

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Estudio de la Heterosis y Correlación entre Caracteres de Híbridos  
Interraciales de Chile

Por:

**MARÍA DE LA PAZ BONILLA DOMÍNGUEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2015.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Estudio de la Heterosis y Correlación entre Caracteres de Híbridos  
Interraciales de Chile

Por:

**MARIA DE LA PAZ BONILLA DOMÍNGUEZ**

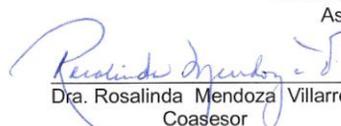
TESIS

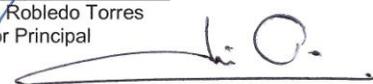
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

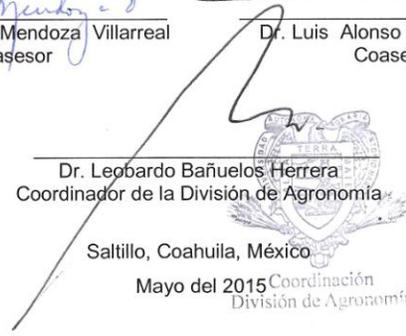
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada

  
Dr. Valentín Robledo Torres  
Asesor Principal

  
Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Coasesor

  
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Coasesor

  
Dr. Leopardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2015  
Coordinación  
División de Agronomía



## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	viii
AGRADECIMIENTOS .....	ix
RESUMEN .....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Origen.....	5
Importancia del Chile en México .....	6
Taxonomía del Chile.....	8
Composición Química del Chile .....	8
Descripción Botánica.....	9
Planta .....	9
Semilla.....	10
Raíz.....	10
Tallo.....	10
Hojas .....	10
Flores.....	10
Fruto.....	11
Requerimientos Edafoclimaticos .....	11
Temperatura .....	12
Humedad.....	13

Luminosidad.....	13
Suelo.....	13
Altitud msnm.....	14
Fotoperiodo .....	14
Riego .....	14
Fertilización.....	15
Épocas de Siembra .....	15
Variedades .....	16
Los chiles se agrupan en dulces y picantes .....	16
Plagas .....	16
Áfido/Pulgón ( <i>Myzus persicae</i> ) .....	16
Gusano del Fruto.....	17
Araña Roja ( <i>Tetranychus urticae</i> ) .....	17
Barrenillo del Chile ( <i>Anthonomus eugenii</i> ) .....	18
Minador de la hoja ( <i>Liriomyza trifolii</i> ).....	19
Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) .....	20
Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> ).....	20
Enfermedades.....	21
Mancha bacteriana ( <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> ).....	21
Antracnosis ( <i>Colletotrichum</i> spp).....	22
Pudrición blanda ( <i>Erwinia carotovora</i> pv. <i>carotovora</i> ).....	22
Cosecha.....	23
Empaque y Clasificación del Fruto .....	24
Selección de la Semilla para el Siguiete Ciclo .....	24
Mejoramiento Genético en el Cultivo de Chile.....	26
Hibridación .....	27

Heterosis y Heterobeltiosis .....	29
Análisis de Correlación .....	30
Coefficiente de correlación Lineal Simple (r) .....	30
Correlaciones Genéticas y Fenotípicas .....	31
MATERIALES Y MÉTODOS .....	33
Localización del Área Experimental .....	33
Clima .....	33
Material Genético .....	34
Establecimiento del Experimento .....	36
Siembra .....	36
Trasplante .....	36
Fertilización .....	36
Labores Culturales.....	37
Deshierbes .....	37
Podas.....	37
Entutorado .....	37
Control de Plagas y Enfermedades .....	37
Variables Estudiadas .....	38
Diámetro de Tallo (DT) cm .....	38
Altura de la Planta (AP) cm .....	38
Ancho de la Hoja (AH) cm .....	38
Largo de la Hoja (LH) cm .....	38
Diámetro Ecuatorial del Fruto (DEF) cm .....	38
Diámetro Polar del Fruto (DPF) cm .....	38
Rendimiento Total de Frutos (RTF) kg.....	39
Peso Promedio de Fruto por Planta (PPFP) kg .....	39

Peso Promedio de Fruto (PPF) g .....	39
Número de Frutos por Planta (NFP).....	39
Análisis Estadístico .....	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	42
CONCLUSIONES.....	56
LITERATURA CITADA .....	58

### ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química del chile por cada 100g de fruto.....	9
Cuadro 2. Temperaturas críticas para chile en las distintas fases de desarrollo.....	12
Cuadro 3. Fertilización con base al estado fenológico del cultivo del chile (Bolaños, 2001).....	15
Cuadro 4. Progenitores e híbridos estudiados en Saltillo, Coah., en 2014.....	35
Cuadro 6. Cuadrados medios de seis variables relacionadas con el rendimiento de fruto de progenitores e híbridos, en Saltillo Coahuila 2013.....	43
Cuadro 7. Valores medios de variables agronómicas estudiadas en progenitores e híbridos inter-raciales de <i>Capsicum annuum</i> , en Saltillo Coahuila 2013.....	46
Cuadro 8. Análisis de varianza para cuatro variables agronómicas bajo estudio de progenitores e híbridos en Saltillo, Coahuila, 2013.....	47
Cuadro 9. Medias de cuatro variables estudiadas en progenitores e híbridos inter-raciales de <i>Capsicum annuum</i> estudiados en Saltillo Coahuila 2013.....	48
Cuadro 10. Estimación de la heterosis en híbridos de chiles jalapeños estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013.....	51
Cuadro 11. Estimación de la heterobeltiosis en híbridos de chiles jalapeños estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013.....	53
Cuadro 12. Análisis de correlación para las variables agronómicas estudiadas en progenitores e híbridos de <i>Capsicum annuum</i> , en Saltillo Coahuila, 2013.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muestra pulgones de la especie ( <i>Myzus persicae</i> ). Según Productores de Hortalizas, 2004. ....	17
Figura 2. Muestra Araña Roja de la especie ( <i>Tetranychus urticae</i> ).Según Productores de Hortalizas, 2004. ....	18
Figura 3. Muestra el Barrenillo del Chile la especie ( <i>Anthonomus eugenii</i> ).Foto tomada por Productores de Hortalizas, 2004.....	19
Figura 4. Muestra el Minador de la hoja de la especie ( <i>Liriomyza trifolii</i> ).Según Productores de Hortalizas, 2004. ....	20
Figura 5.Muestra Mancha bacteriana de especie ( <i>Xanthomonas campestris pv. vesicatoria</i> ).Según Productores de Hortalizas, 2004. ....	22
Figura 6. Muestra Antracnosis de la especie ( <i>Colletotrichum spp</i> ).Según Productores de Hortalizas, 2004. ....	22
Figura 7. Muestra Pudrición blanda de la especie ( <i>Erwinia carotovora pv carotovora</i> ).Según Guerrero, 2012.....	23

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Con cariño y amor por haberme dado la oportunidad de nacer y desarrollarme en la familia que me dio, por llenarme de paz, darme motivos para seguir adelante, no dejarme sola, por llenar mi vida con mi grandioso hijo y esposo, por todas las bendiciones que nos hace llegar día a día por todo gracias.

### **A mi mama**

Rogelia Domínguez Benítez con cariño a quien le estoy muy agradecida por todo el amor, apoyo incondicional, por inculcarme valores, por todas esas noches cuidándome cuando estaba enferma, por sus sacrificios, me siento orgullosa de ti.

### **A mi esposo e hijo**

José Castañeda Cárdenas con mucho cariño por impulsarme a continuar con mis estudios, por estar siempre conmigo en los buenos y malos momentos, por creer en mí, por ser un buen padre, por tu incondicional apoyo, te amo. Y a ti Alexander Castañeda Bonilla por llenar mi vida de felicidad y alegría, por ser un motor de impulso, te amo, siempre voy a estar a tu lado para cuidarte, cuenta conmigo siempre.

### **A mis hermanas (os)**

Concepción, Rosalba, Yesi, Alma y Cesar con amor y cariño, por ser un motor para seguir adelante, por siempre confiar en mí, por estar conmigo en los buenos y malos momentos de mi vida los quiero mucho.

A mis abuelos Daniel Domínguez, Domitila Benítez y suegros Sebastián Castañeda, Agapita Cárdenas gracias por creer en mí, por demostrarme su unidad, cariño en familia los quiero mucho y siempre me sentiré agradecida con ustedes.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al Departamento de Horticultura por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera y haber sido mi segunda casa.

Al Dr. Valentín Robledo Torres por su cooperación, paciencia, incondicional apoyo y gran disponibilidad en el asesoramiento de mi tesis, siendo una pieza fundamental del trabajo.

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal por su gran dedicación y apoyo en la revisión del presente trabajo.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar por su valioso tiempo y apoyo en la revisión del presente trabajo.

Al M.C. Gibran Jaciel Alejandro Rojas por su gran apoyo y amistad en el momento que se requirió.

A todos los maestros 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 amigas(os) y compañeros que convivieron conmigo y me brindaron su apoyo durante mi estancia en la Universidad.

A Inés, Danny, Mariela, Karla, Katy, Mónica Morales, Mónica Alik, Oli, Yesi, Dulce, Edith, Viviany, Santis, Leo, Felipe, Migue, Melesio, Angel, Abarca, Ivan, por compartir conmigo tantas experiencias y por permitirme aprender tanto de ustedes.

A la generación CXVIII de Horticultura.

## RESUMEN

México es el segundo productor mundial de chile (*Capsicum annum*) y es la hortaliza más importante por superficie sembrada. Aunque México es el centro de origen y tiene una amplia diversidad, se tiene poca evidencia del comportamiento de híbridos interraciales en ésta especie. Por lo tanto, con el objetivo de conocer el potencial de rendimiento de híbridos raciales de jalapeño para invernadero se realizaron cruzamientos con pimiento. Para lo cual se inició con la siembra el 12 de marzo de 2013, usando chiles jalapeños (hembras; Invicto, Ciclón, UAN23, UAN32, Euforia) y pimientos (Machos; UANRd, UANYw, UANOg, UANPp) y 40 días después fueron trasplantados en invernadero para realizar la formación de los híbridos, posteriormente fueron sembrados en invernadero para su evaluación. El trasplante fue en camas de 1.60 m de ancho a doble hilera y separación de 40 cm entre plantas, tomando 4 plantas con competencia completa como parcela útil.

Se encontraron híbridos que superaron ampliamente en rendimiento de fruto a los progenitores, los más sobresalientes fueron el; 9 x 3, 8 x 2, 8 x 4 y 5 x 3, mientras que los de mayor heterosis fueron el 8 x 4, 9 x 3, 9 x 4, 8 x 2 y 8

x 3 y los híbridos 8 x 4, 9 x 3, 9 x 4 y 5 x 4 tuvieron los mayores valores de heterobeltiosis. Además las variables (numero de frutos por planta, diámetro tallo, ancho hoja) NFP, DT y AH fueron las más estrechamente relacionadas con rendimiento de fruto, por lo tanto se pueden utilizar como variables indirectas de selección, en Chile.

**Palabras clave:** *Capsicum annuum*, Heterobeltiosis, Pimientos, Chile Jalapeño.

Correo electrónico; María de la Paz Bonilla Domínguez,  
[mari\\_7249@hotmail.com](mailto:mari_7249@hotmail.com)

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del chile forma parte de la historia, tradición culinaria y cultura de México y es, además, un producto agrícola con alta demanda mundial (Pérez *et al.* 2008).

