

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Formación y Evaluación de Híbridos Interraciales de Chile para Producción en

Invernadero

Por:

NÉSTOR ZAVALA PLIEGO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Formación y Evaluación de Híbridos Interraciales de Chile para Producción en
Invernadero

Por:

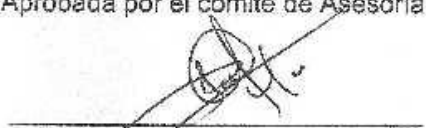
NÉSTOR ZAVALA PLIEGO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

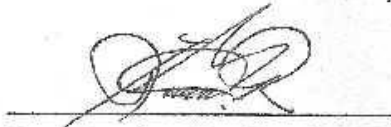
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el comité de Asesoría:



Dr. Valentín Robledo Torres

Asesor Principal



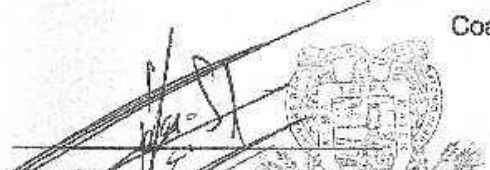
Dra. Francisca Ramírez Godina

Coasesor



M.C. Laura Raquel Luna García

Coasesor



Dr. Gabriela Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2017

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por darme la gracia de existir y por ayudarme a terminar de manera satisfactoria mis estudios profesionales, gracias señor por estar conmigo en los momentos difíciles de la vida y por guiarme para poder llegar a ser quien soy ahora. Sabiendo que tú señor estás conmigo en todo momento, te agradezco por todas tus bendiciones.

A mi **Alma Terra Mater** por haberme recibido con los brazos abiertos y cobijarme durante toda mi estancia en la universidad.

A mis padres **Venancio Zavala Amacende y Guadalupe Pliego Ramírez** por haberme dado la vida y ser piezas fundamentales para poder culminar mi carrera profesional.

Al **Dr. Valentín Robledo Torres** por su disponibilidad y por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de tesis con usted y haberme compartido de sus conocimientos. Gracias por ayudarme a concluir mi trabajo de titulación.

A la **Dra. Francisca Ramírez Godina** por su disponibilidad de revisar el trabajo de investigación, por ser mi tutora durante cuatro años y medio y haberme brindado su amistad.

A la **M.C. Laura Raquel Luna García** por su amistad, apoyo, comprensión y disponibilidad de tiempo que me brindo para poder realizar mi trabajo de tesis.

A **mis compañeros de generación** por haber compartido buenos momentos durante mi estancia en la universidad.

A **mis amigos** Yobani Jiménez, Marco Antonio López, Roció Ortiz, Omar Neri, Juan Mendoza, Luis Alfonso Zavala, Carlos Alberto Bravo, Luis Ledezma, por haber compartido conmigo alegrías y tristezas y haberme apoyado en momentos difíciles, haciendo más agradable mi estancia en la universidad.

DEDICATORIAS

Este trabajo se lo dedico con todo mi amor y respeto a mis padres.

Venancio Zavala Amacende y Guadalupe Pliego Ramírez, por haberme dado la oportunidad de estudiar, por sus consejos y regaños que hicieron de mí un hombre de bien, gracias por confiar en mí y haberme dado la mejor herencia, siempre estaré agradecido con ustedes porque jamás voy poder pagar todo lo que han hecho para que yo pueda salir adelante.

A mi abuelita **Teófila Ramírez Ortega** y mi tía **Olivia Pliego Ramírez**, por ser para mí como unas madres, apoyarme, aconsejarme y brindarme su amor en todo momento, toda la vida estaré agradecido con ustedes por ayudarme, a ser una mejor persona cada día.

A mi abuelo **Rodolfo Pliego López** (+) que me cuida y guía mis pasos desde el cielo.

A mis hermanos **Cesar Zavala Pliego y Lizbeth Zavala Pliego** por compartir momentos felices y tristes conmigo, por apoyarme en todo momento y nunca dejarme solo en momentos difíciles.

A **mis tíos**, Mayolo, Félix, Fidel, Eduardo, Hugo y **mi madrina** María Isabel por brindarme su apoyo y aconsejarme para ser una persona de bien.

A **Elena Pérez Pérez** por ser una persona especial para mí y brindarme su apoyo incondicional en todo momento, y por esos momentos de felicidad y tristeza juntos.

A **mis primos** Yosuel, Lizeth, Adrian, Miguel y Luis Alfonso con los que he vivido momentos de felicidad y por estar siempre unidos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURA	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Importancia Económica	4
Origen e Historia.....	5
Taxonomía de Chile.....	6
Características Botánicas	7
Composición Química del Chile.....	8
Plagas y Enfermedades.....	9
Importancia del Genero <i>Capsicum annum L</i>	10
Producción de Chile en México	11
Diversidad Genética de <i>Capsicum annum L</i>	11
Tendencia del Mejoramiento Genético	14
Hibridación.....	16
Heterosis y Heterobelteosis	17
MATERIALES Y MÉTODOS	21
Localización del Área de Estudio.....	21
Material genético	21
Formación de Híbridos	21
Establecimiento del Experimento.....	23
Mediciones de las Variables Estudiadas	23
Labores Culturales.....	24
Evaluación de Progenitores e Híbridos.....	24
Control de Plagas y Enfermedades	25
Análisis Estadístico.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
Heterosis.....	33
Heterobelteosis	34
CONCLUSIONES	36
LITERATURA CITADA.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química del chile por cada 100 gramos de fruto.	9
Cuadro 2 Material vegetal utilizado para la formación de los híbridos.	22
Cuadro 3 Cuadrados medios de caracteres de progenitores e híbridos interraciales desarrollados en invernadero.	26
Cuadro 4 Comparación de medias de los componentes de rendimiento de los híbridos y progenitores desarrollados en invernadero.	28
Cuadro 5 Comparación de medias de la variable de LDF y ADF de los híbridos y progenitores desarrollados en invernadero.	29
Cuadro 6 Comparación de medias de la variable GDM de los progenitores e híbridos interraciales desarrollados en invernadero.	30
Cuadro 7 Comparación de medias del variable número de semillas por fruto de progenitores e híbridos interraciales de chile.	31
Cuadro 8 Comparación de medias del largo y ancho de hoja de progenitores e híbridos interraciales de chile.	32
Cuadro 9 Valores de heterosis en híbridos interraciales de chile, producidos en invernadero.	34
Cuadro 10 Valores de Heterobeltiosis de híbridos interraciales desarrollados en invernadero.	35

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Centro de origen del género <i>C. annuum</i> en México y Centroamérica....	12
--	----

