el peso promedio de frutos en gramos (PPF).

### **Diámetro y Altura de Planta**

El diámetro de tallo y altura de planta se obtuvieron de las cuatro plantas consideradas como parcela útil y se estimó el promedio de ambas variables. El diámetro de tallo se estimó a 5 cm de altura sobre la base del suelo, mientras

que la altura de planta se tomo desde la base de la planta hasta el ápice de la ramificación más alta de la planta. Estas variables fueron estimadas con un vernier digital marca Autotec.

### **Mediciones de Calidad de Fruto**

Las variables de calidad del fruto fueron determinadas en el laboratorio de Nutrición Mineral y Cultivo de Tejidos del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). La cantidad de vitamina C en los frutos de los progenitores e híbridos F1, fue estimada mediante la metodología de la AOAC (2000).

La cuantificación del contenido de capsaicina en frutos de chile se determinó por el método descrito por Bennett y Kerry (1968), cuando los frutos cambiaron de coloración se estimó con un espectrofotómetro (Bio-145025 BIOMATE-5 ThermoElectronCorporation) a una longitud de onda de 286 nm. Esto sirve cuando la absorbancia de la capsaicina está en su fase orgánica. Las lecturas se realizaron por triplicado para cada muestra y 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>, el contenido de capsaicina se expresó en unidades Scoville (SHU) para determinar el picor de los materiales obtenidos.

Para la cuantificación de los carotenos totales, se utilizó la técnica descrita por Silverstein y Webster (1998), este método se hace por el método

colorimétrico con un espectrofotómetro, el aparato se ajustó a una longitud de onda de 454 nm, para cuantificar la absorbancia de las muestras analizadas de carotenos, con el mismo método, pero a una longitud de onda de 450 y 480 se obtiene la absorbancia de los diferentes tipos de  $\beta$ -caroteno, también con la misma muestra usada para las pruebas anteriores, pero con una longitud de onda de 474nm, también obtenemos la cantidad de xantofilas que contienen los progenitores e híbridos obtenidos.

### **Análisis Estadístico**

Los 8 progenitores y 16 híbridos fueron establecidos bajo un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones, la parcela útil fueron cuatro plantas con competencia completa.

Los valores medios de las variables estudiadas se analizaron mediante el modelo para el diseño experimental de bloques al azar, cuyo modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Para:

$i = 1, 2, 3, \dots, t$  (genotipo)

$j = 1, 2, \dots, r$  (repeticiones)

$\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

Dónde:

$X_{ij}$ = es el valor observado del i-ésimo genotipo en la j-ésima repetición

$\mu$ = media general

$\alpha_i$ = efecto del i-ésimo genotipo

$\beta_j$ = efecto de la j-ésima repetición

$\epsilon_{ij}$ = efecto del error experimental

Tanto el análisis de varianza como la comparación de medias con la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), se realizaron con el programa estadístico SAS versión 9.0.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a todas las variables agronómicas bajo estudio muestra diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre genotipos (ver Cuadro 4), indicando la amplia variabilidad presente entre progenitores y los híbridos bajo estudio. Para identificar los genotipos estadísticamente superiores en cada una de las variables estudiadas realizó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 5. Donde la comparación de medias para DT indica que el híbrido 1 x 8 (1.49 cm) fue el que presentó el mayor valor pero fue estadísticamente igual al progenitor UANYw (1.44cm) y al híbrido 4 x 6 (1.41 cm), el híbrido 1 x 8 superó en 12.8% a sus dos progenitores. En la variable AP el híbrido 4 x 7 (131.45 cm) presentó la mayor altura de planta pero fue estadísticamente igual a los híbridos 4 x 8 (130.32 ab), 1 x 6 (129.66cm), 1 x 7 (129.25cm), 1 x 5 (128.78cm), 1 x 8 (125.18cm), 4 x 6 (126.45cm) y 2 x 8 (121.05 cm), en ésta variable se observa que en éste grupo aparecen los progenitores Abedul, huizache, UANOg, UANPp y UANRd como parte de los híbridos que presentaron las mayores alturas de planta. Sin embargo el híbrido 4 x 7 que fue el que presentó la mayor altura, superó en 57.74 y 52.26 % a sus respectivos progenitores.