El género *Capsicum*, incluye un promedio de 25 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América, donde se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7.000 años. Al menos cinco especies son cultivadas en mayor o menor grado pero, sin embargo en el ámbito mundial, casi la totalidad de la producción de chile pimienta está dada la especie *annuum*. Después del descubrimiento de América todas estas especies, principalmente (*Capsicum annum*), han sido llevadas a distintas regiones del mundo y rápidamente han pasado a ser la principal "especia" o condimento de comidas típicas de muchos países y se encuentra ampliamente extendido, siendo China, Estados Unidos y México los principales productores en el ámbito mundial (Cano, 1998).

La capsaicina es el compuesto que en mayor o menor medida, produce la sensación de picor en cada una de las variedades de chile, y es la que lo ha vuelto un condimento famoso en el orbe, de ahí que en cualquier mesa es

infaltable el chile Jalapeño, cascabel, de árbol o habanero, ya sea en salsa, asado, en escabeche o desflemado. Además tiene efectos medicinales: aumenta el número de calorías quemadas durante la digestión, reduce los niveles de colesterol, es anticoagulante y se usa como analgésico y antiinflamatorio, incluso tiene propiedades para combatir el proceso de oxidación y hasta el cáncer (SIAP, 2014).

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) los cinco principales países productores de chile durante el 2006 son China con una producción de 12, 531,000 t., México, 853,610 t, Turquía 745,000 t, Estados Unidos 977,760 t y España 953,200 t de chile (SIAP, 2010).

En el contexto nacional para el 2009, los estados que destacan en la producción de chile son Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas. El estado de Chihuahua es líder en la producción de este cultivo, generando volúmenes de producción de 508,058 t, Sinaloa 508,058 t, Zacatecas 288,125 t de chile (SIAP, 2010).

La producción de chile en el estado de Chihuahua es importante y las regiones más representativas en producción son Delicias y Casas Grandes, para el año 2009 la mayor producción de chile se observa en la región de Casas Grandes con 248,984 toneladas, mientras que la región de Delicias presenta 189,505 toneladas (SIAP, 2010).

La situación actual del cultivo de chile en la región Centro y Bajío del país demanda el desarrollo de híbridos y variedades comerciales de alta calidad para las condiciones ambientales y socioculturales de la región. Se requieren variedades o híbridos de semilla sana, vigorosa y con buena calidad de germinación, de alta pureza genética, con resistencia a plagas y enfermedades, con buena calidad de fruto y con alto potencial de rendimiento (Hernández, 2014).

El desarrollo de híbridos y variedades de excelencia requiere de un proceso controlado de carácter biológico y evolutivo, conocido como mejoramiento genético. Aunque México figura como uno de los centros de domesticación del chile, existe una gran confusión en cuanto a su clasificación debido a la gran diversidad y formas de propagación, conservación, etapas de cosecha, formas de consumo y usos (Hernández, 2014).

Las variedades modernas o híbridos poseen menor cantidad de variación genética que las razas locales debido a que el mercado pide o exige a los productores uniformidad en el tamaño, forma y color de los frutos de chile o cualquier otro cultivo. La mayor variación genética mantenida en las variedades locales origina que cuando éstas se siembran, se cosechen frutos que presentan variación o diferencias en el tamaño, forma o color de sus frutos (Hernández, 2014). Sin embargo uno de los principales problemas que afecta a los productores de chile, es la escasez de semilla de genotipos mejorados nacionales, que satisfagan en producción, calidad de fruto y resistencia a

factores adversos, es por eso que se buscan obtener nuevos materiales de *Capsicum annuum* (Bravo *et al.* 2006). Por lo tanto los objetivos del presente trabajo fueron:

Determinar el rendimiento de fruto y componentes del rendimiento en progenitores e híbrido de la cruce jalapeños x pimientos.

Estimar la heterosis y heterobeltiosis en híbridos de la cruce de chiles jalapeños x pimientos.

Bajo las hipótesis de que:

Al menos uno de los progenitores e híbridos presentara atributos de rendimiento y calidad de fruto que pueden satisfacer las necesidades del mercado.

Por lo menos uno de los híbridos superará a la media de los dos progenitores o bien que hay por lo menos un híbrido que supera al mejor progenitor.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen

El nombre viene del náhuatl, chilli y se aplica a numerosas variables y formas de la planta herbácea anual (*Capsicum annuum*), de la familia de las solanáceas, algunas corresponden a la especie arbustiva perenne *C. frutescens*. Existen cinco especies cultivadas: *Capsicum annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* y *C. pubescens* (García *et al.*, 2003).

El centro de origen y domesticación de *C. annuum* es Mesoamérica, propiamente México y Guatemala. México es el país que presenta la mayor variabilidad de formas cultivadas y silvestres, se encuentra distribuida en todo el país. Presenta la mayor variabilidad en cuanto a tamaño, forma y color de los frutos, los cuales pueden variar entre 1 y 30cm de longitud, con formas alargadas, cónicas o redondas y cuerpos gruesos macizos o aplanados. Esta especie agrupa la gran mayoría de los tipos cultivados en México, como: ancho, serrano, jalapeño, morrón, mirasol, pasilla y mulato (Hernández *et al.*, 2001). En México existen más de 40 variedades de chiles y destaca en el mundo por tener la mayor variabilidad genética de *Capsicum annuum*. En la actualidad por su gran diversidad de aromas y sabores, los chiles mexicanos han estado

impactando en todo el mundo, creciendo la demanda en cualquiera de sus presentaciones: procesados, frescos y secos (FAO, 2012).

### **Importancia del Chile en México**

El chile es el saborizante más utilizado en México y a nivel mundial, por lo tanto se ubica entre las siete hortalizas más cultivadas. Dada la gran diversidad de tipos de chiles cultivados y silvestres, y los diversos usos que se da a los frutos, para consumo como alimento directo o procesados en salsas, polvo o encurtido, la importancia económica de este cultivo es evidente (Baltazar, 1998).

El chile es una de las hortalizas más importantes por su alto valor nutritivo, ya que contiene: agua, carbohidratos, proteínas, grasas, fibra, vitaminas A, B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B6, B12, vitamina C, azufre, calcio, cloro, cobre, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, niacina, potasio, sodio y yodo; además permite la absorción de hierro presente en granos y legumbres. El principio activo de los chiles que más interesa a los investigadores de salud es la capsaicina, responsable del sabor picante, caliente, de estos frutos (Homero *et al.* 2000).

México a nivel mundial ocupa el segundo lugar en volumen de producción y el tercero en superficie cosechada, con casi 53000 hectáreas y 2130000 toneladas de producción (SIAP, 2011). A nivel mundial, los cinco

principales países productores de chiles son: China, México, Turquía, Indonesia y Estados Unidos de América.

A nivel nacional, los estados con mayor producción son Chihuahua, Sinaloa, y Zacatecas, los tipos raciales que más se cultivan son el jalapeño, serrano, poblano, morrón y habanero (SAGARPA, 2012).

En México el consumo de chiles por persona es mayor al consumo de arroz y de papa. En 2010 se registró un consumo per cápita de más de 8.7 Kg. Por lo que representa un incremento del 17.6% de 1990 a la fecha. El chile es, junto con el maíz y el frijol, una importante fuente de alimentación para la población (SIAP, 2012).

El incremento de la población mundial obliga a generar nuevas tecnologías de producción, con la finalidad de aumentar el rendimiento hortícola por unidad de superficie y la calidad de productos alimenticios para el mercado demandante, por lo cual exige que la agricultura moderna sea capaz de producir en forma más eficiente. La producción mediante el uso de invernaderos permite obtener mayores rendimientos y mejor calidad de frutos, cuando no es posible a campo abierto, lo que se traduce en mejores precios en el mercado (Jiménez *et al.* 2014).

## **Taxonomía del Chile**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *annuum*

## **Composición Química del Chile**

El chile juega un papel importante en la alimentación ya que proporciona vitaminas y minerales; investigaciones médicas recientes comprueban su efectividad al utilizarlo como anestésico y como estimulantes de la transpiración (Muciño *et al.* 2009).

Cuadro 1. Composición química del chile por cada 100g de fruto.

Composición	Unidades	Unidades
Agua	93.0	g
Calcio	6.0	mg
Fierro	1.8	mg
Fósforo	22.0	mg
Potasio	195.0	mg
Sodio	3.0	mg
Carbohidratos	5.3	g
Fibra	1.2	g
Grasa	0.5	g
Proteínas	0.9	g
Acido ascórbico	128.0	mg
Vitamina A	530.0	UI
Energía	25.0	Kcal

(Muciño *et al.* 2009).

## Descripción Botánica

### Planta

Semiarbusto de forma variable, entre 0.60 m a 1.50 m de altura, dependiendo principalmente de la variedad, de las condiciones climáticas y del manejo. Es monoica, tiene los dos sexos incorporados en una misma planta, y es autógama, es decir que se autofecunda; aunque puede experimentar hasta un 45% de polinización cruzada, razón por la cual se recomienda sembrar semilla híbrida certificada cada año.

## **Semilla**

Se encuentra adherida a la planta en el centro del fruto. Es de color blanco crema, de forma aplanada, lisa, reniforme, cuyo diámetro alcanza entre 2.5 y 3.5 mm. El porcentaje de germinación generalmente es alto y puede mantenerse por 4 a 5 años bajo adecuadas condiciones de conservación.

## **Raíz**

Tiene una raíz pivotante, que luego desarrolla un sistema radicular lateral muy ramificado que puede llegar a cubrir un diámetro de 0.90 a 1.20 m, en los primeros 0.60 m de profundidad del suelo.

## **Tallo**

Puede tener forma cilíndrica o prismática angular, glabro, erecto y con altura variable, según la variedad. Esta planta posee ramas dicotómicas o pseudo dicotómicas, siempre una más gruesa que la otra (la zona de unión de las ramificaciones provoca que éstas se rompan con facilidad). Este tipo de ramificación hace que la planta tenga forma umbelífera (de sombrilla).

## **Hojas**

Hojas simples, Alternas, pequeñas, con limbo oval lanceolado de bordes, lisos, colores verde oscuro, enteros, glabras y pecíolos comprimidos.

## **Flores**

Son actinomorfas, hermafroditas, con cáliz de 6 sépalos, Corola color blanco verduzco o blanco amarillento y pedicelos generalmente múltiples, de 6

pétalos y 6 estambres insertos en la garganta de la corola, el estigma generalmente está al nivel de las anteras, lo que facilita la autopolinización. La polinización cruzada por los insectos es de un 80 % por lo que las variedades pierden su pureza genética rápidamente. Las flores están localizadas en los puntos donde se ramifica el tallo o axilas, encontrándose en número de una a cinco por cada ramificación. Generalmente, en las variedades de fruto grande se forma una sola flor por ramificación, y más de una en las de frutos pequeños. El ovario es súpero (Muciño *et al.* 2009).

### **Fruto**

Es una baya, con una cavidad entre la placenta y la pared del fruto, siendo la parte aprovechable de la planta. Tiene forma globosa, rectangular, cónica o redonda. Existe una diversidad de formas y tamaños en los frutos, pero generalmente se agrupan en alargados y redondeados y tamaño variable, su color es verde al principio y luego cambia con la madurez. La constitución anatómica del fruto está representada por el pericarpio y la semilla. En casos de polinización insuficiente se obtienen frutos deformes (Muciño *et al.* 2009).