RESUMEN

El incremento de la población mundial obliga a generar nuevas tecnologías de producción, con la finalidad de aumentar el rendimiento y la calidad de productos alimenticios para dicha población, y una solución a ésta problemática es el uso de variedades mejoradas con un alto potencial de rendimiento. México se destaca a nivel mundial por tener la mayor variabilidad genética de *Capsicum annuum*, que debe de utilizarse para desarrollar genotipos superiores a los que actualmente siembra el productor regional. Por lo tanto el objetivo de este trabajo fue obtener híbridos interraciales, de alto potencial de rendimiento para producción en invernadero, estimar la heterosis y heterobeltiosis en los híbridos formados. Para lo cual el trabajo fue realizado en Buenavista Saltillo, Coahuila, México. El material vegetal utilizado fueron nueve híbridos y sus progenitores hembra (jalapeño, mirasol y serrano) y cinco progenitores macho del tipo pimiento (UANRd, UANYw, UANOg, UANCn y UANShw). Los progenitores e híbridos obtenidos fueron establecidos bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Se estudiaron las variables, rendimiento y número de frutos por planta, peso de fruto, largo de fruto, ancho de fruto, grosor de mesocarpio, número de semillas, largo de hoja y ancho de hoja. El análisis de varianza para los componentes de rendimiento RTF, NFP Y PPF, mostró diferencias significativas ($P < 0.01$) entre progenitores e híbridos. La comparación de medias, muestra que el híbrido 1x5 (3,584.60g) exhibió el mayor RTF aunque fue estadísticamente igual al resto de los híbridos formados, superando en un 226.40% a su progenitor hembra y 141.74% a su progenitor macho, aunque entre los híbridos 1x7 presentó el rendimiento más bajo, superó en 80.33% al progenitor hembra y en 53.10% progenitor macho. De lo antes citado es posible concluir que la divergencia genética en los progenitores, permitieron la expresión de altos valores de heterosis y heterobeltiosis, que pueden ser explotadas para el desarrollo de híbridos genéticamente superiores.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, heterosis, variabilidad, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial obliga a generar nuevas tecnologías de producción, con la finalidad de aumentar el rendimiento por unidad de superficie y la calidad de productos alimenticios que el mercado demanda (Requejo *et al.*, 2004).

La creciente demanda de alimentos, exige que la agricultura moderna con uso de alta tecnología, sea capaz de producir de forma más eficiente, a fin de lograr una alta tasa de retorno de la inversión. El cultivo de chile (*Capsicum annuum L.*) es una hortaliza que ha tenido un considerable aumento en el uso de tecnologías de producción e incremento en la productividad del cultivo y dentro de la tecnología se tiene el uso de variedades mejoradas. En éste sentido México se destaca a nivel mundial por tener alta variabilidad genética de *Capsicum annuum*, que ha dado origen a un gran número de variedades o tipos de chile. Es la especie más importante que se caracteriza por la alta variabilidad en colores, formas, tamaños que México exporta a países como son: Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania (SAGARPA, 2012).

Se pueden encontrar chiles en toda la República Mexicana, tanto en forma silvestre, como cultivada y con siembras comerciales tecnificados a campo abierto y en ambientes protegidos. La riqueza constituida por la diversidad genética del chile se encuentra distribuida a todo lo largo y ancho del país (desde el nivel del mar, hasta los 2500 msnm).

Datos de la FAO (2015) indican que la producción mundial de chile, fue de 28, 405,270 toneladas; constituyendo el 92% del total de la producción el chile fresco; donde China produce el 54% de la producción mundial de chile fresco, seguido por México con 6.5% con una producción neta de más de 2,700,000 toneladas.

A nivel nacional los principales estados productores son: Chihuahua, Sinaloa, Guanajuato, Zacatecas (SIAP, 2015).

Capsicum annuum, juega un papel importante en la alimentación, ya que proporciona vitaminas y minerales y el consumo de esta hortaliza es en verde o en seco; además, no es solo un ingrediente de la cocina, sino también un símbolo de identidad nacional ya que se encuentra muy ligado a las tradiciones y creencias de México (Zegbe *et al.*, 2012).

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 del fruto, demerita la aceptación comercial e industrial del producto; estos factores y la susceptibilidad a plagas y enfermedades son los problemas que siempre ha venido enfrentando el productor en México.

La necesidad de aumentar el potencial productivo es decir, el logro de altos niveles de producción en el largo plazo, requiere del desarrollo de genotipos para el ambiente de producción deseado, para el cual se deben considerar los objetivos del mejoramiento, criterios de selección y las modalidades de evaluación. Todo esto con nuevas metas en el desarrollo de variedades con características tales como, la alta capacidad de producción, calidad de las cosechas, resistencia a enfermedades y plagas, conferidas por grupos de genes menores y de poca variación frente a condiciones ambientales desfavorables. Además hay la necesidad de producir con mayor intensidad, asegurando características físicas y químicas de calidad y que respondan a los requerimientos crecientes de la industria (Camarena *et al.*, 2008).

Debido a la alta demanda de esta hortaliza y su amplia diversidad genética, es un excelente recurso para el mejoramiento genético, para obtener mejores genotipos que aumenten el rendimiento y calidad de fruto.

La hibridación como método de mejoramiento genético puede ser útil en la obtención de genotipos de alto rendimiento y calidad de fruto, aprovechando la capacidad combinatoria y heterosis (Pérez- Grajales, 2009).

El mejoramiento genético es una herramienta que ha permitido modificar el comportamiento de los cultivos, desarrollando materiales de mayor calidad, resistentes a plagas y enfermedades

La explotación de la heterosis o vigor híbrido ha permitido que se exprese el alto potencial de rendimiento u otros caracteres económicos (Seneviratne y Kannangara, 2004).

La gran diversidad genética que tiene *Capsicum annuum* se puede aprovechar para formar nuevos híbridos nacionales que tengan un mayor rendimiento y calidad de fruto, con capacidad de competir con las empresas trasnacionales. Por lo tanto el objetivo de este trabajo fue obtener híbridos interraciales, con potencial para producción en invernadero, estimar la heterosis y heterobeltiosis en los híbridos formados. Bajo la hipótesis de que al menos uno de los híbridos, tendrá un mayor potencial de rendimiento en invernadero que sus progenitores. Y que al menos un híbrido presente altos valores de heterobeltiosis en al menos una característica de importancia económica.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia Económica

En México, el chile (*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).

Nuestro país es considerado el centro de origen del Chile (*Capsicum annuum*), especie domesticada por los mesoamericanos, permitiendo con ello la expansión de este cultivo en sus diversas variedades (ASERCA, 1998).

Si bien en México se cultivan varias especies del género *Capsicum*, la especie *C. annuum* es la de mayor importancia económica (Pozo, 1983).

La producción mundial de chiles ha tenido un crecimiento espectacular en los últimos 10 años. Este aumento en la producción de chiles, principalmente de los picosos, se debe a la creciente demanda de este producto en todas sus presentaciones (fresco, seco y procesado), tanto para consumo directo como para usos industriales. Según los datos más recientes de FAO (2007). la producción es de 28'405,270 toneladas entre frescos y secos; la producción de frescos constituye cerca del 92 % del total.

México es el principal exportador de chile verde a nivel mundial y el sexto de chile seco. Además de ser un producto con presencia mundial, es una especie originada en nuestro país y parte simbólica del gusto culinario y cultural. En 2013 destacaron Sinaloa, Chihuahua y Zacatecas como principales productores del cultivo, con más de la mitad del volumen nacional en su conjunto. El orden de importancia se modifica al comparar los rendimientos de estos tres estados. En el caso de Sinaloa, un estado con un alto grado de tecnificación, se registra una cosecha de 43 toneladas por hectárea, en Chihuahua 24 toneladas por hectárea y

Zacatecas, el de mayor superficie sembrada reporto 7.9 toneladas por hectárea (SIAP, 2015).

Otra característica de esta hortaliza es su importancia social, debido a la enorme cantidad de mano de obra que genera durante todo el ciclo agrícola, reportando una demanda de 120 a 150 jornales por hectárea (Valadez, 1997).