Cuadro 4. Cuadrados medios de para los progenitores e híbridos de las variables de rendimiento y componentes del rendimiento.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios					
		DT	AP	PTF	PPP	PPF	NFP
Genotipos	23	0.0093**	1154.26**	71.77**	4.48**	539.80**	4690.72**
Repetición	2	0.0003ns	89.92ns	0.737ns	0.047ns	29.95ns	146.09ns
Error	46	0.0007	19.04	0.469	0.029	22.009	109 32
CV (%)		2.09	4.03	4.54	4.55	4.92	6.72

DT= diámetro talla, AP= altura de planta, PTF= rendimiento total de fruto, PPP= peso promedio por planta, PPF= peso promedio de fruto, NFP= número de fruto por planta. \*\*( $P \leq 0.01$ ) y \* ( $P \leq 0.05$ ).

El híbrido 4 x 7 (21.40 Kg) fue el que presentó el mayor rendimiento total de fruto, sin embargo fue estadísticamente igual al híbrido 1 x 7 (20.76Kg) y 1 x 5 (20.73Kg), el híbrido 4 x 7 con el mayor rendimiento superó en 60.66 y 228.22% a sus progenitores Huizache y UANOg respectivamente, por lo tanto expresando alto vigor híbrido.

En la variable de PPP fue el híbrido 4 x 7 (5.35 Kg) el que presentó el mayor peso promedio de fruto por planta, pero fue estadísticamente igual a los híbridos 1 x 7 (5.19 Kg) y 1 x 5 (5.18 Kg), estos híbridos fueron estadísticamente superiores a sus progenitores ( $p \leq 0,05$ ). El híbrido 4 x 7 superó en 60.66 y 228.22% a su progenitor hembra y progenitor macho respectivamente, mientras que el híbrido 1 x 7 superó en 40.65 y 218.40 a sus

progenitores hembra y progenitor macho respectivamente. Lo anterior indica que estos progenitores combinan muy bien expresando un vigor híbrido.

El PPF es una variable importante ya que está determinada por el tamaño de fruto o grosor de mesocarpio y en el presente caso también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ente los genotipos bajo estudio, donde el híbrido 4 x 7 (117.33 gr) fue el que exhibió el mayor PPF aunque fue estadísticamente igual al híbrido 3 x 8 (114.89 gr), 3 x 7 (111.16 gr), 3 x 6 (100.69 gr) y cinco híbridos más, sin embargo el híbrido 4 x 7 superó en 43.59% a su progenitor hembra y en 46.35% a progenitor macho, indicando que ésta cruza combina muy bien dando frutos de mayor peso promedio.

La variable NFP, es una variable importante ya que es un componente que contribuye de forma importante al rendimiento total de fruto, se encontró que el híbrido 1 x 5 (217) fue el que presentó el mayor NFP (Cuadro 5) aunque fue estadísticamente igual a los híbridos 1 x 7 (210.66), 4 x 8 y 4 x 6 (185.66), del rendimiento, el híbrido 1 x 5 superó en 24.96% al progenitor hembra que fue el progenitor que tuvo el mayor numero de frutos de los progenitores. En éste sentido Rodríguez *et al.* (2010) indican que algunas características de rendimiento se ven favorecidas por condiciones que hay dentro de los ambientes protegidos, favoreciendo la carga de frutos por planta.

Cuadro 5. Rendimientos medios de los progenitores de *Capsicum annuum* e híbridos de chiles ancho x pimientos, estudiados en Saltillo, Coahuila en 2013.