### **Requerimientos Edafoclimaticos**

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

## Temperatura

Es una planta exigente en temperatura (más que el tomate y menos que la berenjena). El cultivo se adapta muy bien a altitudes de 0 hasta 2,300 msnm, dependiendo de la variedad.

Los saltos térmicos (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna) ocasionan desequilibrios vegetativos. La coincidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 15 y 10°C) da lugar a la formación de flores con alguna de las siguientes anomalías: pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del ovario principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras, etc. (Burgueño, 1997).

Las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos (Burgueño, 1997).

Cuadro 2. Temperaturas críticas para chile en las distintas fases de desarrollo.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento	20-25 (día)	15	32
Vegetativo	16-18 (noche)		
Floración y fructificación	26-28 (día) 18-20 (noche)	18	35

## **Humedad**

La planta absorbe el agua por las raíces junto con los nutrientes minerales disueltos. Usa el agua en la elaboración de carbohidratos durante la fotosíntesis y para el transporte interno de los nutrimentos, de las fitohormonas y los productos de la fotosíntesis que intervienen en la formación de nuevos tejidos y en el llenado de los frutos. La mayor parte del agua se pierde en evaporación y transpiración de la planta. Se adapta bien a humedades relativas elevadas y por tanto a ambientes confinados de invernaderos. La humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 70%, si bien es beneficiosa para el desarrollo de la planta (Bolaños, 2001).

## **Luminosidad**

El chile es una planta muy exigente en luz sobre todo en la época de la floración. En estado de plántula, el chile es un cultivo relativamente tolerante a la sombra. En el semillero, la aplicación de hasta 55% de sombra aumenta el tamaño de las plantas, lo que en el manejo favorece la producción de mayor número de frutos de tamaño grande. La sombra tenue puede ser benéfica para el cultivo, por reducir el estrés de agua y disminuir el efecto quema de frutos por el sol; sin embargo, el exceso de sombra reduce la tasa de crecimiento del cultivo y también puede provocar aborto de flores y frutos.

## **Suelo**

Requiere suelos franco limosos o franco arenosos ricos en materia orgánica, es decir, suelos profundos, livianos con buen drenaje, debido a que el

cultivo es susceptible a las pudriciones causadas por el exceso de humedad en el suelo. Las raíces de las plantas penetran con facilidad hasta 1,0 m de profundidad, las plantas muestran un crecimiento normal cuando el pH del suelo está entre 5.5 y 6.8, para cumplir satisfactoriamente sus requerimientos hídricos requiere de 600 a 900 mm de precipitación distribuidos en forma regular (García *et al.* 2009).

### **Altitud msnm**

Este tipo de cultivo prospera adecuadamente entre 0 a 2500 msnm. Alturas mayores a las mencionadas y climas secos destruyen las flores impidiendo de esta manera la formación del fruto.

### **Fotoperiodo**

La floración se realiza mejor y es más abundante en los días cortos (diciembre), siempre que la temperatura y los demás factores climáticos sean óptimos.

### **Riego**

La planta de chile no es tan exigente en agua como el tomate, pero se debe procurar que no ocurran déficits de humedad durante la etapa de crecimiento y aumentar y los riegos una vez que se inicia la floración. Las raíces de esta planta exploran un gran volumen del suelo. Por lo que hay que tratar de que el agua de riego se infiltre hasta las capas inferiores del perfil del suelo.

## Fertilización

La fórmula de fertilización puede variar de acuerdo a las condiciones específicas de cada lugar de cultivo, principalmente la textura y fertilidad del suelo, la extracción de nutrientes según la cantidad de la última cosecha.

## Épocas de Siembra

Existen dos épocas de siembra: la primera se extiende desde mayo hasta principios de agosto y la segunda es en noviembre. Si se cuenta con riego se puede sembrar durante todo el año.

Cuadro 3. Fertilización con base al estado fenológico del cultivo del chile (Bolaños, 2001).

Etapa fenológica del cultivo	Nutrientes (kg·ha <sup>-1</sup> )		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Trasplante	20	60	20
Inicio de la floración	50	66	82
Inicio de cosecha	27	4,5	15
Hasta el 60% de la producción	105.5	75	101
Hasta el final de la cosecha	72	13.5	108
<b>Total</b>	<b>274.5</b>	<b>219</b>	<b>326</b>

## **Variedades**

### **Los chiles se agrupan en dulces y picantes**

Las variedades de chile dulce más utilizadas son: Keystone Resistant Giant, California Wonder, Mild California, Ruby King, Yolo Wonder, Florida Giant, Tres puntas, Mil frutos, Agronómico 10 G y Tropical Irazú (Arteaga, 1991).

Las variedades picantes utilizadas son: Cayenne, Jalapeño, Panamá y Tabasco que tienen buena producción y un picor aceptable. Existen otras variedades en el mercado que también han mostrado buena adaptación (Arteaga, 1991).

## **Plagas**

Organismos que afectan al cultivo, ya sea en forma directa o indirecta, causando pérdidas económicas.

### **Áfido/Pulgón (*Myzus persicae*)**

Tiene un tamaño de 1.6 a 2.4 mm, son de color amarillo pálido a verde. Las ninfas y los adultos atacan punzando las hojas y succionando la savia; luego las hojas se enrollan hacia abajo y se arrugan; prosigue el marchitamiento y la decoloración de la hoja. Ocasiona la reducción de la calidad y de la cantidad de fruta. Las plantas gravemente infestadas se vuelven de color café y mueren. Para su control pueden utilizarse: acefato, etiofencarb,

fosfamidón, imidacloprid, metamidofos, pirimicarb, malatión metomilo e insecticidas pertenecientes al grupo de los piretroides. Se aconseja su utilización a partir de los meses invernales. El umbral de tratamiento se estima en un 3 a 10 % de brotes atacados (Macías *et al.* 1999).



Figura 1. Muestra pulgones de la especie (*Myzus persicae*). Según Productores de Hortalizas, 2004.

### **Gusano del Fruto**

Los adultos de esta plaga son palomillas color café grisáceo de hábitos nocturnos, comunes de observar al oscurecer; depositan huevecillos en partes tiernas de la planta, de donde nacen larvas de color verde pálido, que inicialmente se alimentan del follaje y luego perforan los frutos. El daño de esta plaga generalmente no es de importancia; sin embargo, se sugiere aplicar insecticida cuando se observe un fruto con daño reciente, aproximadamente en cada 20 metros de surco. Los insecticidas recomendados son Nudrín 90, Folidol M-72, Tamaron 600 o Ambush 34 a dosis de 350 gramos, 1.0 litros, o 0.5 litros por hectárea (Lujan *et al.* 2010).

### **Araña Roja (*Tetranychus urticae*)**

El adulto posee ocho patas, mide de 0.3 a 0.5 milímetros de largo. La hembra, de forma oval, tiene un color que va del amarillento al verde, con dos o

cuatro manchas dorsales oscuras. Los huevecillos son esféricos, diminutos-transparentes al principio. La larva tiene seis patas y no es mucho más grande que el huevecillo. Durante las dos etapas de ninfa es de color gris pálido, de forma oval y de ocho patas.

Atacan penetrando la epidermis y extraen la savia del envés de las hojas. El follaje infestado adopta pronto un aspecto blancuzco o bronceado. Cuando son gravemente infestadas se tornan pálidas y se secan. Son las larvas quienes inician los daños. Para controlar esta plaga con productos a base de dicofol, tetradion, dicarzol, dinocap, metamidofos y jabones insecticidas es muy efectivo (Macías *et al.* 1999).



Figura 2. Muestra Araña Roja de la especie (*Tetranychus urticae*). Según Productores de Hortalizas, 2004.

### **Barrenillo del Chile (*Anthonomus eugenii*)**

Tiene cuerpo ovalado, negro lustroso con pelos ralos de color canela a gris, mide unos 3 mm. Las larvas son blancas con cabeza color café. Los huevos son depositados en orificios de capullos y brotes de la planta o en la base de los chiles inmaduros. Tanto los adultos como las larvas causan daños al cultivo. Las infestaciones pueden pasar desapercibidas hasta que los tallos

de los chiles jóvenes se vuelven amarillentos y se marchitan. Los picudos adultos se alimentan de frutos y brotes de hojas. Para su control utilizar Malatión CE 100 (Malatión) 1.0 a 1.5 l ha<sup>-1</sup>, o con piretrina para uso en cultivo orgánico (Macías *et al.* 1999).



Figura 3. Muestra el Barrenillo del Chile la especie (*Anthonomus eugenii*).Foto tomada por Productores de Hortalizas, 2004.

#### **Minador de la hoja (*Liriomyza trifolii*)**

Mide 1 a 1.8 mm de largo. Tiene el tórax cubierto de pelos traslapados que le proporcionan un color gris plateado; la cabeza detrás de los ojos es predominantemente amarilla. Insertan los huevos en las hojas y las larvas se alimentan entre las superficies de las hojas, lo que crea una mina u horadación sinuosa. Los huevecillos, cerca de 0.2 mm de largo, son en ocasiones visibles a través de la epidermis superior de la hoja. Las larvas amarillentas y las pupas marrones. Efectúa en las hojas horadaciones de ondulaciones irregulares. En las hojas más dañadas, se reduce grandemente la eficacia fotosintética y las plantas pueden perder la mayor parte de sus hojas. La defoliación podría reducir el rendimiento y el tamaño del fruto. Para controlar esta plaga a pequeña escala, el retirar las hojas infestadas ayuda a mantener un nivel

manejable de minadores de la hoja, aunque el empleo de insecticidas es un método de control más confiable (González, 1989).



Figura 4. Muestra el Minador de la hoja de la especie (*Liriomyza trifolii*). Según Productores de Hortalizas, 2004.

### **Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)**

Mide 1.5 mm de largo, las plantas se cubren con mosquitas blancas de cuatro alas blancas de aspecto cerúleo. Las pupas son ovaladas, la parte superior plana, con filamentos que emergen desde arriba. Las plantas infectadas presentan menos vigor y las hojas están cubiertas con mielecilla. La mosca blanca se alimenta del tejido de las hojas, extrayendo la savia de la planta lo cual entorpece su crecimiento. Las hojas se vuelven amarillentas y se caen en las plantas infectadas. Se desarrolla un hongo semejante a hollín en las hojas cubiertas del rocío viscoso producido por la mosca blanca. Para controlarla aplicar Confidor SC 35 (Imidacloprid) 1.0 l/ha. (Macías *et al.* 1999).

### **Trips (*Frankliniella occidentalis*)**

Los adultos *Frankliniella occidentalis* son de 1.5 mm de largo y sus ojos tienen un pigmento rojo. El color de la hembra varía de amarillo hasta café oscuro, mientras el macho siempre es de color amarillo pálido. Los huevos de tono amarillo no se pueden ver ya que son depositados en el tejido de la planta.

Se alimentan de los jugos de la planta en la base de las hojas jóvenes; se puede encontrar en el suelo en forma de pupa y en las flores cuando es adulto. Algunas hojas se deforman y enroscan hacia arriba (lo que no se debe confundir con el daño de pulgones que ocasiona el enroscamiento de las hojas hacia abajo). Las infestaciones retardan la maduración de la planta. Para su control la colocación de mallas es muy útil o en el control químico, las aplicaciones deben alcanzar bien toda la planta, sobre todo en el envés de las hojas y flores. Procurar mantener un control de la plaga desde el inicio del cultivo y sobre todo antes de la floración (González, 1989).