El chile es uno de los cultivos hortícolas más importante en México; se consume preferentemente en estado fresco (Valadez, 2001).

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*. La mayoría de la producción de semillas híbridas de este cultivo se producen en países como China, India y Tailandia con mano de obra barata y calificada (Berke, 2008).

Origen e Historia

Históricamente el chile ha formado parte de la base, soporte y complemento principal de nuestra dieta alimenticia y junto con el maíz, frijol y tomate son especies arraigadas a la dieta de la población mexicana. A los frutos los se les dan diversos usos, uno de ellos es como condimento directo o procesado (Ledezma y Ruiz, 1995).

El chile es considerado una de las primeras plantas cultivadas de Mesoamérica y la continuidad de su uso se confirma desde 7000 y 5000 años A.C (Long-Solís, 1986).

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 forma, tamaños, color de los frutos. Esta especie agrupa la gran mayoría de los tipos cultivados en México como: ancho, serrano, jalapeño, morrón, mirasol, pasilla en otros (Hernández *et al.*, 2001).

En México el chile ha sido cultivado y usado como alimento en la dieta diaria de la población desde tiempos precolombinos. Maíz, frijol, calabaza, y chile fueron la base de la alimentación de las diferentes culturas que poblaron Mesoamérica (Pozo, 1983).

En México existen más de 40 variedades de chiles y destaca en el mundo por tener la mayor variabilidad genética de *Capsicum annum*. En la actualidad los chiles mexicanos destacan a nivel mundial por la gran diversidad de aromas y sabores (FAO, 2012).

La palabra “chile” proviene del náhuatl chili, que posteriormente se convirtió en chile, aunque también recibe otros nombres comunes como; “aji, axi, ahuiyac tlatancuaye, chak-ik, chil, ich, i’k, itz, pimienta, xubala”. Y en inglés se conoce como: “Bird pepper o Cayene pepper”, etc. (Trease, 1987).

Taxonomía de Chile

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophita

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanácea

Género: *Capsicum*

Especie: *annuum*

El género *Capsicum* agrupa a más de 26 especies, de las que solo 12, incluyendo algunas variedades, son empleadas por el hombre. Solo cinco de las especies han sido domesticadas y se cultivan (López-Riquelme, 2003).

Características Botánicas

El nombre viene del Náhuatl, chilli y se aplica en numerosas variedades y formas de la planta herbácea o subarborescente anual *Capsicum annuum*, de la familia de las solanáceas. Esta especie agrupa a la gran mayoría de los tipos cultivados en México. Además presenta la mayor variabilidad en cuanto a tamaño, forma y colores de fruto, presenta coloración verde o amarillo cuando están inmaduros, roja amarilla anaranjada o café cuando están maduros. Las características vegetativas son muy variables, su cultivo va desde nivel del mar hasta los 2500 msnm, abarcando diferentes regiones del país, razón por la cual se encuentra el chile en el mercado todo el año.

Planta: Semiarbusto de forma variable entre 0.60 m a 1.50 m de altura, dependiendo de la variedad, condiciones climáticas y del manejo. Es monoica, tiene los dos sexos incorporados en una misma planta y es autógama, aunque puede tener hasta un 45% de polinización cruzada.

Raíz: pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias, que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 centímetros y 1 metro.

Tallo: De crecimiento limitado y erecto. A partir de la cruz emite 2 o 3 ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo, los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas.

Hojas: Entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso (dependiendo de la variedad) y

brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto.

Flor: Las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógama, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10%.

Fruto: Baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 milímetros.

Composición Química del Chile

El chile juega un papel muy importante en la alimentación ya que proporciona vitaminas y minerales (Cuadro 1); investigaciones médicas recientes comprueban su efectividad al utilizarlo como anestésico y como estimulante de la transpiración. (Muciño *et al.*, 2009).

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

Composición	Unidades	Unidades
Agua	93.0	G
Calcio	6.0	mg
Fierro	1.8	Mg
Fosforo	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
Ácido ascórbico	128.0	mg
Vitamina A	530.0	UI
Energía	25.0	Kcal

(Muciño et al. 2009).

Plagas y Enfermedades

Plagas

- Minador de la hoja (*Liriomyza trifolii*)
- Picudo del Chile (*Anthonomus eugenii*)
- Araña roja (*Tetranychus urticae*)
- Pulgón myzus (*Myzus persicae*)
- Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)
- 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*)

Enfermedades

- Marchitez del Chile o secadera (*Phytophthora capsici*)
- Marchitez por verticillium (*Verticillium dahliae*)
- Tizón sureño (*Sclerotium rolfsii*)
- Antracnosis (*Colletotrichum capsici*)
- Pudrición por Alternaria (*Alternaria spp*)
- Mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*)
- Marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*)
- Virus del Mosaico del pepino (VMP)
- Virus del mosaico del tabaco (VMT)

Importancia del Genero *Capsicum annum L.*

El chile (*Capsicum spp.*) se ha convertido en uno de los principales condimentos a nivel mundial. El chile jalapeño también conocido como pimiento picante es cultivado en las regiones tropicales y subtropicales del mundo.

El chile se encuentra distribuido en todo el mundo y de acuerdo al área sembrada y a los volúmenes de producción, es actualmente una de las especias más utilizada como condimento en los alimentos. El apogeo del chile en la alimentación se debe a la diversidad de formas del fruto, usos y aromas que presenta (Pozo, 2004).

El género incluye plantas angiospermas, dicotiledóneas, herbáceas o arbustivas, de ciclo anual, por sus características morfológicas se agrupan en la Familia botánica denominada Solanácea o Solanáceas (Germán, 2006; Cárdenas, 2010).

El cultivo del chile (*Capsicum annum L.*) es una de las ocho hortalizas más producidas en el mundo con 24 millones de toneladas anuales. China produce 12 millones de toneladas de chile, México 1.8 y Turquía 1.79 por año (FAO, 2004).

Producción de Chile en México

Con una producción de 2.7 millones de toneladas, el país ocupa el segundo lugar en producción de chile verde, actividad en la que participan más de 12 mil productores y 144 mil hectáreas.

México es líder en exportación de chile, con un comercio de 845 mil toneladas de este producto, lo que generó divisas por alrededor de 560 millones de dólares en 2014.

Nuestro país produjo el año pasado más de 2.7 millones toneladas de esta hortaliza, lo que la sitúa en el segundo lugar internacional en producción de chile verde, con una participación de alrededor del ocho por ciento en la producción mundial. Esto genera más de 30 millones de jornales en el campo participan más de 12 mil productores en el territorio nacional.

Se cultivan más de 144 mil hectáreas en el país, de las cuales el 95 por ciento aproximadamente son de riego, y el resto, cinco por ciento, de temporal.

En México se producen unas 50 variedades de chiles entre los que se encuentran habanero, jalapeño, poblano, pimiento morrón, serrano, pasilla y guajillo, cuya cosecha representa el 20.6 por ciento de la producción nacional de hortalizas. (SAGARPA 2015).

Diversidad Genética de *Capsicum annuum* L.