Genotipos	DT (cm)	AP (cm)	PTF (kg)	PPP (kg)	PPF (gr)	NFP
<b>Hembras</b>						
1.- Abedul	1.32* defgh	80.26 gh	14.78 hij	3.69 hij	86.51 fgghi	173.66 cd
2.- Capulín	1.25 h	86.74 g	16.16 fgghi	4.04 fgghi	89.92efghi	182.33 bc
3.- Hmx7672	1.28 gh	84.55 gh	14.03 ij	3.51 ij	87.91 fgghi	159.00 cd
4.- Huizache	1.32 defgh	83.33 gh	13.32 j	3.33 j	81.71 ghi	160.66 cd
<b>Machos</b>						
5.-UANYw	1.44 ab	71.02 h	5.56 kl	1.39 kl	81.17 hi	72.33 ef
6.- UANRd	1.40 bcd	86.22 g	5.91 k	1.47 k	65.83 j	96.33 e
7.- UANOg	1.31 defgh	86.33 g	6.52 k	1.63 k	80.17 ij	82.33 ef
8.- UANPp	1.32 defgh	83.73 gh	3.54 l	0.88 l	66.00 j	62.00 f
<b>Híbridos</b>						
1*5	1.36 bcdefg	128.78 abcde	20.73 abc	5.18 abc	95.56 defgh	217 a
1*6	1.37 bcdef	129.66 abc	15.64 ghi	3.91 ghi	97.76 cdef	160 cd
1*7	1.37 bcdef	129.25 abcd	20.76 ab	5.19 ab	98.63 cdef	210.66 ab
1*8	1.49 a	125.18 abcde	15.57 ghi	3.89 ghi	98.55 cdef	158 cd
2*5	1.36 bcdefg	116.15 cdef	17.53 defg	4.38 defg	105.65 abcd	166 cd
2*6	1.30 efgh	115.30 ef	16.90 efgh	4.22 efgh	107.08 abcd	158 cd
2*7	1.35 cdefg	116.82 bcdef	18.59 cde	4.65 cde	102.94abcde	180.66 bc
2*8	1.36 bcdefg	121.05 abcdef	15.90 fgghi	3.98 fgghi	100.27 bcdef	158.66 cd
3*5	1.31 defgh	115.59 def	15.13 hij	3.78 hij	95.80 defgh	158 cd
3*6	1.30 fgh	111.01 f	15.90 fgghi	3.97 fgghi	100.69 bcdef	158 cd
3*7	1.28 fgh	111.23 f	17.55 defg	4.39 defg	111.16 abc	158 cd
3*8	1.29 fgh	108.71 f	16.58 efgh	4.14 efgh	114.89 ab	144.33 d
4*5	1.34 cdefgh	117.41 bcdef	16.74 efgh	4.19 efgh	103.16abcde	162.33 cd
4*6	1.41 abc	126.45 abcde	17.86 def	4.46 def	96.39 cdefg	185.66abc
4*7	1.39 bcde	131.45 a	21.40 a	5.35 a	117.33 a	182.66 bc
4*8	1.40 bcd	130.32 ab	19.22 bcd	4.80 bcd	103.58abcde	185.66abc

DT= diámetro de tallo, AP= altura de planta, PTF= rendimiento total de fruto, PPP= peso promedio por planta, PPF= peso promedio de fruto, NFP= número de frutos por planta. \* Genotipos con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En el análisis de varianza aplicado a las variables relacionadas con la calidad de fruto como son contenido de vitamina C, Carotenos totales, Xantofilas, Clorofila total y contenido de Capsaisina (Cuadro 6), presentó diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables, indicando que entre los progenitores e híbridos estudiados se presenta amplia variabilidad respecto a dichas variables bajo estudio.

Cuadro 6. Análisis de varianza para variables de calidad en progenitores e híbridos de chiles anchos, estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios				
		Vitamina C	Carot 454	Xantofila	Clorofila Total	Capsaisina
Genotipos	23	16555.1**	15484.1**	26574.9**	244800784**	482270083**
Repetición	2	0.411ns	4.31 ns	0.042ns	141ns	281615ns
Error	46	0.738	0.85	0.056	137	245658
CV (%)		0.84	0.80	0.26	0.14	1.88

Dado que se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos estudiados, se procedió a realizar comparación de medias mediante la prueba de Tukey.

El mayor contenido de Vitamina C fue presentado por el híbrido 3 x 6 ( $247.73 \text{ mg } 100\text{gr de fruto}^{-1}$ ) el cual superó en aproximadamente 7890% y 690% a su progenitor hembra Huizache que fue el que presentó el contenido de vitamina más bajo ( $3.10 \text{ mg } 100\text{gr de fruto}^{-1}$ ) y progenitor macho ( $31.36 \text{ mg } 100\text{gr de fruto}^{-1}$ )

respectivamente lo anterior indica que mediante la hibridación es posible incrementar de forma significativa la calidad nutricional de un cultivo tan importante para el pueblo de México, como es el chile.