### **Enfermedades**

Pueden ser un problema serio en el cultivo de Chile. Tratar de conocer y reconocer los síntomas es sin duda el primer paso para hacer la cura correcta.

#### **Mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*)**

La mancha bacteriana es causada por la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. Los síntomas son inicialmente hidrópica maculatura en contorno irregular, visible en la parte inferior de la hoja, que evolucionan hacia manchas necróticas generalmente rodeadas por un halo clorótico, mejor vistos en la superficie superior de la hoja. El daño consiste en la caída de hojas y la pérdida de fruta. El control el uso de fungicidas a base de cobre, un uso excesivo puede retardar el crecimiento de las plantas (Macías et al. 1999).



Figura 5. Muestra Mancha bacteriana de especie (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*). Según Productores de Hortalizas, 2004.

### **Antracnosis (*Colletotrichum* spp)**

La antracnosis es causada por el hongo *Colletotrichum coccodes*: el patógeno es un hongo ascomiceto de la planta, y es promovida por temperaturas cálidas y alta humedad. Los síntomas aparecen en ambas vainas, maduros e inmaduros y se caracterizan por depresiones y manchas circulares de color café claro que pueden crecer hasta 3 cm (Productores de hortalizas ,2004).



Figura 6. Muestra Antracnosis de la especie (*Colletotrichum* spp). Según Productores de Hortalizas, 2004.

### **Pudrición blanda (*Erwinia carotovora* pv *carotovora*)**

La pudrición blanda causada por la bacteria *Erwinia carotovora*, directamente sobre la fruta. El tejido interno se ablanda y luego se transforma en una masa de agua con un olor fétido. La *Erwinia carotovora* puede infectar tanto a los tallos que crecen en pleno desarrollo, causando amarillamiento,

necrosis y podredumbres del tallo. En la actualidad no existen medios eficaces de lucha, sino sólo las estrategias preventivas directas (Guerrero, 2012).



Figura 7. Muestra Pudrición blanda de la especie (*Erwinia carotovora* pv *carotovora*). Según Guerrero, 2012.

### **Cosecha**

El primer corte de fruto en verde es conveniente hacerlo cuando se tenga un promedio de cinco a ocho frutos listos para cosecha por mata. El retraso del primer corte puede avejentar antes de tiempo a las plantas, y reducir la producción hasta en un 20 por ciento dependiendo del tiempo de demora. Los cortes pueden darse cada 18 a 25 días, hasta completar de tres a seis cortes. Se sabe que el fruto está maduro en verde cuando es consistente, brillante y puede tener rayas o puntos corchosos. No debe cosecharse cuando hay agua en el follaje de las plantas porque los frutos se humedecen y al acumularse en las arpillas se despellejan con el calor.

Bajo siembra directa, las variedades precoces se cosechan a mediados de Julio, las intermedias a finales de Julio y las tardías a principios de Agosto (bajo trasplante la cosecha se adelanta de 15 a 22 días). Los híbridos que por su alto costo se establecen bajo trasplante, se cosechan del 10 al 30 de Junio los precoces, del 30 de Junio al 10 de Julio los intermedios y del 10 al 25 de

Julio los tardíos, depende del genotipo, tipo de suelo y manejo del cultivo (INIFAP, 2010).

### **Empaque y Clasificación del Fruto**

El chile para verdeo se cosecha en estado "sazón" y se transporta a los centros de consumo en camiones a granel o en costales.

El chile seco se debe mojar una vez que ha salido de los hornos deshidratadores para que no se maltrate o quiebre y su empaque se realiza un día después de haber humedecido los frutos, los cuales se clasifican en las siguientes calidades:

Chiles buenos: Frutos de todos tamaños pero en buenas condiciones. Estos se venden a mercados, tiendas y autoservicios, entre otros.

Rezaga: Son frutos quebrados o con daños causados por el sol, plagas y enfermedades principalmente. Se venden a la industria para la elaboración de chile molido, salsas o moles.

El empaque se hace en costales o petates. De esta forma, el chile puede durar almacenado hasta dos años o más.

### **Selección de la Semilla para el Siguiete Ciclo**

Debido a la escasez de semilla certificada en el mercado, el productor ha optado por conseguir la semilla con otros productores, la cual es de baja

calidad. Una buena técnica de selección depende en gran parte la futura producción de chile. El método para producir semilla se describe a continuación:

Antes de iniciar la cosecha, se aconseja marcar las plantas seleccionadas que reúnan buenas características agronómicas con estacas, hilos de color, alambre o cualquier otro material vistoso; así mismo, se marca la cabecera del surco donde hay plantas seleccionadas. Se debe procurar que las plantas de las cuales se obtendrá la semilla se parezcan entre sí y que reúnan las características siguientes:

1. Que se observen sanas, vigorosas, bien desarrolladas y que no tengan coloraciones extrañas o deformaciones en las hojas.
2. Plantas con buena carga y distribución de frutos que tengan las características deseadas por el productor.
3. Que los frutos tengan forma atractiva, tamaño grande y sean uniformes.

Cuando los frutos hayan madurado, se cosechan por separado las plantas seleccionadas para semilla, de las destinadas para la producción comercial. Para la obtención de la semilla, deseche los frutos de las plantas enfermas. Después de cosechar todos los frutos, es conveniente escoger las más grandes, sanas y con mejor apariencias para obtener su semilla. Se ponen a secar en paseras o asoleaderos de cemento y se voltean continuamente para que su secado sea uniforme. Una vez secos se extraen las semillas; para separar la semilla chica y vana de la buena, se puede utilizar un ventilador.

Se sugiere tratar la semilla seleccionada con un fungicida como Arasán (Thiram) o Captan 50 PH (Captan PH 50) y posteriormente, de ser posible, se guardan en latas o frascos de vidrio bien cerrados y se colocan en algún lugar seco y fresco.

### **Mejoramiento Genético en el Cultivo de Chile**

La investigación genética, es la mejor alternativa para tomar decisiones relacionadas con las estrategias de mejoramiento de los diferentes caracteres cuantitativos y cualitativos en las cruzas (Pech *et al.* 2010).

Los fitomejoradores han tenido que recurrir al control genético como vía más eficiente para lograr el desarrollo del cultivo. La necesidad de seleccionar líneas de *Capsicum annuum* L. multi-resistentes a las principales enfermedades, de frutos grandes y de buena adaptación, cobra mayor importancia cada día, para ser utilizados como progenitores de híbridos F<sub>1</sub> más competitivos (Rodríguez *et al.* 2007)

Los esfuerzos de mejoramiento se han dirigido a la introducción de resistencia a enfermedades causadas por virus y hongos, y a mejorar la calidad del fruto; para ello lo más importante es el color y su estabilidad durante el proceso de secado (Galmarini, 1999).

En Chile se ha explotado la heterosis para incrementar el rendimiento y otros caracteres económicos y se considera que en *Capsicum* la heterosis es

alta. Por ello, la existencia de una amplia diversidad de este género en México, tanto en el ámbito de variantes cultivadas como semicultivadas y silvestres, puede aprovecharse para formar híbridos locales y nacionales, ya que la semilla híbrida que se usa proviene de empresas transnacionales. Es importante aprovechar la diversidad de tipos de chiles, que son conservados y aprovechados por los productores (Pech *et al.* 2010).

Hoy en día se ha realizado poco mejoramiento genético y se ha hecho solamente para el habanero. Es entonces necesario aplicar algún método de mejoramiento genético a las poblaciones criollas de Chile que se cultiven en México, para generar cultivares con mayor producción y calidad del fruto (Pech *et al.*, 2010).

El desarrollo de híbridos y variedades de excelencia requiere de un proceso controlado de carácter biológico y evolutivo, conocido como mejoramiento genético, que es una forma de evolución que regula el proceso evolutivo en poblaciones de especies silvestres, en donde la selección natural es reemplazada por la selección consciente y dirigida del fitomejorador (Luna *et al.* 2009).

## **Hibridación**

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 (Martínez *et al.*, 2014).

Se tiene requerimientos específicos de mercado. La demanda para el sector productivo de Chile a nivel nacional, es generar variedades e híbridos nacionales de Chile con características sobresalientes de rendimiento y calidad en cuanto a grosor de pared, tamaño, picor y color. Una de las estrategias de respuesta que se han desarrollado en esta área es el mejoramiento genético por medio de hibridación. La hibridación es el aprovechamiento de la generación  $F_1$  proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones  $P_1$  y  $P_2$  (poblaciones paternas).  $P_1$  y  $P_2$  son dos poblaciones de la misma especie, y por lo tanto, pueden tener la estructura genotípica adecuada a los objetivos que se persigan en la utilización comercial de la  $F_1$  o bien como un aprovechamiento en el paso inicial o intermedio para aplicar algún otro método geotécnico. De ahí que las poblaciones pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización libre, variedades sintéticas o también las poblaciones  $F_1$ . La hibridación es un método que permite obtener rendimientos más altos en cruces simples o dobles, que tienen amplia adaptabilidad ambiental y poca interacción con el ambiente (Romero *et al.* 2014).

## **Heterosis y Heterobeltiosis**

La heterosis se utiliza para aumentar el rendimiento, la uniformidad y el vigor. Es una importante propiedad de las especies híbridas, de hecho la más interesante para el productor. Se define como el fenómeno que ocurre cuando el híbrido supera a sus progenitores en características fonológicas de crecimiento y rendimiento, resulta de la interacción de varios factores independientes aportados por los progenitores que participan en la formación de dicho híbrido (Martínez *et al.* 2014).

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  $F_1$  (Pech *et al.* 2010).

La expresión de heterosis en los híbridos  $F_1$  de especies de *Capsicum* depende de los padres, que se pueden seleccionar con base en el vigor de la planta, tamaño y rendimiento del fruto (Hasanuzzaman *et al.* 2013).

Monteverde, (1998) trabajo con tres cultivares comerciales y quince introducciones exóticas de ajonjolí, que mostraron heterosis y heterobeltiosis significativas, lo cual sugiere la producción de híbridos de ajonjolí como una alternativa para incrementar los rendimientos de este cultivo.

La heterobeltiosis expresa el mejoramiento o sobreexpresión de un carácter sobre el mejor padre; Asimismo, heterosis estándar expresa la heterosis sobre las variedades estándar (Meyer *et al.* 2004).

### **Análisis de Correlación**

El análisis de correlación emplea métodos para medir la significación del grado o intensidad de asociación entre dos o más variables. Está estrechamente vinculado al concepto de regresión, pues, para que una ecuación de regresión sea razonable, los puntos muestrales deben estar ceñidos a la ecuación de regresión; además el coeficiente de correlación debe ser:

- Grande cuando el grado de asociación es alto (cerca de +1 o -1, y pequeño cuando es bajo, cerca de cero.
- Independiente de las unidades en que se miden las variables.

### **Coefficiente de correlación Lineal Simple (r)**

Es un número que indica el grado o intensidad de asociación entre las variables X e Y. Su valor varía entre -1 y +1; esto es:  $-1 \leq r \leq 1$ .

Si  $r = -1$ , la asociación es perfecta pero inversa; es decir, a valores altos de una variable le corresponde valores bajos a la otra variable, y viceversa.

Si  $r=+1$ , también la asociación es perfecta pero directa.

Si  $r=0$ , no existe asociación entre las dos variables.