Capsicum annuum var. *annuum* es la forma domesticada y es la más importante en México y el mundo, registra la mayor variabilidad morfológica, ya que agrupa la mayoría de los tipos cultivados México, entre otros: ancho, serrano, jalapeño, morrón, mirasol, pasilla, mulato, etc. Muestran gran diversidad, la cual se manifiesta en diferentes formas, color, sabor, pungencia, adaptación, etc. En el caso de la forma, tamaño y color de los frutos, estos varían en forma alargada, cónica o redonda; de 1 a 30 cm de longitud; fruto de cuerpo grueso, macizo o

aplanado. Algunas de las formas más representativas de esta especie, son los pimientos (diferentes variantes de morrón y bell pepper), jalapeños y paprikas. Además de estos tipos más comerciales, se registra una serie de subtipos o variantes locales de cada uno de ellos o diferentes a ellos (Pozo *et al.*, 1991).

Toda esta diversidad en variantes mostrada por *C. annuum* ha hecho de ella una de las plantas cultivadas más importantes del mundo como hortaliza fresca o cocinada y una diversidad de usos, ya que se presenta como salsas y polvos y como colorante en la industria de los cosméticos (Andrews, 1995, 1999; Bosland, 1994; Bosland y Votava, 2000). Además, esta especie es usada como medicamento y es la materia prima para un repelente (Krishna, 2003)

Los chiles también son cultivados como plantas ornamentales especialmente por la forma y amplio rango de colores de sus frutos.

El centro de diversidad para esta variedad (*C. annuum var. annuum*) incluye México y Centroamérica y los centros de distribución secundaria se reportan en América del sur, parte central y sureste de Europa, África y Asia (IBPGR, 1983).



Figura 1 Centro de origen del género *C. annuum* en México y Centroamérica.

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

Los programas de mejoramiento genético prestan poca atención a la semilla y sus caracteres intrínsecos. No obstante, estos caracteres pueden facilitar la producción, mejorando la emergencia en campo y favoreciendo un mayor rendimiento (Carballo, 1992).

La importancia de la fitogenética estriba principalmente en los resultados logrados por la investigación de la genética aplicada, los cuales consisten en corregir todas aquellas características agronómicas indeseables, por medio de hibridaciones o métodos específicos de mejoramiento, a fin de incrementar rendimientos, calidad del producto o alguna otra característica que se quiera mejorar con objeto de aumentar su eficiencia.

El mejoramiento genético vegetal puede contribuir en el grado de sostenibilidad de los sistemas agropecuarios de producción, mediante el desarrollo de genotipos adaptados a nuevos requerimientos ambientales y nuevas demandas del mercado. Esto requiere en el plano de la investigación genética, la consideración de cambios en la priorización de objetivos, en las técnicas de selección y en la búsqueda y utilización de variabilidad genética. La evolución biológica y el mejoramiento genético de plantas, se realizó a través de un largo proceso de evolución biológica dirigida por el hombre, a fin de lograr un ajuste

cada vez mayor entre las características de las especies vegetales y las necesidades que se deben satisfacer.

Tendencia del Mejoramiento Genético

La domesticación es un proceso por el cual las plantas silvestres se convierten en cultivadas. En la época de la agricultura incipiente, el hombre aprendió a obtener semillas de las plantas silvestres y a sembrarlas para beneficiarse de la cosecha. Poco a poco fue usando algunos procedimientos elementales de selección para mejorar sus cultivos, basados en la simple observación de que los hijos se parecen a los padres. Aunque los procedimientos de selección deben haberse hecho más eficientes a medida que la agricultura se fue desarrollando, lo más probable es que las grandes diferencias que ahora se notan entre las plantas cultivadas y sus parientes silvestres, hayan sido producto de la adaptación a un medio más controlado y a otros procesos naturales, más que a la aplicación de métodos eficientes de selección. El mejoramiento de cultivos hasta llegar a las formas que actualmente conocemos, tiene que haberse realizado con la aplicación de alguna forma de selección. La selección para la siembra de semillas provenientes de plantas con las características deseadas, debe haber sido una práctica común casi desde los albores de la agricultura. Pero en la actualidad el mejoramiento de plantas puede considerarse como una actividad científica, ya que hay un control artificial en la floración y la polinización de las plantas. Por eso es que se considera el inicio del mejoramiento de plantas cuando Camerarius en 1694 demostró que las plantas tenían sexo. La evidencia de algunas pinturas egipcias de más de 4000 años de antigüedad, muestran a hombres polinizando palmeras datileras, es un indicio de que el control de la polinización interesó al hombre desde muy temprana edad (Camarena *et al.*, 2008).

El mejoramiento de plantas para beneficio de la humanidad es tan antiguo como la agricultura misma. A través de los años los productores han cultivado

plantas y han aplicado herramientas cada vez más sofisticadas para el mejoramiento de cultivos, lo que ha causado la introducción de variedades nuevas, adaptadas a condiciones específicas de ambientes o de necesidades, como por ejemplo; variedades de fácil cosecha o resistentes a enfermedades, prácticas que han sido reforzadas por la tecnología química.

Dos técnicas se han empleado para mejorar cultivos: la selección, que actúa sobre la variación genética en las plantas y el mejoramiento que emplea esa variación para la producción de nuevos tipos.

En el pasado, las interacciones entre los cultivos y la civilización se consideraban desde el punto de vista de los seres humanos como ingenieros biológicos, manipuladores y consumidores. El desarrollo tecnológico de los últimos años ha tenido un impacto arrollador sobre la producción de cultivos, la preservación de alimentos, la ingeniería genética y la distribución de alimentos. Estos avances han sido tan impresionantes y de tan largo alcance que hoy se toman como si no fueran dados por nuestra naturaleza. Como la tecnología ha logrado tanto, mostramos una actitud de complacencia y optimismo y creemos que, dada nuestra condición de seres humanos inteligentes y creativos, es posible tener todo está bajo control: la alimentación de la creciente población mundial, el mantenimiento de los actuales niveles de desarrollo social, económico y cultural y el aseguramiento de nuestro crecimiento futuro y de la supervivencia como especie. Con la toma de conciencia de los problemas ambientales de los años 70, se ha acumulado información que permite concluir que nuestra posición de omnipotencia tecnológica y ambiental no está asegurada: la inanición y el hambre no han desaparecido, ya que algo más de la mitad de la población mundial todavía sufre de desnutrición. Una vez más, debemos ver por la perpetuación de nuestros sistemas social, cultural y económico y la supervivencia de la especie, como dependiente en forma directa y crítica de la producción de alimentos (Coral, 2006).

La investigación ha tenido como disciplina al mejoramiento genético y el objetivo de ella es obtener plantas con mayor rendimiento y calidad de fruto, en *Capsicum annuum* que es una especie muy importante para México. El cultivo de

chile por su gran diversidad genética, tiende a expresar un alto vigor híbrido, el cual se debe de aprovechar el potencial de esta especie.

En el cultivo de chile se ha encontrado heterosis para rendimiento que va de un 28 a un 47 por ciento, donde los valores más sobresalientes ocurren cuando grupos ecológicos diferentes con distintos progenitores son usados (Dikhil *et al.*, 1973).

Hibridación

La hibridación es el acto de fecundar los gametos femeninos de un individuo con gametos masculinos procedente de otro individuo. El mejoramiento genético de cultivos se realiza con los objetivos de explotar el valor híbrido (heterosis), provocar variabilidad y seleccionar la crusa adecuada de acuerdo a las exigencias del consumidor (Chávez, 1995).