La variable de carotenos totales estimados bajo una longitud de onda de 454 nm, el híbrido 3 x 6 fue el que presentó el mayor contenido de carotenos totales con  $247.73 \text{ mg} \cdot 100\text{gr}^{-1}$  el cual superó en 65.47% a su progenitor hembra y en 746.36% a su progenitor macho, lo anterior indica que éste importante antioxidante también es posible incrementar con el uso de progenitores adecuados para la formación de híbridos que den lugar a cosechas de alta calidad nutricional. El estudio de ésta variable es importante ya que los carotenoides de las frutas y verduras de la dieta son la principal fuente de vitamina A. La molécula de  $\beta$ -caroteno se parte en dos moléculas de vitamina A (retinol), en un proceso que ocurre en el intestino y en el que participa un complejo enzimático dioxigenasa (Martínez, 2003). Caldaria *et al.* (2007) señala que estos antioxidantes pueden alterarse por las características que tienen los invernaderos, esto podría concordar con los resultados obtenidos en ésta investigación ya que los progenitores hembras son para uso a campo abierto y no en ambiente protegido, también Contreras (2014) en su investigación trabajando con chile serrano encuentra que usar invernaderos aumenta el contenido de antioxidantes.

En la variable de contenido de xantofilas se encontró que el híbrido 2 x 5 y 2 x 6 fueron los que presentaron las mayores cantidades de xantofilas y ésta

variable es importante porque en las plantas cumplen una doble función, como pigmentos accesorios en la captación de energía lumínica y como moléculas capaces de disipar la energía de excitación excedente en forma de calor, evitando daños importantes. Mientras que como transductores de energía hacia los centros de reacción no son muy eficientes (30 % a 40 % de eficiencia) como disipadores de la energía absorbida en exceso por la clorofila son altamente eficientes (Manrique, 2003). En éste trabajo se encontró que estos híbridos superaron a sus progenitores en más de 12000% mostrando que con esquemas de mejoramiento genético como la hibridación se puede mejorar el contenido de antioxidantes que pueden ser importantes para la salud del ser humano.

En cuanto a la variable de clorofila total el híbrido 2 x 6 fue el que presentó el mayor valor ( $30663.22 \text{ mg} \cdot 100\text{gr}^{-1}$ ) superando más ampliamente el híbrido a sus progenitores con lo cual nuevamente se puede afirmar que los esquemas de mejoramiento genético de hibridación pueden ser de gran utilidad para aumentar los contenidos de clorofila en frutos de chile, contribuyendo con ello al incremento de clorofila que también cumple funciones de antioxidante entre otras propiedades importantes en la salud del ser humano.

Otra variable también importante a considerar en el chile es la pungencia, la cual determina en gran medida la aceptación o rechazo de una variedad o híbrido y en éste caso se encontró que el híbrido 3 x 5 y 4 x 8 presentaron las mayores cantidades de capsaicina ( $36429.7 \text{ SHU}$ ) superando el primer híbrido a su progenitor hembra en 109.37% y 142.86% a su progenitor macho, mientras que el

segundo progenitor superó en 86.34% a su progenitor hembra y en 160% a su progenitor macho (Cuadro 7), esto indica que hubo una expresión de sobredominancia en los híbridos formados, respecto a sus progenitores. Cruz *et al.* (2007) indican que en frutos de chile habanero cosechados a los 58 días encontraron valores de 68337 Shu, indicando que para lograr la mayor cantidad de este antioxidante se debe de tener en cuenta la etapa de desarrollo del fruto. Dado que los híbridos obtenidos tienen cantidades por encima de 30000 Shu, se les considera adecuados comercialmente. Aunque es importante considerar la interacción genotipo-ambiente para lograr la mayor pungencia (Zewdie y Bosland 2000).

En el Cuadro 8, se presentan los híbridos y los valores de heterosis estimados para las características DT, AP, PTF, PPP, PPF y NFP. En la variable DT, el híbrido 1 x 8 fue el que presentó el valor más alto en heterosis con un valor de 12.45% de incremento respecto a la media de los dos progenitores, indicando la diversidad entre los progenitores que formaron dicho híbrido, ya que el progenitor usado como hembra fue el abedul, la cual combinó adecuadamente con el progenitor usado como macho UANPp. El híbrido 3 x 7, también presentó el valor más bajo con una heterosis negativa de -4.48, lo cual confirma la similitud genética entre éstos progenitores.

Cuadro 7. Contenido medio de variables relacionadas con la calidad de fruto de progenitores *Capsicum annuum* e híbridos de chiles anchos estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013.