Luego puede verse que a medida que  $r$  se aproxime a  $-1$  ó  $+1$  la asociación es mayor, y cuando se aproxima a cero la asociación disminuye o desaparece.

El coeficiente de correlación está dada por:  $r = \frac{SP_{XY}}{\sqrt{SC_X \cdot SC_Y}}$

### **Correlaciones Genéticas y Fenotípicas**

Se han realizado diversos estudios para determinar el grado de asociaciones entre caracteres de interés económico, ya que su conocimiento permite definir planes de mejoramiento genético, y en particular para su selección.

En Perú y Brasil se han efectuado entre los años 2002 y 2011, estudios de correlación y heredabilidad, en la búsqueda de herramientas para el mejoramiento genético del *Myrciaria Dubia* y presentaron índices de correlación de  $r^2 = 0.37$  para rendimiento de fruta y  $r^2 = 0.54$  peso de fruta (Pinedo, 2012).

La predicción del rendimiento de híbridos en los programas de mejoramiento genético de plantas, es muy importante para conocer las mejores combinaciones de los progenitores. En los resultados de diversas investigaciones se ha obtenido una alta correlación entre los datos de predicción de rendimiento con los datos obtenidos directamente de evaluaciones prácticas de campo. Esto justifica el empleo de la predicción por

medio de computadoras para una rápida identificación de aquellos híbridos pronosticados como los de más rendimiento (Guerrero *et al.* 2006).

Los acuerdos de comercio internacional que tiene México han propiciado importantes cambios en la tendencia del mercado de productos agrícolas y, en cultivos como el chile jalapeño, su efecto es en los estándares de la calidad del fruto, las que a su vez han exhibido el rezago en la generación de genotipos competitivos en productividad y calidad, lo que constituye el principal problema a resolver del mejoramiento de chile (García *et al.* 2006).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del Área Experimental**

El presente trabajo se realizó en el mes de marzo del 2013 concluyendo en marzo del 2014. Se llevó a cabo en el invernadero ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila, México, ubicada en las coordenadas 25° 21' 24'' Latitud Norte y 101° 02' 05'' Longitud Oeste, del meridiano de Greenwich con una altitud de 1762 msnm.

### **Clima**

Es de tipo Bwhw (x) (e) seco, semicálido con invierno fresco extremo y templado, con lluvias principalmente en verano. La temperatura media anual es de 19.8°C, con una oscilación de 10.4°C, los meses más cálidos son junio, julio y agosto con temperaturas máximas de 37°C. Durante diciembre y enero se registran temperaturas bajas de hasta 10°C bajo cero, la precipitación total media es de 298.5 mm, la temporada lluviosa va de junio a octubre y el mes más lluvioso es junio, el más seco es marzo.

## **Material Genético**

El material genético que se utilizó en la presente investigación fueron cinco chiles jalapeños (Invicto, Ciclón, UAN23, UAN32, Euforia) usados como hembras y cuatro pimientos de colores (UANRd, UANYw, UANOg, UANPp) usados como machos, con estos materiales se obtuvieron 20 híbridos de cruza directas, bajo un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones, mostrándose los progenitores e híbridos resultantes en el Cuadro 4 y 5.

Cuadro 4. Progenitores e híbridos estudiados en Saltillo, Coah., en 2014.

<b>Progenitores</b>	<b>Cruzas</b>	<b>Híbridos Formados</b>
<b>Hembras</b>		
5.- Invicto	5 x 1	Invicto * UANRd
6.- Ciclón	5 x 2	Invicto * UANYw
7.- UAN23	5 x 3	Invicto * UANOg
8.- UAN32	5 x 4	Invicto * UANPp
9.- Euforia	6 x 1	Ciclón * UANRd
<b>Machos</b>		
1.- UANRd	6 x 2	Ciclón * UANYw
2.- UANYw	6 x 3	Ciclón * UANOg
3.- UANOg	6 x 4	Ciclón * UANPp
4.- UANPp	7 x 1	UAN23 * UANRd
	7 x 2	UAN23 * UANYw
	7 x 3	UAN23 * UANOg
	7 x 4	UAN23 * UANPp
	8 x 1	UAN32 * UANRd
	8 x 2	UAN32 * UANYw
	8 x 3	UAN32 * UANOg
	8 x 4	UAN32 * UANPp
	9 x 1	EUFORIA * UANRd
	9 x 2	EUFORIA * UANYw
	9 x 3	EUFORIA * UANOg
	9 x 4	EUFORIA * UANPp

## **Establecimiento del Experimento**

### **Siembra**

El trabajo se inició el 12 de marzo del 2013, con la siembra en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como medio de germinación Peatmoss y perlita, permaneciendo durante 40 días en el invernadero para favorecer sus condiciones climáticas y así tener un buen desarrollo de la plántula.

### **Trasplante**

El trasplante fue realizado 40 días después de la siembra, en camas con acolchado plástico de color negro y riego por goteo en invernadero, la separación entre camas fue de 1.60 m de ancho a doble hilera en forma de tresbolillo con 40 cm entre hileras y entre plantas, con un total de 31250 plantas.ha<sup>-1</sup>, bajo un arreglo experimental de bloques al azar con 3 repeticiones. Se estudiaron 9 progenitores y 20 híbridos, de los cuales se sembraron 10 plantas por genotipo y se usaron 4 plantas con competencia completa.

### **Fertilización**

En la fertilización se uso 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.

## **Labores Culturales**

### **Deshierbes**

El deshierbe se realizó de forma manual, cada 15 días, para evitar la competencia de agua, luz y nutrientes.

### **Podas**

Esta labor se llevó a cabo para conducir las plantas a dos tallos, eliminando de forma manual los brotes nuevos, dejando dos tallos principales. Así como también con la ayuda de una tijera se eliminaban las ramas.

### **Entutorado**

Las plantas fueron conducidas verticalmente usando el tutorado mediante una rafia soportada de un alambre galvanizado calibre 12 a una altura de 3 m. sobre el nivel del suelo. Lo cual le ayudó a la planta a mantenerse erguida y soportar el peso de sus frutos.

### **Control de Plagas y Enfermedades**

Las plagas que se presentaron durante el ciclo del cultivo, fueron mosca blanca, paratrioza y trips, para combatirlas se realizaron aplicaciones de 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**

### **Diámetro de Tallo (DT) cm**

Se obtuvo midiendo la base de la planta con la ayuda de un vernier digital marca Autotec.

### **Altura de la Planta (AP) cm**

Se determinó con la ayuda de una cinta métrica, midiendo desde la parte basal de planta hasta el ápice reportando los datos en cm.

### **Ancho de la Hoja (AH) cm**

La medida de la variable se obtuvo con la ayuda de una regla de 30 cm. midiendo los dos extremos de la hoja reportando los datos en cm.

### **Largo de la Hoja (LH) cm**

Esta medida se tomó utilizando una regla de 30 cm. midiendo desde la base de la hoja hasta el ápice.

### **Diámetro Ecuatorial del Fruto (DEF) cm**

Se determinó esta variable tomando al azar cuatro frutos por parcela y por corte, utilizando para ello un vernier digital marca Autotec<sup>®</sup>.

### **Diámetro Polar del Fruto (DPF) cm**

Se estimó esta variable tomando al azar cuatro frutos por parcela y por corte, utilizando para ello un vernier digital marca Autotec<sup>®</sup>.

### **Rendimiento Total de Frutos (RTF) kg**

La cosecha se inició a los 70 días después del trasplante pesando todo los frutos producidos por planta en una balanza digital marca VELAB con capacidad de 1000 g, considerando la suma de 7 cortes con intervalos de 10 días, estimado de una muestra aleatoria de 4 plantas en cada una de las tres repeticiones.

### **Peso Promedio de Fruto por Planta (PPFP) kg**

Se obtuvo dividiendo el peso total de frutos por parcela útil (pesados en una balanza digital marca VELAB) entre número de plantas de la misma parcela.

### **Peso Promedio de Fruto (PPF) g**

Se calculó dividiendo el peso total de frutos (pesados en una balanza digital marca VELAB) por parcela útil entre número total de frutos de la misma parcela.

### **Número de Frutos por Planta (NFP)**

Para obtener esta variable, se contaron los frutos obtenidos de los siete cortes y divididos entre cuatro, para obtener la suma total de frutos por planta.

## Análisis Estadístico

En el trabajo se utilizaron 9 progenitores y 20 híbridos, que constituyeron los tratamientos, que fueron establecidos en tres repeticiones, de las cuales se sembraron 10 plantas por genotipo usando 4 plantas con competencia completa.

Con los valores medios de cada variable se analizaron bajo un arreglo experimental de bloques al azar, cuyo modelo lineal aditivo es el siguiente:

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

Para:

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

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

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

Dónde:

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

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo genotipo

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

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

Los datos se analizaron en el programa estadístico SAS versión 9.0, y la comparación de medias que fue con la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

La heterosis, es la diferencia de la generación F1 y el promedio de sus progenitores, mientras que la heterobeltiosis es la diferencia de la generación F1 y el promedio del mejor progenitor, ambos parámetros expresados en porcentaje.

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

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 cruce.

MP = el mejor progenitor.

El análisis de correlación (r) fue estimado mediante programa estadístico SAS versión 9.0, para estimar el grado o intensidad de asociación entre las variables X e Y, de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$r = \frac{SPXY}{\sqrt{SCX \cdot SCY}}$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza aplicado a las variables relacionadas con el rendimiento como son DEF, DPF, RTF, PFP, PPF y NFP (Ver cuadro 6), exhibió 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, así mismo se encontró que los coeficientes de variación se consideran bajos indicando en parte la confiabilidad de los resultados obtenidos.

La variable DEF y DPF son importantes porque están relacionadas con el tamaño de fruto que es una característica, donde es importante que los frutos tengan una forma lo mas esférica posible, Moreno et al. (2011) indica que trabajó con híbridos de pimiento morrón en donde observó que el híbrido Orión tuvo una buena calidad de fruto con un diámetro ecuatorial de 9.2 cm y un diámetro polar de 7 cm, comportándose como frutos de primera calidad dentro del mercado nacional.

En caso de las variables rendimiento total de frutos, peso promedio por planta y número de frutos por plantas son de suma importancia para así tener un alto rendimiento de fruto y de alta calidad de tal manera que sea posible

satisfacer las demandas del mercado. En éste sentido Pech *et al.* (2010) indican que la hibridación es el método de mejoramiento genético más adecuado para incrementar rendimiento de fruto y número de frutos por planta, ellos trabajaron con siete poblaciones criollas de Chile 'Dulce' y las cruas resultantes manifestaron altos rendimientos de fruto. Además también Echandi (2005) reportó resultados similares para rendimiento de fruto y tamaño de frutos en Chile Jalapeño.

Cuadro 6. Cuadrados medios de seis variables relacionadas con el rendimiento de fruto de progenitores e híbridos, en Saltillo Coahuila 2013.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios					
		DEF	DPF	RTF	PPFP	PPF	NFP
Genotipos	28	12.92**	5.96**	17.34**	1.08**	1712.33**	743644.36**
Repeticiones	2	0.03ns	0.23ns	0.83**	0.05**	0.18ns	3549.74*
Error	56	0.29	0.91	0.13	0.01	0.57	2216.2
CV (%)		10.03	9.09	2.19	2.19	3.64	3.73

DEF= diámetro ecuatorial de fruto; DPF= diámetro polar de fruto; RTF= rendimiento total de fruto; PPFP= peso promedio de fruto por planta; PPF= peso promedio de fruto; NFP= número de fruto por planta; \*\* = significativo al ( $P \leq 0.01$ ) y \* = significativo al ( $P \leq 0.05$ ).