La hibridación es el aprovechamiento de la generación F1 proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones P1 y P2 (poblaciones paternas). P1 y P2 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 F1 o bien como un aprovechamiento en el paso inicial o intermedio para aplicar algún otro método genético. De ahí que las poblaciones pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización libre, variedades sintéticas o también las poblaciones F1 (Márquez, 1988).

La hibridación es un método que permite obtener rendimientos más altos en cruza simples o dobles, que tienen amplia adaptabilidad ambiental y poca interacción en el ambiente (Morfin, 1990).

Hibridación es el proceso a través del cual se cruzan progenitores de diferente constitución genética, con el objeto de lograr la transferencia de características deseables (genes) entre los progenitores. La hibridación o cruzamiento es la principal estrategia para el mejoramiento genético de las

especies autógamas a través de ella se logran formas cultivadas superiores a las existentes.

La aptitud combinatoria, en su forma general, ha sido considerada como un método ideal para evaluar el comportamiento de líneas o variedades, cuando se usan como progenitores en combinaciones híbridas. Dicho de otra forma, la aptitud combinatoria sirve para seleccionar buenos progenitores para los diferentes programas de mejoramiento, debido a que la selección visual o fenotípica de los mismos no ha sido un parámetro lo suficientemente efectivo (Echeverri *et al.*, 1998).

Heterosis y Heterobelteosis

El resultado de la heterosis es la superioridad fenotípica de un híbrido sobre la media de sus padres con respecto a los rasgos tales como la tasa de crecimiento, el éxito reproductivo y el rendimiento (Lippman y Zamir, 2007).

Existen dos hipótesis principales que explican el fenómeno de heterosis: la de dominancia y la de sobre-dominancia (Allard, 1960).

La hipótesis de sobre-dominancia se basa en la complementación de los alelos cuando estos se encuentran en estado heterocigótico en el individuo, mientras que la de dominancia se basa en que los descendientes híbridos deben poseer mayor cantidad de alelos dominantes que el que posee por separado cada uno de sus progenitores. La heterobelteosis es la superioridad del híbrido F1 sobre su mejor padre.

La superioridad de la F1 en comparación con la media de sus padres no es tan importante ya que no ofrece ventajas sobre los mejores padres mientras que la heterobelteosis es la diferencia de la generación F1 con respecto al mejor progenitor, ambos son expresados en porcentaje.

El uso de la heterosis ha desarrollado una industria de semillas que cambió drásticamente el panorama del mejoramiento de plantas, sin duda la contribución de la tecnología híbrida F1 ha aumentado la producción de alimentos en muchas regiones del mundo.

$$H = \frac{F_1 - P_s}{P_s} \times 100$$

Estimación de la heterosis y heterobeltiosis

$$H = \frac{F_1 - \frac{P_1 + P_2}{2}}{\frac{P_1 + P_2}{2}} \times 100$$

En donde:

F1= Rendimiento del híbrido

P1= Rendimiento de un progenitor

P2= Rendimiento de otro progenitor

Ps= Progenitor superior

Ramírez *et al.* (2007) indican que las acciones genéticas aditivas, de dominancia, sobre dominancia, epistaxis; así como las interacciones genético-ambientales, contribuyen a la existencia de heterosis, que a su vez se basa en el cruzamiento de germoplasma con acervos genéticos u orígenes geográficos diferentes.

Cubero (1999), señala que la heterosis o vigor híbrido se debe al aumento de aquellos caracteres que antes sufrieron una reducción por endogamia y surgen tras el cruzamiento entre especies, variedades o líneas puras.

Falconer (1981) describe a la heterosis como el comportamiento de la progenie más allá de los límites impuestos por los progenitores. Los efectos genéticos y la heterosis son datos importantes para evaluar el valor del potencial genético de un grupo de progenitores en un programa de mejoramiento, así como de las progenies que resultan del cruzamiento entre ellos. Heterosis es un término utilizado en genética, crianza y mejoramiento selectivo. También es conocido como vigor híbrido, describe la mayor fortaleza de diferentes características en los mestizos; la posibilidad de obtener “mejores” individuos por la combinación de virtudes de sus padres. El vigor híbrido o heterosis es la superioridad individual de animales o plantas, que se obtiene por el apareamiento o cruce entre progenitores menos relacionados entre sí, por encima de los representantes promedio de la población de su procedencia.

La heterosis ha sido ampliamente utilizada en programas de mejoramiento de muchos cultivos, para la identificación de poblaciones genéticamente divergentes, como base para el desarrollo de líneas endogámicas a ser usadas en cruzamientos F1 (Hallauer y Miranda, 1988).

Diversos investigadores han reportado efectos de heterosis alta en *Capsicum spp.*, en largo y diámetro de fruto, número de semillas por fruto, rendimiento y contenido de capsaicina por planta (De Souza y Maluf, 2003; Seneviratne y Kannangara, 2004), rendimiento y calidad de frutos (Milerue y Nikornpun, 2000; Pérez–Grajales *et al.*, 2009), peso de semillas por fruto, peso de 100 semillas, número de frutos por planta (Mishra *et al.*, 1989), contenidos de vitamina C y capsaicinoides en diferentes grados de madurez de fruto (Cruz–Pérez *et al.*, 2007) y para contenido de capsaicina (Zewdie *et al.*, 2000; Zewdie y Bosland, 2000).

La mayoría de esos estudios se han realizado en *C. annuum*, y en pocas investigaciones se ha determinado la magnitud de heterosis en otras especies, como *C. chinense* y *C. pubescens*. En México existen pocos reportes de heterosis en Chile.

En Chile se ha explotado la heterosis para incrementar el rendimiento y otros caracteres económicos (Seneviratne y Kannangara, 2004) y se considera que en *Capsicum* la heterosis es alta (De Souza y Maluf, 2003).

Por ello, la existencia de una amplia diversidad de este género en México, tanto en el ámbito de variantes cultivadas como semicultivadas y silvestres y esta diversidad puede aprovecharse para formar híbridos locales y nacionales, ya que la semilla híbrida que se usa proviene de empresas transnacionales. En la Península de Yucatán es importante aprovechar la diversidad de tipos de chiles, que son conservados y aprovechados por los productores. Entre los más importantes se encuentran el chile 'Habanero' (*C. chinense* Jacq.) y los pertenecientes a *C. annuum* ('Dulce' e 'Xcat'ik') (Latournerie *et al.*, 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área de Estudio

El presente trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) ubicada a 25°21'19" latitud norte, 101°01'48" longitud oeste, a una altura de 1779 msnm en Buenavista Saltillo, Coahuila (Servicio Meteorológico Nacional, 2014).

La evaluación agronómica se realizó en un invernadero tipo multitúnel con cubierta plástica, el cual cuenta con extractores, calefactores, estación meteorológica, pared húmeda y control de temperatura, registrando mínimas de 18°C y máximas de 36°C y una humedad relativa promedio de 60%.

Material genético

El material vegetal utilizado fueron diferentes tipos de *Capsicum annuum* con los cuales se realizaron cruza directas utilizando como hembras los progenitores que se indican en el Cuadro 2, ya que las recíprocas no prosperaron.

Formación de Híbridos

Los progenitores se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, usando como medio de germinación peat moss y perlita, en una proporción 80:20 respectivamente. El trasplante se realizó a los 45 días después de la siembra, en camas con acolchado plástico negro y cintilla para riego, las camas con 25 cm de altura y una separación de 1.60 m y 30 cm entre plantas. El riego por goteo inicial fue de 0,75 L·planta⁻¹·dia⁻¹, con un incremento paulatino hasta llegar a 3.5 L·planta⁻¹·dia⁻¹, la nutrición fue con solución Steiner en el agua de riego a lo largo del ciclo del cultivo.