<b>Genotipos</b>	<b>Vitamina C</b>	<b>Carotenos</b>	<b>Xantofilas</b>	<b>Clorofila Total</b>	<b>Capsaisina</b>
	mg/100grs				SHU
<b>Hembras</b>					
1.- Abedul	46.15 m*	78.76 n	2.34 m	1.66 m	15600.0 h
2.- Capulín	8.48 p	73.22 o	2.15 m	1.48 m	23050.0 e
3.- Hmx7672	3.10 q	149.71 h	2.02 m	0.99 m	17400.0 g
4.- Huizache	20.70 o	37.88 q	2.05 m	0.61 m	19550.0 f
<b>Machos</b>					
5.-UANYw	138.83 g	171.65 h	2.08 m	0.48 m	1500.0 j
6.- UANRd	31.36 n	29.27 r	1.91 m	0.63 m	800.0 j
7.- UANOg	139.85 g	212.97 c	2.02 m	0.30 m	3100.0
8.- UANPp	21.95 o	14.36 s	1.95 m	0.21 m	1400.0
<b>Híbridos</b>					
1 x 5	110.33 i	110.33 k	231.38 c	15429.00 d	32956.0 cd
1 x 6	5.50 q	43.66 p	96.33 i	10737.89 g	33661.3 bcd
1 x 7	102.40 j	5.50 t	203.82 d	24067.46 c	35045.5 ab
1 x 8	43.66 o	79.32 mn	118.49 f	12959.84 e	35024.3 ab
2 x 5	194.40 d	194.37 e	265.90 a	4211.50 i	32987.8 cd
2 x 6	236.52 b	236.52 b	265.88 a	30663.22 a	34971.4 ab
2 x 7	44.00 m	44.00 p	250.07 b	24324.04 b	33714.3 bcd
2 x 8	98.57 k	98.57 l	105.18 h	9258.40 h	32918.9 cd
3 x 5	81.83 l	205.62 d	113.48 g	12851.46 f	36429.7 a
3 x 6	247.73 a	247.73 a	113.42 g	12852.17 f	34255.4 bc
3 x 7	205.95 c	145.40 i	35.05 j	3779.94 j	33629.5 bcd
3 x 8	145.40 f	81.83 m	34.11 j	2111.20 k	34982.0 ab
4 x 5	112.40 i	112.41 k	13.00 l	1839.89 l	32966.6 cd
4 x 6	131.16 h	131.16 j	16.38 k	1839.89 l	32203.0 d
4 x 7	79.32 l	79.32 mn	118.49 f	12959.84 e	35024.3 ab
4 x 8	178.77 e	178.77 f	120.37 e	12836.06 f	36429.7 a

\* Genotipos con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En la variable AP se encontró que el híbrido 1 x 5 presentó la heterosis más elevada de todos los híbridos con un valor de 70.25% indicando que para dicha variable los progenitores utilizados presentan genes que se manifiestan en los híbridos con plantas de mayor altura, lo cual es importante ya que se puede hacer un uso más eficiente del ambiente de invernadero, aunque éste híbrido presentó la mayor heterosis, en realidad todos los genotipos presentaron heterosis.

El Cuadro 8 muestra que el híbrido 4 x 8 presentó la mayor heterosis en PTF con un valor de 128%, sin embargo es importante señalar que todos los híbridos formados presentaron valores positivos de heterosis para ésta variable, lo cual es importante porque dicha variable es la que determina la rentabilidad de la cosecha, otros híbridos con valores altos de heterosis fueron el 4 x 7 y el 1 x 5, lo cual indica que con la formación de éstos híbridos es posible de incrementar de forma significativa el rendimiento de fruto. Ahmed y Muzafar (2000) obtuvieron heterosis de 174.52% en el rendimiento de frutos en pimiento dulce. Del mismo modo, Diku (1976) informó 10 a 20% heterosis para el rendimiento en el pimiento dulce. Ganeshreddy *et al.* (2008) reportaron valores de heterosis de hasta 152.6% para rendimiento de frutos por planta de chiles, lo cual es coincidente con los valores observados en el presente trabajo de investigación.

En la variable de PPF el híbrido que presentó el valor más alto en heterosis fue el 3 x 8 con un valor de 49.30% mientras que el valor más bajo de heterosis, aunque positivo fue presentado por el híbrido 3 x 5 con un valor de 13.32%. Lo

anterior indica que en éste importante componente del rendimiento también es posible tener logros significativos, lo anterior indica las diferencias genéticas entre progenitores que se expresan en altos valores de vigor híbrido.