Dado que se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos estudiados, se procedió a realizar comparación de medias mediante la prueba de Tukey, encontrando que en la variable DEF el progenitor macho UANOg (11.47 cm), fue el que presentó el mayor ancho de fruto, aunque estadísticamente fue igual al progenitor macho UANYw y UANPp, estos

progenitores superaron a todos los híbridos formados donde el mayor valor fue presentado por la cruce 5 x 2 (5.96 cm). Mientras que en la variable DPF o largo de fruto se encontraron híbridos como el 5 x 2 (13.31 cm) que fue el de mayor longitud, seguido de la cruce 6 x 4 (13.25 cm), estos superaron a sus progenitores hembra y progenitores macho (Cuadro 7).

En la variable RTF el híbrido 9 x 3 (20.79 Kg) fue el que presentó el mayor rendimiento total de fruto, superando a sus progenitores Euforia (progenitor hembra, 11.49 Kg) y UANOg (progenitor macho, 16.19 Kg) en 80.9% y 28.4% respectivamente, mostrando el potencial de rendimiento de ésta cruce (Cuadro 7). En la variable PFP fue el híbrido 9 x 3 (5.20 Kg) el que presentó el mayor peso promedio de fruto por planta, superando a euforia (progenitor hembra con 2.87 Kg) y UANOg (progenitor macho, 4.05 Kg) de peso promedio por planta, que al considerar una densidad de 31250 plantas se puede estimar un rendimiento superior a 162000 kg·ha<sup>-1</sup>.

El PPF es una variable importante ya que está determinada por el grosor del mesocarpio y tamaño del fruto, en éste caso el progenitor UANYw (93.21 g) fue el que presentó el mayor valor aunque fue estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ) igual al progenitor UANOg (91.35 g) los cuales superaron a todos los híbridos.

La variable NFP, es una variable importante ya que es un componente del rendimiento, y en el presente caso muestra que el híbrido 9 x 3 (2193.67 frutos), fue el que presentó un mayor número por planta, dejando atrás a sus

progenitores Euforia progenitor hembra que tuvo 1123.67 y UANOg progenitor macho con 177.33 frutos por planta (Cuadro 7). Esto coincide con lo reportado por Hernández, (2011), quien trabajó con genotipos de *Capsicum annuum* L. bajo condiciones de invernadero, obteniendo su mejor híbrido 6 x 16 con un rendimiento de (61,2 t.ha-1) lo cual nos indica que la planta obtuvo un buen número de frutos y buen peso promedio por fruto reflejando así un, mayor número de toneladas por hectárea.

El análisis de varianza aplicado a variables vegetativas presentó diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre genotipos (Cuadro 8), indicando la amplia variabilidad presente entre progenitores e híbridos bajo estudio. Por lo tanto se hace necesario realizar una comparación de medias mediante la prueba de Tukey a fin de estimar que progenitores e híbridos presentaron los mejores comportamientos agronómicos, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 8, en éste mismo cuadro es posible observar que los coeficientes de variación también fueron bajos indicando que un porcentaje de la variación encontrada en el experimento fue posible explicarla por efecto de tratamientos y repeticiones.

Cuadro 7. Valores medios de variables agronómicas estudiadas en progenitores e híbridos inter-raciales de *Capsicum annuum*, en Saltillo Coahuila 2013.

Genotipos	DEF (cm)	DPF (cm)	RTF Kg	PPFP Kg	PPF grs.	NFP
<b>Machos</b>						
1.UANRd	8.50 b	10.55 abcdef	17.55 defg	4.39 defg	62.38 b	281.33 n
2.UANYw	10.65 a	9.60 cdef	16.99 fgh	4.25 fgh	93.21 a	182.33 n
3.UANOg	11.47 a	8.97 def	16.19 hij	4.05 hij	91.35 a	177.33 n
4.UANPp	10.17 ab	8.00 f	12.89 m	3.22 m	64.47 b	200.00 n
<b>Hembras</b>						
5.Invicto	3.96 de	8.12 f	14.06 l	3.51 l	10.61 ghij	1325.00 ijk
6.Ciclón	3.86 de	8.90 def	14.78 kl	3.69 kl	11.01 ghij	1343.00 ij
7.UAN23	4.50 cde	10.07 cdef	14.75 kl	3.69 kl	10.77 ghij	1369 .67 hi
8.UAN32	3.80 de	8.56 ef	10.83 o	2.71 o	10.07 ij	1076.00 lm
9.Euforia	3.60 e	9.23 def	11.49 no	2.87 no	10.23 hij	1123.67 lm
<b>Híbridos</b>						
5 x 1	4.60 cde	10.40 abcdef	16.85 ghi	4.21ghi	10.75 ghij	1568.67 def
5 x 2	5.96 c	13.31 a	18.23 bcde	4.55 bcde	11.56 fghij	1578.00 def
5 x 3	5.10 cde	11.35 abcde	18.89 bc	4.72 bc	11.62 fghij	1625.33 de
5 x 4	5.00 cde	11.95 abcd	17.36 defg	4.34 defg	10.30 hij	1689.00 cd
6 x 1	4.95 cde	11.37 abcde	15.61 jk	3.90 jk	11.20 fghij	1395.33ghi
6 x 2	4.30 cde	10.47 abcdef	17.68 defg	4.42 defg	12.85 defg	1376.67 hi
6 x 3	4.52 cde	11.73 abcd	15.75 hij	3.94 ijk	11.98 fghi	1316.00 ijk
6 x 4	5.32 cde	13.25 ab	14.71kl	3.68 kl	14.67 cd	1003.00 m
7 x 1	4.13 de	10.09 cdef	17.12 efgh	4.28 efgh	12.57 defgh	1363.00 i
7 x 2	3.90 de	9.92 cdef	18.26 bcde	4.56 bcde	11.89 fghij	1537.67 efg
7 x 3	4.06 de	11.61 abcde	17.19 efgh	4.30 efgh	12.35 defghi	1392.00 ghi
7 x 4	5.46 cd	11.05 abcdef	17.38 defg	4.34 defg	14.45 cde	1204.67 jkl
8 x 1	5.33 cde	12.46 abc	12.27 nm	3.07 nm	12.16 efghi	1011.67 m
8 x 2	4.28 cde	11.96 abcd	19.23 b	4.81 b	13.47 cdef	1432.33fghi
8 x 3	5.00 cde	10.88 abcdef	17.67 defg	4.41 defg	11.64 fghij	1517.00 efgh
8 x 4	4.96 cde	9.80 cdef	19.10 bc	4.77 bc	10.15 hij	1883.33 b
9 x 1	4.47 cde	10.40 abcdef	16.11 hij	4.02 hij	11.12 fghij	1449.00 fghi
9 x 2	5.47 cd	10.24 bcdef	18.44 bcd	4.61 bcd	15.63 c	1180.67 kl
9 x 3	5.03 cde	11.77 abcd	20.79 a	5.20 a	9.48 j	2193.67 a
9 x 4	4.44 cde	9.28 def	18.06 cdef	4.51 cdef	10.18 hij	1777.00 bc

DEF= diámetro ecuatorial de fruto; DPF= diámetro ecuatorial de fruto; RTF= rendimiento total de fruto; PPFP= peso promedio de fruto por planta; PPF= peso promedio de fruto; NFP= número de frutos por planta. Medias con la misma letra, no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

Cuadro 8. Análisis de varianza para cuatro variables agronómicas bajo estudio de progenitores e híbridos en Saltillo, Coahuila, 2013.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios			
		DT	AP	AH	LH
Genotipos	28	0.157**	457.836**	4.187**	5.921**
Repeticiones	2	0.077**	70.992ns	1.947**	6.616**
Error	56	0.01	165.268	0.153	0.362
CV (%)		6.39	12.50	4.91	4.48

DT= diámetro tallo; AP= altura de planta; AH= ancho hoja; LH = largo hoja; \*\*= Significativo al  $P \leq 0.01$  y \* = Significativo al  $P \leq 0.05$ .

El cuadro 9 muestra que los híbridos 7 x 1 (1.85 cm) y 8 x 1 (1.85 cm) presentaron los mayores DT, aunque fueron estadísticamente iguales a todos los híbridos pero estadísticamente superiores a todos los progenitores.

En la variable AP el híbrido 7 x 1 (130.99 cm) fue el que presentó una mayor altura de planta aunque fue estadísticamente igual a sus progenitores UAN23 (119.59 cm) y UANRd (94.37 cm). En la variable AH el híbrido que presentó el mayor valor fue el híbrido 9 x 3 (9.69 cm) que superó significativamente ( $p \leq 0.05$ ) a sus progenitores Euforia (6.75 cm) y UANOg (7.26 cm), dando el valor más bajo en esta variable la cruce 7 x 2 (5.82 cm). En la variable de LH, el mismo híbrido 9 x 3, también fue el que presentó las hojas más largas con 16.25 cm superando estadísticamente a sus progenitores Euforia (13.02 cm) y UANOg (13.23 cm).

Cuadro 9. Medias de cuatro variables estudiadas en progenitores e híbridos inter-raciales de *Capsicum annuum* estudiados en Saltillo Coahuila 2013.

<b>Genotipos</b>	<b>DT (cm)</b>	<b>AP (cm)</b>	<b>AH (cm)</b>	<b>LH (cm)</b>
<b>Machos</b>				
1.UANRd	1.42 bdc	94.37 abcd	6.55 fg	12.90 efghi
2.UANYw	1.28 d	92.51 abcd	6.55 fg	12.00 hi
3.UANOg	1.28 d	88.06 bcd	7.26 efg	13.23 cdefgh
4.UANPp	1.31 d	73.58 d	6.94 efg	12.72 efghi
<b>Hembras</b>				
5.Invicto	1.22 d	77.37 cd	5.72 g	11.96 hi
6.Ciclón	1.30 d	112.00 abcd	6.75 fg	13.02 defghi
7.UAN23	1.28 d	119.59 ab	6.76 fg	12.95 efghi
8.UAN32	1.37 cd	111.30 abcd	5.9 g	11.17 i
9.Euforia	1.30 d	86.58 bcd	6.75 fg	13.02 defghi
<b>Híbridos</b>				
5 x 1	1.79 a	101.28 abcd	9.39 ab	14.91 abcd
5 x 2	1.83 a	103.47 abcd	8.67 abc	14.23 bcdef
5 x 3	1.74 ab	101.84 abcd	8.58 abc	14.38 abcdef
5 x 4	1.81 a	104.82 abcd	8.72 abc	14.02 bcdefg
6 x 1	1.81 a	95.09 abcd	8.94 abc	15.06 abc
6 x 2	1.83 a	110.28 abcd	8.71 abc	13.67 bcdefgh
6 x 3	1.77 a	100.51 abcd	8.48 abcd	14.09 bcdefg
6 x 4	1.80 a	102.15 abcd	8.18 bcde	13.39 bcdefgh
7 x 1	1.85 a	130.99 a	8.38 bcd	12.24 ghi
7 x 2	1.74 ab	103.30 abcd	5.82 g	9.17 j
7 x 3	1.76 a	121.66 ab	8.15 bcde	13.03 defghi
7 x 4	1.79 a	109.25 abcd	9.38 ab	15.29 ab
8 x 1	1.85 a	108.84 abcd	8.63 abc	13.78 bcdefgh
8 x 2	1.75 a	105.33 abcd	9.34 abc	14.64 abcde
8 x 3	1.73 ab	105.49 abcd	8.39 bcd	13.75 bcdefgh
8 x 4	1.69 abc	97.50 abcd	8.55 abc	12.50 fghi
9 x 1	1.83 a	102.31 abcd	8.27 bcd	13.77 bcdefgh
9 x 2	1.71 ab	118.57 abc	8.09 cde	13.19 cdefgh
9 x 3	1.74 ab	98.10 abcd	9.69 a	16.25 a
9 x 4	1.79 a	105.18 abcd	9.38 ab	15.29 ab