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

Cuadro 2 Material vegetal utilizado para la formación de los híbridos.

Progenitores
Hembra
➤ Chile jalapeño mitla (CJM)
➤ Criollo mirador (CM)
➤ Chile tampiqueño(CT)
Macho
➤ Pimiento rojo UANRd.
➤ Pimiento amarillo UANYw.
➤ Pimiento naranja UANOg.
➤ Super heavy weight UANShw
➤ Pimiento capistrano UANCn.

Establecimiento del Experimento

La semilla híbrida resultante y la de sus progenitores se sembraron en agosto de 2015 de la misma forma que en el primer ciclo, cuando las plántulas tuvieron 12 cm de altura y 50 días después de la siembra, fueron establecidas en camas elevadas de 25 cm y de 1.60 m de ancho, con acolchado plástico de color negro y riego por goteo. Se establecieron a doble hilera en forma de tresbolillo con 40 cm entre plantas, resultando una densidad de 41665 plantas ha⁻¹.

Mediciones de las Variables Estudiadas

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

Los frutos que fueron cosechados fueron medidos con un vernier digital, graduado en centímetros todos los frutos obtenidos por cada progenitor e híbridos eran medidos de la misma manera, poniendo en la parte central del fruto el vernier y obtener el dato por fruto de (LDF) y (ADF)

El (GDM) se realizó midiendo tres frutos por tratamiento utilizando un vernier de marca, los frutos se cortaban a la mitad y se tomaba su grosos de la parte central del fruto.

El (NDS) se obtuvo haciendo la extracción de semillas por fruto manualmente con ayuda de guantes y pinzas, una vez extraídas, las semillas de cada fruto fue realizado el conteo.

El (LDH Y ADH) se midió con un flexómetro Pretul^{MR}, tomando al azar cuatro hojas por planta, todas con una orientación Noreste y de la parte media alta de la planta, los datos se reportaron en cm.

Labores Culturales

Deshierbe. Se realizó de forma manual, para evitar la competencia de agua, luz, nutrientes y eliminar hospederos de plagas.

Poda. Esta labor se realizó para conducir las plantas a 2 tallos, eliminando los brotes nuevos, dejando solo dos tallos.

Tutoreo. Las plantas fueron conducidas verticalmente mediante rafia que se sostenía de un alambre galvanizado que está ubicado a cuatro metros de altura dentro del invernadero, lo anterior fue de mucha ayuda a la planta para mantenerse erguida y soportar el peso de los frutos.

Evaluación de Progenitores e Híbridos

El trabajo fue establecido bajo un diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones. Cada parcela experimental fue constituida por 10 plantas y como parcela útil se tomaron 3 plantas con competencia completa, del centro de la cama de cultivo, para reducir el efecto de orilla. Al cultivo se le realizaron riegos cada tercer o cuarto día dependiendo de las necesidades del cultivo, además se realizaron aplicaciones de fertilizantes foliares para corregir deficiencias por algún elemento.

Control de Plagas y Enfermedades

Se realizaron podas, tutores, fertilizaciones y para la prevención y control de mosca blanca, paratíozoa y trips, se usaron imidacloprid 30,7% y metomilo 54% y para prevenir las enfermedades se aplicó mancozeb + metalaxil +cloratonil 32,1%, tecto 60 23,34%, estos productos se aplicaron mensualmente, para evitar la resistencia de plagas y enfermedades a los productos químicos.

Análisis Estadístico

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (ANOVA) para los componentes de rendimiento RTF, NFP Y PPF, mostro diferencias significativas ($P < 0.01$) entre progenitores e híbridos, exhibiendo la gran variabilidad genética que se tiene en los progenitores e híbridos estudiados, de igual forma los coeficientes de variación son bajos, indicando la confiabilidad de los resultados obtenidos (Cuadro 3).

Cuadro 3 Cuadrados medios de caracteres de progenitores e híbridos interraciales desarrollados en invernadero.

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

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

Una de la variables más importante es el rendimiento, donde la comparación de medias, muestra que el híbrido 1x5 (3,584.60g) exhibió el mayor RTF aunque fue estadísticamente igual al resto de los híbridos formados, superando en un 69.56% a su progenitor hembra y 53.64% a su progenitor macho. El híbrido 1x7 fue el que mostro el rendimientos más bajo dentro de este grupo, pero superó a los progenitores tanto hembra en 44.95% y progenitor macho en 16.17%. Para NFP el híbrido 2x6 (120.61 frutos) fue estadísticamente igual a seis híbridos y superó estadísticamente al híbrido 1x7, que fue el que mostro el menor NFP (52.08 frutos), el cual fue superado en 131.5% por el primero, también dos

progenitores hembra superaron a éste híbrido. En el PPF, ningún híbrido supero a los progenitores, teniendo mayor PPF los progenitores UANShw y UANCn con 105 g. El híbrido que presento mayor PPF fue el 1x5 con 38.14 g el cual solo supero solo a los progenitores hembra (Cuadro 4).

Los datos que arrojaron las poblaciones en estudio son muy alentadores, para seguir realizando investigación en este cultivo y formar híbridos que podrán lograr altos rendimientos, aprovechando la gran variabilidad genética que se tiene, y el potencial genético en *Capsicum annuum* que aún no se ha explotado por productores o empresas semilleras.

Al observar los datos que arrojaron las poblaciones en estudio, nos muestra que los progenitores tanto hembras como machos tiene una excelente ACG, y esto se debe al gran potencial genético que la especie tiene y que se puede que aprovechar al máximo, por otro lado, también influye mucho el buen manejo que se le dio a la población en estudio, evitando de esta manera las plantas se estresaran y así expresaran de una manera adecuada su potencial genético.

Los resultados de rendimiento coinciden con Sathyanarayanaiah *et al.*, (1991), quienes indica que la altura de planta es una característica cuantitativa relacionada con el rendimiento y esto se expresa en el trabajo de investigación realizado, en donde se observó que las plantas con mayor altura también mostraron los rendimientos más altos, otro factor que influyó en el rendimientos, fue el establecimiento del experimento dentro de invernadero, lo cual facilita el control del ambiente y eso ayuda a que la planta se desarrolle de mejor manera.

Cuadro 4 Comparación de medias de los componentes de rendimiento de los híbridos y progenitores desarrollados en invernadero.

GENOTIPOS	RTF	NFP	PPF
Hembras			
1. Jalapeño	1,098.20bc	56.94abcd	19.66de
2. Mirador	551.00c	50.67bcd	9.29e
3. Serrano	831.50c	69.72abcd	12.05e
Machos			
4. UANOg	1,664.30bc	17.56cd	94.44ab
5. UANRd	1,482.80bc	18.78cd	86.44b
6. UANShw	1,243.10bc	12.11d	105.18ab
7. UANYw	1,293.50bc	13.00d	98.65ab
8. UANCn	1,227.20bc	11.56d	105.62a
Híbridos			
1X4	2,586.70abc	71.25abcd	37.37cd
1x5	3,584.60a	93.72ab	38.14c
1x6	2,991.80ab	117.92ab	26.64cde
1x7	1,980.40abc	52.08bcd	37.21cd
2x4	2,764.40abc	111.42ab	25.35cde
2x5	2,828.70abc	91.75abc	30.44cde
2x6	3,247.50a	120.61a	27.77cde
3x4	2,633.00abc	98.29ab	26.95cde
3x8	2,781.50abc	110.16ab	25.27cde
DSM	2349.80	89,32	18,780

RTF: Rendimiento total del fruto. NFP: Numero de fruto por planta. PPF: Peso promedio de fruto.