La heterosis mas alta en el NFP la mostró el híbrido 1 x 5 con un valor de 76.43% (Cuadro 8) indicando que para dicha variable los progenitores utilizados presentan genes que exhiben alto vigor híbrido con alto número de frutos. Lee *et al.* (1989) observaron altos valores de heterosis en peso de frutos por planta en pimiento picante, por su parte Singh *et al.* (1973) indican que el mayor valor de heterosis para número de frutos por planta fue de 29.8% en el cultivo de chile.

En relación con la heterobeltiosis que es la comparación del híbrido en relación con el mejor progenitor se encontró que solo 7 híbridos presentaron heterobeltiosis, el valor más alto de heterobeltiosis para DT fue presentado por el híbrido 1 x 8 con un valor de 12.03% de sobreexpresión sobre el mejor progenitor. Mientras que en la variable AP el híbrido 1 x 5 fue el que presentó la mayor heterobeltiosis con un valor de 60.45%, es importante señalar que todos los híbridos formados presentaron heterobeltiosis, resultando importante ya que se obtuvieron plantas que tienen mayor altura y puede hacerse un uso mas eficiente del ambiente de invernadero.

Cuadro 8. Estimación de la heterosis en híbridos de chiles anchos estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013.

Híbridos	DT (cm)	AP (cm)	PTF (kg)	PPF (gr)	NFP
1 x 5	-1.81	70.25	103.83	13.98	76.43
1 x 6	0.37	55.77	51.18	28.34	18.52
1 x 7	3.79	55.17	94.93	18.35	64.58
1 x 8	12.45	52.67	69.98	29.24	34.09
2 x 5	1.12	47.25	61.42	23.50	30.37
2 x 6	-1.89	33.33	53.15	37.50	13.40
2 x 7	5.47	35.00	63.93	21.04	36.52
2 x 8	5.84	42.02	61.42	28.62	29.87
3 x 5	-3.68	48.60	54.47	13.32	36.60
3 x 6	-2.99	30.01	59.48	30.99	23.76
3 x 7	-4.48	30.27	76.03	44.61	23.76
3 x 8	-0.77	29.20	88.73	49.30	30.62
4 x 5	-2.90	52.13	77.33	26.67	39.35
4 x 6	3.68	49.16	85.75	30.66	44.49
4 x 7	5.70	54.96	115.73	44.96	50.34
4 x 8	6.06	56.02	128.00	40.25	66.77

La variable mas importante en la producción de cultivos es el rendimiento total de fruto y en el presente casos se encontró que el híbrido 4 x 7 fue el que presentó la mayor heterobeltiosis superando al mejor progenitor en un 60.66% (Cuadro 9), mostrando un rendimiento de aproximadamente 89166 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el progenitor con mayor rendimiento solo alcanzo 55497.78 kg ha<sup>-1</sup> y fue superado por 33669 kg ha<sup>-1</sup>, indicando lo importante que resultó la heterobeltiosis observada en el híbrido 4 x 7. Sin embargo así como se encontraron híbridos con altos valores de heterobeltiosis, de la misma manera también fue posible encontrar híbridos con valores negativos de heterobeltiosis

como fue el 2 x 8, que presentó un valor de -1.61%, esto indica que probablemente los progenitores utilizados tienen la misma base genética, contribuyendo a la endogamia, por lo tanto a la reducción del rendimiento, lo cual ocurre principalmente en las especies alogamas.

Prasad *et al.* (2003) reportaron entre los híbridos, algunos de ellos manifiestan heterosis y heterobeltiosis positiva alta, mientras que algunos híbridos exhiben valores bajos positivos o negativos. Esto se debe principalmente al grado de diversidad genética entre los padres.

El híbrido 4 x 7 fue el que presentó el valor más alto en heterobeltiosis en PPF con un valor de 43.59%, sin embargo aunque el híbrido 3\*5 presentó el valor más bajo, dicho valor fue positivo de 8.98%, indicando la gran diversidad entre los progenitores que formaron dichos híbridos, ya que todos los híbridos presentaron heterobeltiosis superando a los mejores progenitores, lo anterior resulta importante porque ésta variable es una de las que más contribuye al rendimiento total de fruto. Similarmente que el NFP el cual también mostró seis híbridos que mostraron valores positivos, pero fue el híbrido 1 x 5 el que presentó una heterobeltiosis de 24.96%, indicando que para dicha variable los progenitores utilizados presentan genes que se manifiestan en híbridos con alto número de frutos, donde se observó que el híbrido superó en 44 frutos al progenitor hembra y en 145 frutos al progenitor macho. Según Han *et al.* (1991), todos los valores de heterosis podrían deberse a la amplia diversidad genética entre las poblaciones y a la mayor variabilidad genética dentro de las poblaciones.