DT= diámetro de tallo, AP= altura de planta, AH = ancho hoja, LH = largo hoja. Genotipos con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En el Cuadro 10, muestra los híbridos y los valores de heterosis estimados para las características DEF, DEP, RTF, PFP, PPF, DT, AH y LH. En la variable DEF se encontró que todos los híbridos presentaron un comportamiento inferior a los progenitores. Sin embargo en DPF o largo de fruto se encontró que el híbrido 5 x 2 presentó el mayor valor de heterosis superando a ambos progenitores. Mientras que en la variable más importante que es el RTF el híbrido 8 x 4 presentó una heterosis de 61.05% indicando el gran potencial de esta cruce para el desarrollo de genotipos de alto rendimiento de fruto, coincidiendo con lo reportado por Martínez *et al.* (2014) quien encontró heterosis positivas y negativas significativas en las progenies respecto al progenitor medio y mejor progenitor, en rasgos fenológicos, número y peso de frutos por planta, y longitud de fruto. En la variable PPF se encontró que en general los frutos de los híbridos presentaron menores valores que los progenitores indicando que ésta característica no es favorecida por la hibridación ya que los híbridos, aunque presentaron en algunos casos valores superiores al progenitor hembra (jalapeños) el peso de fruto fue muy inferior al progenitor macho (pimientos). Sin embargo en la variable NFP, todos los híbridos presentaron valores importantes de heterosis, destacando el híbrido 9 x 3, que presentó una heterosis de 237.23 indicando la alta capacidad que tienen el progenitor Euforia x UANOg para formar híbridos sobresalientes y de dicha cruce es posible desarrollar materiales genéticos con alto potencial de rendimiento de fruto. Hasanuzzaman *et al.* (2013) encontró híbridos que mostraron una heterosis significativa en el rendimiento del fruto por planta. En el presente trabajo en DT se encontró que el híbrido 5 x 2 presentó los el mayor

valor de heterosis (46.40), ya que las plantas tuvieron los tallos de mayor diámetro basal, dando origen a plantas de mayor soporte para la carga de fruto. Mientras que en la variable AP se que muestra al híbrido 5 X 4 presentó la mayor heterosis con un valor de 38.88%, indicando la diversidad entre los progenitores que formaron dicho híbrido. En el AH se encontró que el híbrido con la mayor heterosis fue el 8 x 2 igualmente para la variable LH, indicando que éste genotipo presenta laminas foliares de mayor tamaño que sus progenitores, lo cual puede ser importante si se considera que la hoja es un órgano de importancia en la captura de luz.

La heterobeltiosis es la comparación del híbrido en relación con el mejor progenitor y el cuadro 11 muestra que en DEF ninguno de los híbridos presentaron valores negativos de heterobeltiosis lo cual indica que ninguno de los híbridos supero al mejor progenitor, respecto a ésta variable. Sin embargo en DEPF o longitud de fruto se encontró que el híbrido 5 x 4 presentó una heterobeltiosis de 48.876 y otros siete híbridos tuvieron un valor superior a 20, esto indica que al realizar la crusa se expreso una sobre dominancia en algunos híbridos formados, superando al progenitor con la mejor expresión respecto a longitud de fruto.

Cuadro 10. Estimación de la heterosis en híbridos de chiles jalapeños estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013.

Híbridos	DEF (cm)	DPF (cm)	RTF (kg)	PPF (gr)	NFP	DT (cm)	AP (cm)	AH (cm)	LH (cm)
5 x 1	-26.16	11.41	6.61	-70.54	95.31	35.61	17.95	53.06	19.95
5 x 2	-18.41	50.23	17.42	-77.73	109.38	46.40	21.82	41.32	18.78
5 x 3	-33.90	32.83	24.89	-77.21	116.37	39.20	23.12	32.20	14.17
5 x 4	-29.23	48.26	28.83	-72.56	121.51	43.08	38.88	37.76	13.61
6 x 1	-19.90	16.92	-3.43	-69.48	71.80	33.09	-7.85	34.44	16.20
6 x 2	-40.73	13.19	11.30	-75.34	80.51	41.86	7.85	30.98	9.27
6 x 3	-41.03	31.28	1.71	-76.59	73.12	37.21	0.48	21.06	7.35
6 x 4	-24.16	56.80	6.32	-61.13	30.01	37.93	10.09	19.50	4.04
7 x 1	-36.46	-2.13	6.01	-65.63	65.18	37.04	22.44	25.92	-5.30
7 x 2	-48.51	0.86	15.06	-77.13	98.24	35.94	-2.59	-12.55	-26.49
7 x 3	-49.15	21.95	11.12	-75.81	80.04	37.50	17.18	16.26	-0.46
7 x 4	-25.56	22.30	25.76	-61.59	53.56	38.22	13.11	36.93	19.13
8 x 1	-13.33	30.40	-13.53	-66.43	49.07	32.62	5.84	38.63	14.50
8 x 2	-40.76	31.72	38.25	-73.92	127.66	32.08	3.36	50.04	26.37
8 x 3	-34.51	24.13	30.79	-77.05	142.08	30.57	5.83	27.51	12.70
8 x 4	-28.99	18.36	61.05	-72.77	195.19	26.12	5.47	33.18	4.65
9 x 1	-26.12	5.16	10.95	-69.37	106.26	34.56	13.08	24.36	6.25
9 x 2	-23.23	8.76	29.49	-69.78	80.81	32.56	32.41	21.65	5.44
9 x 3	-33.24	29.34	50.22	-81.33	237.23	34.88	12.35	38.33	23.81
9 x 4	-35.51	7.72	48.15	-72.74	168.50	37.16	31.34	37.03	18.80

En la variable RTF el híbrido 8 x 4 fue el que exhibió la mayor heterobeltiosis (Cuadro 12) con un valor de 48.177, sobresaliendo también los híbridos 9 x 4, 9 x 3 y 5 x 4, indicando que el progenitor UANOg combinó muy bien con tres progenitores diferentes, mostrando que de éstas cruzas es posible derivar híbridos que pueden superar a los progenitores bajo estudio. Monteverde, (1998) menciona que en la variable NCP, 67% de los híbridos mostraron heterosis positiva y significativa y dicha variable es la que tiene

mayor asociación con la variable rendimiento. García *et al.* (2006) mencionan que el rendimiento del chile jalapeño es mayormente influenciado por efectos aditivos de los genes y Pech *et al.* (2010) mencionan que los valores positivos de ACG permitirán seleccionar plantas que combinen las características superiores de los progenitores.

En PPF no se encontraron valores positivos de heterobeltiosis indicando que por lo menos uno de los progenitores superó a sus respectivos híbridos. En cambio en la variable NFP, 14 híbridos presentaron valores positivos de heterobeltiosis y fueron los híbridos 9 x 3, 8 x 4, 9 x 4, 8 x 3 y 8 x 2, los que presentaron los mayores valores de heterobeltiosis por lo tanto éstos híbridos pueden contribuir al incremento significativo de frutos por planta, posiblemente contribuyendo a tener mayores rendimientos.

En la variable DT se observó que todos los híbridos presentaron valores positivos de heterobeltiosis indicando la presencia de alto vigor híbrido entre las cruzas de los progenitores bajo estudio. En la variable AP se encontró que solo 10 cruzas presentaron valores positivos de heterobeltiosis, por lo tanto se obtuvieron plantas con mejor desarrollo y estas plantas pueden aprovechar mejor el ambiente de invernadero. También en las variables AH y LH se encontraron que diferentes cruzas presentaron valores altos y positivos de heterobeltiosis dando origen a hojas o laminas foliares de mayor tamaño, que pueden influir en una mayor fotosíntesis.

Cuadro 11. Estimación de la heterobeltiosis en híbridos de chiles jalapeños estudiados en Saltillo, Coahuila, 2013.

Híbridos	DEF	DPF	RTF	PPF	NFP	DT	AP	AH	LH
5 x 1	-45.882	-1.422	-3.989	-82.767	18.390	26.056	7.322	43.359	15.581
5 x 2	-44.038	38.646	7.298	-87.598	19.094	42.969	11.847	32.366	18.583
5 x 3	-55.536	26.533	16.677	-87.280	22.666	35.938	15.648	18.182	8.692
5 x 4	-50.836	47.167	23.471	-84.024	27.472	38.168	35.479	25.648	10.220
6 x 1	-41.765	7.773	-11.054	-82.046	3.897	27.465	-15.098	32.444	15.668
6 x 2	-59.624	9.063	4.061	-86.214	2.507	40.769	-1.536	29.037	4.992
6 x 3	-50.582	30.769	-2.718	-86.886	-2.010	36.154	-10.259	16.804	6.500
6 x 4	-47.689	48.876	-0.474	-77.245	-25.316	37.405	-8.795	17.867	2.842
7 x 1	-51.412	-4.360	-2.450	-79.849	-0.438	30.282	9.533	23.964	-5.483
7 x 2	-63.380	-1.490	7.475	-87.244	12.321	35.938	-13.622	-13.905	-29.189
7 x 3	-64.603	15.293	6.177	-86.481	1.680	37.500	1.731	12.259	-1.512
7 x 4	-46.313	9.732	17.831	-77.586	-12.004	36.641	-8.646	35.159	18.069
8 x 1	-37.294	18.104	-30.085	-80.507	-5.979	30.282	-2.210	31.756	6.822
8 x 2	-59.812	24.583	13.184	-85.549	33.116	27.737	-5.364	42.595	22.000
8 x 3	-56.408	21.293	9.141	-87.258	40.985	26.277	-5.220	15.565	3.930
8 x 4	-51.229	14.486	48.177	-84.256	75.031	23.358	-12.399	23.199	-1.730
9 x 1	-47.412	-1.422	-8.205	-82.174	28.952	28.873	8.414	22.519	5.760
9 x 2	-48.638	6.667	8.534	-83.231	5.073	31.538	28.170	19.852	1.306
9 x 3	-56.146	27.519	28.413	-89.622	95.224	33.846	11.401	33.471	22.827
9 x 4	-56.342	0.542	40.109	-84.210	58.143	36.641	21.483	35.159	17.435

El análisis de correlación (Cuadro 12) muestra que aunque hay una correlación positiva y significativa entre NFP y rendimiento de fruto ( $\rho=0.441$ ) y otras correlaciones positivas y significativas se encontraron entre DT y

rendimiento de fruto con un valor de  $\rho=0.50$ , lo cual indica que ésta variable se puede utilizar como un índice indirecto de selección para tener variedades altamente rendidoras, otra variable también correlacionada con rendimiento de fruto fue el ancho de hoja ( $\rho=0.537$ ), indicando que probablemente al tener hojas más anchas se tendrá una mayor superficie de captura de luz que se infiere contribuirá a tener mayor rendimiento de fruto.