En la variable LDF (Cuadro 5), se encontraron diferencias significativas entre los genotipos estudiados, observando que el híbrido 2x6 con 98.233 cm, fue el que presento el valor más alto, sin embargo fue estadísticamente igual a todos los híbridos y cuatro progenitores macho, el híbrido 3x8 presentó el valor más bajo con 86.650cm pero aun así superó a algunos de sus progenitores. Los híbridos heredaron esta característica de los progenitores machos puesto que tienen forma similar a los pimientos y los híbridos fueron estadísticamente iguales a los pimientos.

En la variable ADF (Cuadro 5) progenitores macho presentaron valores estadísticamente superiores a los híbridos y progenitores hembra. El híbrido 1x4 fue el que presento el mayor ADF y fue estadísticamente igual a los progenitores

hembra. Para esta variable, tres progenitores machos fueron estadísticamente superiores a todos los híbridos estudiados.

Esta variable influye para lograr mayor peso de fruto, aunque a mayor peso de fruto menor número de frutos, ya que estas variables están correlacionadas negativamente.

Cuadro 5 Comparación de medias de la variable de LDF y ADF de los híbridos y progenitores desarrollados en invernadero.

GENOTIPO	LDF	ADF
Hembras		
1. Jalapeño	72.010e	28.627d
2. Mirador	63.420e	24.220d
3. Serrano	76.683dec	17.647d
Machos		
4. UANOg	80.237bdc	70.603abc
5. UANRd	86.750abcd	91.853a
6. UANShw	98.673a	73.520ab
7. UANYw	86.600abcd	82.300a
8. UANCn	94.917ab	81.677a
Híbridos		
1X4	96.200ab	42.043bcd
1x5	97.640a	40.927bcd
1x6	90.720abc	34.383d
1x7	96.437ab	36.343cd
2x4	93.163abc	35.097d
2x5	92.907abc	39.610bcd
2x6	98.233a	39.023bcd
3x4	86.650abcd	31.733d
3x8	94.480ab	32.640d

LDF= Largo de fruto y ADF ancho de fruto

La variable de GDM (Cuadro 6) es una variable que también está correlacionada con el peso de fruto y con la firmeza de fruto, por lo tanto con la calidad del fruto y en éste caso el progenitor 8 fue el que presentó el mayor valor aunque fue estadísticamente igual al progenitor 5. De los híbridos el 1x7 fue el que mostró el mayor grosor, con 4.040mm superando estadísticamente a dos progenitores y fue estadísticamente igual a cuatro progenitores, excepto al UANCn

que tiene un grosor de 5.2433 mm, el híbrido con menor grosor fue el 3x4 con 2.0967 mm superando solamente a progenitor hembra (mirador) que obtuvo 1.6900mm.

Esta variable influye mucho en calidad de fruto tanto para lo industrial como para la cocina mexicana, puesto que ahí se encuentra la mayoría de los nutrientes que el fruto de chile aporta, en la calidad de semilla protegiéndola de algún daño mecánico al momento de cosechar.

Cuadro 6 Comparación de medias de la variable GDM de los progenitores e híbridos interraciales desarrollados en invernadero.

GENOTIPO	GDM
Hembra	
1. Jalapeño Mitla	3.3233cde
2. Mirador (Criollo)	1.6900g
3. Serrano Tampiqueño 74	2.3467efg
Machos	
4. UANOg	4.1100bc
5. UANRd	4.4867ab
6. UANShw	3.7700bcd
7. UANYw	3.5767bcd
8. UANCn	5.2433a
Híbridos	
1X4	3.5533bcd
1x5	3.8200bcd
1x6	3.5067bcd
1x7	4.0400bc
2x4	3.2467cde
2x5	3.4567bcd
2x6	3.1367cdef
3x4	2.0967fg
3x8	2.9767def

GDM: grosor de mesocarpio

El NDS (Cuadro 7) es una variable que está estrechamente relacionada con la calidad de fruto ya que a mayor formación de semillas mayor tamaño de fruto, debido a la síntesis de giberelinas al momento de la fecundación de los óvulos. La

alta producción de semilla obtenida en los híbridos, indica que no solo hubo heterosis, también alta homología cromosómica, que si desea producir semilla híbrida no habrá problemas de fecundación.

El híbridos UANShw fue e que presentó el mayor NDS, superando al resto de los progenitores e híbridos, coincidiendo lo antes señalado, ya que éste progenitor fue el que tuvo el mayor peso de fruto. De acuerdo a lo observado seis híbridos fueron estadísticamente superiores en relación al NDS producidas por fruto.

Cuadro 7 Comparación de medias del variable número de semillas por fruto de progenitores e híbridos interraciales de Chile.

GENOTIPO	NDS
Hembras	
1. Jalapeño	23.000i
2. Mirador	41.820hi
3. Serrano	40.417hi
Machos	
4. UANOg	96.250bcdef
5. UANRd	100.500bcd
6. UANShw	165.083a
7. UANYw	59.000gh
8. UANCn	111.293b
Híbridos	
1X4	97.467bcde
1x5	75.297cdefg
1x6	68.417defgh
1x7	80.367bcdefg
2x4	82.797bcdefg
2x5	101.807bc
2x6	76.353cdefg
3x4	64.930fgh
3x8	66.450efgh

NDS: Numero de semillas por fruto

El área foliar está relacionada con la captura de luz y síntesis de carbohidratos y por lo tanto con la producción de fruto y dos variables muy relacionadas con el área foliar son el largo y ancho de hoja.

Para la variable de LDH (Cuadro 8) el híbrido 1 x 7 fue el que presentó el mayor valor, sin embargo fue estadísticamente igual a cuatro progenitores macho y a tres híbridos y supero a todos los progenitores hembra. En ADH (Cuadro 8) se encontró el mismo comportamiento que en la anterior variable, donde los progenitores maternos volvieron hacer superados por todos los híbridos, mientras que los progenitores paternos al menos cuatro, fueron estadísticamente iguales a los híbridos.

Cuadro 8 Comparación de medias del largo y ancho de hoja de progenitores e híbridos interracial de Chile.

GENOTIPO	LDH	ADH
Hembras		
1. Jalapeño	9.07 cde	4.13 efg
2. Mirador	5.19 e	2.36 g
3. Serrano	6.20 de	2.86 fg
Machos		
4. UANOg	11.27 abc	6.40 abcde
5. UANRd	9.77 cd	4.43 defg
6. UANShw	12.66 abc	6.93 abc
7. UANYw	13.30 abc	7.32 a
8. UANCn	12.50 abc	6.72 abcd
Híbridos		
1X4	12.79 abc	6.54 abcde
1x5	14.31 ab	7.29 ab
1x6	10.40 bcd	4.87bcdef
1x7	14.88 a	7.49 a
2x4	9.36 cde	4.41 defg
2x5	9.32 cde	4.32 defg
2x6	9.31 cde	4.66 cdefg
3x4	10.42 bcd	5.09 abcdef
3x8	9.25 cde	4.48 defg

LDH: Largo de hoja y ADH: Ancho de hoja.