Cuadro 9. Estimación de la heterobeltiosis en híbridos de chiles anchos estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013.

<b>Híbridos</b>	<b>DT (cm)</b>	<b>AP (cm)</b>	<b>PTF (kg)</b>	<b>PPF (gr)</b>	<b>NFP</b>
1 x 5	-5.56	60.45	40.26	10.46	24.96
1 x 6	-2.14	50.38	5.82	13.00	-7.87
1 x 7	3.01	49.72	40.46	14.01	21.31
1 x 8	12.03	49.50	5.35	13.92	-9.02
2 x 5	-5.56	33.91	8.48	17.49	-8.96
2 x 6	-7.14	32.93	4.58	19.08	-13.34
2 x 7	3.05	34.68	15.04	14.48	-0.92
2 x 8	3.03	39.55	-1.61	11.51	-12.98
3 x 5	-9.03	36.71	7.84	8.98	-0.63
3 x 6	-7.14	28.75	13.33	14.54	-0.63
3 x 7	-2.29	28.84	25.09	26.45	-0.63
3 x 8	-2.27	28.57	18.18	30.69	-9.23
4 x 5	-6.94	40.90	25.68	26.25	1.04
4 x 6	0.71	46.66	34.08	17.97	15.56
4 x 7	5.30	52.26	60.66	43.59	13.69
4 x 8	6.06	55.64	44.29	26.77	15.56

## CONCLUSIONES

En todas las variables estudiadas, se encontraron diferencias altamente significativas entre genotipos, lo cual indica una amplia variabilidad genética entre los progenitores estudiados e híbridos desarrollados.

Los altos valores de heterobeltiosis observados en PTF, indican la posibilidad de encontrar híbridos que permiten lograr rendimientos de fruto superiores a las 88 t ha<sup>-1</sup>.

El comportamiento medio de los progenitores a través de sus cruzas, mostró que el progenitor Huizache en su cruce con UANPp, fue el que exhibió la mayor heterobeltiosis para rendimiento y pungencia de fruto.

En rendimiento de fruto 15 híbridos presentaron heterobeltiosis, lo cual indica que las diferencias genéticas entre progenitores propiciaron la expresión de vigor híbrido.

## LITERATURA CITADA

- Acosta R., G. F. y N. Chávez S. 2003. Arreglo topológico y su efecto en rendimiento y calidad de la semilla de chile jalapeño. *Agricultura Técnica en México* 29: 29-60
- Ahmed, N. and H. Muzafar. 2000. Heterosis studies for fruit yield and some economic characters in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Capsicum Eggplant Newsl.* 19:74-77.
- Cadahia-López, C. 2005. Fertirrigacion. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Tercera edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Castellanos, J. Z. 2004. La calidad del agua. p. 46-58. In: J. Z. Castellanos (Ed.). *Manual de producción hortícola en invernadero.* 2ª edición. INTAGRI. México.
- Cruz, P. A. B.; González H. V. A.; Soto, H. R. M.; Gutiérrez, E. M. A.; Gardea B. A. Pérez. G. M. 2007. Capsaicinoides, Vitamina C y Heterosis durante el desarrollo del fruto de Chile Manzano. *Agrociencia.*41: 627-635.
- DeWitt, D; Bosland, P. 1993. The Pepper Garden, From the Sweetest bell to the Hottest Habanero. Ten Speed Press, Berkeley California, US 21(41), 19-26
- Diku, S.P. 1976. Hybrids of sweet pepper bred using male sterility. *Byull Vses Nar Rasteinievod.* 64:18-19.
- Ganeshreddy, M., H.D. Mohankumar, and P.M. Salimath. 2008. Heterosis studies in chillies (*Capsicum annuum* L.), *Karnataka J. Agric. Sci.* 21:570-571.
- González, C., M. M., E. Villordo P., J. L. Pons H., F. Delgadillo S., R. Paredes M., H. Godoy H., J. L. Anaya L., F. P. Gámez V., T. Medina C., R. Rodríguez