Resulta interesante señalar que el diámetro de tallo estuvo positiva y significativamente correlacionado con altura de planta y ancho de hoja, así mismo el ancho de hoja estuvo correlacionado positiva y significativamente con el largo de hoja, por lo tanto éstas variables se pueden utilizar como criterios de selección indirecta en el mejoramiento genético de Chile.

Se encontró que la variable NFP tuvo una correlación negativa y altamente significativa con PPF ( $\rho= -0.857$ ) indicando que como se incrementa el número de frutos por planta se reduce el peso promedio de fruto igualmente el diámetro polar de fruto o grosor de fruto. Se puede decir que existe una correlación entre las variables con respecto a rendimiento. Pinedo, (2012) encontró que en *Myrciaria Dubia* los parámetros, número de ramas basales, longitud de peciolo y peso de frutos tuvieron una correlación relativamente alta con rendimiento de fruto, por lo tanto éstas variables se consideran de importancia para la selección de plantas superiores de *Myrciaria Dubia*.

Cuadro 12. Análisis de correlación para las variables agronómicas estudiadas en progenitores e híbridos de *Capsicum annuum*, en Saltillo Coahuila, 2013.

Variables	NFP	PPF	DEF	DPF	DT	AP	AH	LH	RTF
NFP	1.000	-0.857**	-0.795**	0.336	0.581**	0.377	0.524*	0.346	0.441*
PPF		1.000	0.956**	-0.332	0.537*	-0.462*	-0.364	-0.211	-0.054
DEF			1.000	-0.194	-0.413	-0.488*	-0.204	-0.058	0.006
DPF				1.000	0.720**	0.328	0.625	0.480*	0.365
DT					1.000	0.465*	0.796**	0.439	0.501*
AP						1.000	0.284	0.019	0.225
AH							1.000	0.842**	0.537*
LH								1.000	0.336
RTF									1.000

\*, \*\*, Significativo con  $P < 0.05$  y  $P < 0.01$ , respectivamente

## CONCLUSIONES

El estudio del rendimiento y componentes del rendimiento indica que los híbridos 9 x 3, 8 x 2, 8 x 4 y 5 x 3, entre otros, superan ampliamente a los progenitores, de los híbridos con rendimiento sobresaliente, y número de frutos por planta

La estimación de la heterosis permitió identificar a los híbridos 8 x 4, 9 x 3, 9 x 4, 8 x 2 y 8 x 3, como los más sobresalientes en heterosis para rendimiento total de fruto, sin embargo los híbridos 8 x 4, 9 x 3, 9 x 4 y 5 x 4, fueron los que presentaron los mayores valores de heterobeltiosis y son los más recomendables para continuar con un proceso de mejoramiento genético.

Se encontró que los híbridos 5 x 2, 6 x 4, 9 x 3, 8 x 2 y 8 x 1 fueron los que presentaron las mayores longitudes de fruto y por lo tanto tienen potencial para lograr frutos que pueden cumplir con los requerimientos del mercado.

Al estudiar los comportamientos de los diferentes híbridos se encontró que la mejor combinación fue de la Euforia en su cruce con UANOg, ya que fue el híbrido con mayor rendimiento y calidad de fruto.

El estudio de correlación demostró que las variables mas estrechamente relacionadas con rendimiento fueron NFP, DT y AH, por lo tanto se pueden utilizar como variables indirectas de selección, en Chile.

## LITERATURA CITADA

- Arteaga, S. J., 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.
- Baltazar, M. B. 1998. Diversidad genética del cultivo del chile determinada por isoenzimas y RFLP's tipos: serrano, jalapeño, manzano y silvestres en su área de distribución. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. G026. México D. F.
- Bolaños, H. A.; 2001. Introducción a la Olericultura. Primera reimpresión: Editorial Universidad Estatal a Distancia San José, Costa Rica, 2001 .pp. 93
- Bravo L.A.G., Galindo G.G., Amador R.M.D., (2006). Tecnología de producción de chile seco. Libro técnico No.5.pp.20
- Burgueño, C.J.H., 1997. La fertilización en cultivos hortícolas con acolchado plástico.Vol.3 primera edición. Edit. Grupo formatos. México. D.F.

- Cano, A. M.F., 1998. El cultivo del chile de Guatemala; abril, pp.3 disponible en:<http://www.mflor.mx/materias/temas/cultivochiles/cultivochiles.htm>
- Echandi, G. C. R., 2005. Estabilidad fenotípica del rendimiento y adaptación en líneas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Agron. Costarricense 29:27
- FAO, 2012. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Galmarini, C.R., 1999. El género capsicum y las perspectivas del mejoramiento genético de pimiento en Argentina 4:25
- García, S.J.A., Martínez Z.G., Lujan F. M., Ramírez M. M., López B.A., 2006. Análisis Línea x Probador: Estrategia para Selección de Progenitores de Alto Rendimiento en Chile Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) Revista Agraria -Nueva Época- Año III 9:16
- Guerrero C.R., Rincón S.F., León C.H., Reyes V.H., 2006. Comparación de dos Métodos para la Predicción del Comportamiento de Híbridos de Maíz. Revista Agraria -Nueva Época- Año III 3:6
- García, V. M., Rúelas C. X., Hernández G. M., Reboloso P. O. N., Reyes V. M., 2003. Determinación de capsaicina en salsas tradicionales de Saltillo, Coahuila.[http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/hortalizas/determinca\\_p.pdf](http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/hortalizas/determinca_p.pdf).pp.237
- García, S. A., Nava P. R.J., 2009. El chile jalapeño, su cultivo de temporal en Quintana Roo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,

Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste.  
Chetumal, Quintana Roo, México. Folleto Técnico No. 2. 64 p.

González, H.R., 1989. Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Disponible en <http://www.libros.uchile.cl/357>

Guerrero, R.J.C., 2012. Métodos de control de pudrición blanda en hortalizas. Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, México. pp.1

Homero, D., Gómez R., Mínguez M., 2000. El cultivo del chile. Capítulo 4 .pp. 11-14.

Hartmann, H.T., Kofranek A.M., Rubatzky V.E. AND Flocker W., 1995. Growth, development and utilization of cultivated plants in: Plant Science, 2a Ed. pp. 225-235.

Hasanuzzaman, M., Hakim M.A., Hanafi M.M., Shukor A.J., Islam M.M., Shamsuddin A.K.M., 2013. Study of heterosis in Bangladeshi chilli (*Capsicum annuum* L.) Landraces *Agrociencia* 47: 683

Hernández, M. S., López L. P., Ramírez M. M., 2001. Recopilación y análisis de la información existente de las especies del género *Capsicum* que crecen y se cultivan en México. *Revista del INIFAP* 1:32.

*Hernández, P.M., López-B.A., Borrego E.F., López-B.S.R., Moisés Ramírez M.M., 2011. Análisis dialélico del rendimiento de chile por el método IV de Griffin. *Agronomía mesoamericana* 22(1):37- 43.*

- Hernández, V.S., 2014. Importancia del chile silvestre (*capsicum annum*) como recurso genético de México Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. Pp.25
- INIFAP, 2010. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Disponible en [info@inifap-chihuahua.gob.mx](mailto:info@inifap-chihuahua.gob.mx)
- Jiménez, L.J., López E.J., Huez L.M.A., 2014. Respuesta de híbridos de chile Anaheim (*capsicum annum* L.) cardón y 118, cultivados bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero. European Scientific Journal February 2014 edition vol.10, No.6 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- Lujan, F.M., Acosta R., G.F., Quiñones P.F.J., Uribe M.H.R, Berzoza M. M., Aldaba M. J.L., Galván L. R., Rodríguez M. R., Chávez S. N., 2010 .chile jalapeño.pp.3.
- Luna, R.J., Vásquez M.O., 2009. Perspectivas del Mejoramiento Genético y la Propagación In Vitro en el Cultivo de Chile.pp.4
- Macías, V.L.M., Valadez M.C., 1999. Guía para cultivar chile en Aguascalientes. Campo Experimental Pabellón de Arteaga, Ags. pp.4
- Martínez, M.R., Méndez I.I, Castañeda A.H., Vera G.A., Chávez S.J., Carrillo R.C., 2014. Heterosis Interpoblacional en Agromorfología y Capsaicinoides de Chiles Nativos de Oaxaca. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 37 (3): 199 - 207, pp.2.

- Monteverde, P. E.J., Fendel A.J. E., 1998. Estimacion de la capacidad combinatoria general, heterosis y heterobeltiosis a partir del cruzamiento factorial de tres cultivares comerciales y quince introducciones exóticas de ajonjolí. *Agronomía Trop.* 48(1):pp.53
- Moreno, P.E. del C., Mora A. R., Sánchez del C.F., García P.V., 2011. Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) Cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, Vol. XVII, Edición Especial 2:15
- Meyer. C., O. Torjek, M. Becher, and T. Altmann, 2004. Heterosis of biomass production in Arabidopsis. Establishment during early development.
- Muciño, S. T., Pérez C. A., 2009. Tesis “Aislamiento y caracterización de capsaicina del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) y su aplicación en cultivo in vitro de *vanilla planifolia* comparando el efecto con afinina” Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Químicas Programa Educativo Química Industrial. pp.9
- Orellana, B. F.E., Escobar B., J., C., Morales de B., A.J., Méndez de S., I., S., Cruz V.R., A., Castellón M.E., 1999. El Cultivo del Chile Dulce., Guía técnica pp.110 disponible: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Chile.pdf>.
- Pérez, C.L.M., Castañón N.G., Mayek P. N., 2008. “Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum* spp.) De Tabasco, México”. *Cuadernos de biodiversidad*. n. 27 (sept.). issn 1575-5495, pp. 11-22.

- Pech, M.A., Castañón N.G., Tun S.J., Mendoza E.M., Mijangos C.J., Pérez G.A., Latournerie M.L., 2010. Efectos heteróticos y aptitud combinatoria en poblaciones de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) Rev. Fitotec. Mex vol.33 no.4 Chapingo, pp.353.
- Pinedo P.M., 2012. Análisis de correlación y heredabilidad en el mejoramiento genético del camu-camu. Scientia Agropecuaria 1. pp.23 – 28
- Productores de hortalizas, suplemento especial., 2004. Plagas y enfermedades de chiles y pimientos, guía de identificación y manejo pp.3. Guía Presentada por: Productores de Hortalizas, una publicación de Meister Media Worldwide disponible en: [http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Pepper\\_Spanish.pdf](http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Pepper_Spanish.pdf)
- Romero, M.A.Y., Segovia L.A., 2014. Mejoramiento Genético para Rendimiento en Chile (*Capsicum annuum* L) para Consumo en Seco en la Región Centro-Sur del Estado Chihuahua, México pp.416
- Rodríguez, Y., Depestre T., Gomez O., 2007. Obtención de líneas de pimiento (*Capsicum annuum*) progenitoras de híbridos F1, resistentes a enfermedades virales, a partir del estudio de cuatro subpoblaciones. *Cienc. Inv. Agr.* 34: 238
- SIAP, 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Análisis de competitividad, Noviembre. pp, 1-10
- SIAP, 2011. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera.
- SAGARPA, 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (México).

SIAP, 2012. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera.

SIAP, 2014. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera.

México; Producción en chile verde. Diciembre

[www.siap.gob.mx/produccion-chile-verde/](http://www.siap.gob.mx/produccion-chile-verde/)