- G., E. Ruiz C., A. Ruiz L., R. Cárdenas B., J. R. Cárdenas A., I. Torres P., E. Rendón P., J. Martínez S., F. Mojarro D., O. M. Villaseñor E., B. Z. Guerrero A. 2009. Guía para el manejo de la marchitez del chile en Guanajuato. Consejo Estatal de Productores de Chile Guanajuato–INIFAP folleto 37 p 6-32
- González, M. 1998. Los chiles: Red colaboradora de investigación y desarrollo de la horticultura. Curso regional de producción integrada de hortalizas. Antigua Guatemala, GT 279 p
- Han G C, S K Vasal, D L Beck, E Elias (1991) Combining ability of inbred lines derived from CIMMYT maize (*Zea mays* L.) germoplasm. *Maydica* 36:57-67.
- Lee, Y.M, D.Y. Shim, and B.S. Kuon. 1989. Heterosis of quantitative characters in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Kor. J. Breed. Sci.* 21:28-34.
- López Gálvez y Lozada Villasante. 2006. Agroplasticultura y riego localizado. Comisión Nacional del Agua. Organización Meteorológica Mundial. México, D.F. 187 p.
- Luna, R. J.J. y Vásquez, M.O. 1996. Perspectivas del mejoramiento genético y la propagación in vitro en el cultivo de chile. Vol.22. N.2,
- Macías, V.L.M., Baltazar, B.E., Gonzales, G.E., Serrano, G.C., Galindo, R.M.A., Maciel, P.L.H., Robles, E.F.J. 2010. Nueva tecnología de manejo para el control de la marchitez del chile en Aguascalientes.
- Manrique, E. 2003. Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz. *Ecosistemas.* 1:1-10.  
(URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/031/informe4.htm>).

- Martínez Martínez A. 2003. Carotenoides. Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Medellín Colombia. 10 p.
- Meyer, R.C., O. Torjek, M. Becher, and T. Altmann, 2004. Heterosis of biomass production in Arabidopsis. Establishment during early development.
- Muñoz Ramos. 2004. Manejo del cultivo del pimiento en invernadero. p. 257-281. En: J. Z. Castellanos (Ed.). Manual de producción hortícola en invernadero. 2ª edición. INTAGRI. México.
- Pozo, 1984. Presente y Pasado del Chile en México, Primera Edición, México DF 21(41), 19-26
- Pozo, E; Pilloix, A; Daubeze, AM. 1992. Le piment. En: Gallais, A.; Bannerot, H. (Eds.) Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de selection. INRA. Paris, FR 21(41), 19-26
- Prasad, N.B.C., K. Madhavi Reddy, and A.T. Sadashiva. 2003. Heterosis studies in chilli (*Capsicum annuum* L.). Indian J. Hort.60:69-74.
- Robles S. R. 1986. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. 1era. Edición. Ed. Limusa. México D.F. P. 477.
- SAGAR, 1998. Fichas técnicas por sistema-producto. Dirección de Hortofruticultura. Ornamentales y Plantaciones.
- SARH-INIA 1982. Ciclos de Cultivo. Diagrama de las principales especies vegetales con las cuales se efectúan investigaciones agrícolas en México. Publicación especial No. 90.
- Shull, G.H. 1948. What is heterosis? Genetics 33:439-446.

Siap 2013. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Cíclicos y perenes.  
Modalidad: Riego + Temporal.

Siap 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca.

Singh, A., H.N. Singh, and R.K. Mittal. 1973. Heterosis in chillies. Indian J. Genet.  
33:398-406.

SMN 2013. Servicio Meteorológico Nacional

Teorema Ambiental: <http://www.teorema.com.mx>

Vázquez, F., Miranda, M., Monforte, M., Gutiérrez, G., Velázquez, C., Nieto, Y.  
2007. La Biosíntesis de Capsaicinoides, El Principio Picante del Chile.  
Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 30: 353-360.

Vilaplana, M. 2007. Antioxidantes presentes en los alimentos. Vol 26 (10) pp 79-86

Zewdie, Y., And P. W. Bosland. 2000. Evaluation Of Genotype, Environment, And  
Genotype-By-Environment Interaction For Capsaicinoids In *Capsicum*  
*Annuum* L. Euphytica 111:185-190.