Heterosis

En el Cuadro 9 se presentan los valores de heterosis de los híbridos, para características agronómicas bajo condiciones de invernadero. En la variable RTF se encontró que todos los híbridos presentaron valores significativos de heterosis con un rango de 87.62% a 228.92%, siendo el híbrido 2x6 el que tiene el valor más alto de heterosis. Estos datos nos demuestran que los progenitores hembra al ser combinados con el progenitor macho expresaron un alto vigor híbrido exhibiendo una superioridad en comparación con los progenitores. Con los datos que arrojaron las poblaciones en estudio, se infiere que los híbridos formados son prometedores en relación a la variable antes citada. Para NFP los híbridos también mostraron altos valores de heterosis, el 2x6 volvió a mostrar el valor más alto con 243.07% y el híbrido 1x4 el rango más bajo con 101.16%. En PPF los híbridos nos arrojan una heterosis negativa, por lo tanto manifestaron un comportamiento más similar a las hembras. Las variables LDF y ADF, se encontró heterosis en la primera pero no en la segunda, indicando que los frutos en relación a LDF fueron más similares a los progenitores macho y en ADF a los progenitores hembra. Mientras que en la variable GDM cuatro híbridos manifestaron heterosis, la cual se debería de aprovechar para tener fruto de mayor calidad. El híbrido con mayor heterosis en NDS fue el 1 x 7 con un valor de 96.00%, por lo tanto es un híbrido que puede ser seleccionado ya que también mostrara mayor peso de fruto y por ende mayor calidad. Para el LDH se muestran datos de un rango de -4.28% al 33.04%, siendo el híbrido 1x6 y 3 x 8 los únicos que manifestaron heterosis negativa observando un comportamiento similar en la variable ADH, los datos de heterosis observados indican que hay suficiente divergencia en las poblaciones estudiadas que pueden ser utilizadas para formar híbridos de alto potencial de rendimiento para producción en invernadero, y para lograr lo anterior solo es necesario identificar que cruzamientos permiten el mayor rendimiento y calidad de fruto. Todas estas variables en conjunto arrojan valores de heterosis en porcentajes altos influyendo en lo que es rendimiento que es una de las variables de mayor importancia que se busca dentro de los programas de mejoramiento.

Cuadro 9 Valores de heterosis en híbridos interraciales de Chile, producidos en invernadero.

Híbridos	RTF	NFP	PPF	LDF	ADF	GDM	NDS	LDH	ADH
1X4	98.51	101.16	-35.80	26.38	-15.26	-4.44	63.45	25.76	24.22
1x5	188.65	161.35	-26.92	23.00	-32.07	-2.05	21.93	51.91	70.33
1x6	133.54	198.99	-55.29	6.30	-32.68	-1.27	-27.25	-4.28	-11.93
1x7	87.62	65.90	-34.34	21.59	-34.48	17.27	96.00	33.04	30.83
2x4	118.18	162.73	-53.20	29.70	-25.99	11.72	19.92	13.73	0.68
2x5	132.79	113.90	-38.63	23.73	-31.75	11.83	43.06	24.60	27.25
2x6	228.92	243.07	-54.53	21.20	-20.16	14.65	-26.20	4.31	0.32
3x4	114.38	121.67	-51.40	10.45	-28.08	-35.19	-4.98	19.29	9.94
3x8	154.75	155.64	-58.77	10.12	-34.27	-21.64	-12.39	-1.07	-6.47

RTF: Rendimiento total de fruto. NFP: Numero de fruto por planta. PPF: Peso promedio de fruto. LDF: Largo de fruto. ADF: Ancho de fruto. GDM: Grosor de mesocarpio. NDS: Numero de semillas. LDH: Largo de hoja. ADH: Ancho de hoja.

Heterobeltiosis

En la Cuadro 10 se muestra la heterobeltiosis para diferentes variables, donde el híbrido 2x6 muestra el valor más alto con 178.48%, mientras que el híbrido 1x4 muestra el valor más bajo 67.20 %. Los datos presentados en el cuadro 11, permiten inferir que las poblaciones utilizadas en la presente investigación son altamente divergentes y con una alta posibilidad de lograr rendimientos significativamente superiores a la de los progenitores. En NDF el híbrido 2 x 6 nuevamente vuelve a mostrar el valor más alto de heterobeltiosis y el híbrido 1x7 el valor más bajo. Para PPF se obtuvo una heterobeltiosis negativa, sobre todo porque los híbridos obtenidos tuvieron un tamaño más semejante a frutos de tipo jalapeño, aunque con algunas características de pimiento, por lo tanto se considera que podrían desarrollarse poblaciones de Chile tipo jalapeño. Para LDF el híbrido 1x4 mostro el rango más alto con 19.91%, el híbrido 1x6 mostro una heterobeltiosis negativa, en ADF todas los valores expresa en forma negativa.

En algunos híbridos en diferentes variables mostraron valores negativos. En forma general la mayoría de los híbridos registraron valores positivos en heterobeltiosis, reflejan la tendencia de mostrar mayor rendimiento que sus progenitores, es un aspecto importante en el desarrollo de nuevos híbridos para la producción en invernaderos.

Cuadro 10 Valores de Heterobeltiosis de híbridos interraciales desarrollados en invernadero.

Híbridos	RTF	NFP	PPF	LDF	ADF	GDM	NDS	LDH	ADH
1X4	67.20	30.26	-61.29	19.91	-40.45	-13.63	1.26	13.49	14.00
1x5	146.35	73.85	-55.24	12.55	-55.45	-14.73	-25.08	46.47	64.56
1x6	115.19	82.51	-73.52	-8.06	-53.24	-7.16	-58.56	-17.85	-29.73
1x7	74.61	1.41	-60.71	11.35	-55.84	13.17	36.20	11.88	2.32
2x4	70.52	64.50	-73.14	16.12	-50.30	-21.17	-13.98	-16.95	-31.09
2x5	84.07	37.16	-64.36	7.09	-56.88	-22.99	1.29	-4.61	-2.48
2x6	178.48	103.93	-74.24	-0.45	-46.93	-16.98	-53.75	-26.46	-32.76
3x4	67.54	35.75	-72.62	8.00	-55.06	-49.15	-32.54	-7.54	-20.47
3x8	116.75	48.12	-77.06	-0.45	-60.03	-43.32	-40.29	-26.00	-33.33

RTF: Rendimiento total de fruto. NFP: Numero de fruto por planta. PPF: Peso promedio de fruto. LDF: Largo de fruto. ADF: Ancho de fruto. GDM: Grosor de mesocarpio. NDS: Numero de semillas. LDH: Largo de hoja. ADH: Ancho de hoja.

CONCLUSIONES

En base a los rendimientos de fruto y otras características agronómicas estudiadas, es posible inferir que el híbrido 2 x 6 y 1 x 5 son los más prometedores para producir un híbrido de alto rendimiento para invernadero.

La divergencia genética en los progenitores, permitieron la expresión de altos valores de heterosis y heterobeltiosis, que pueden ser explotadas para el desarrollo de híbridos genéticamente superiores.

El rendimiento de fruto del híbrido 1 x 5 fue el más elevado, superando en más del triple los rendimientos medios observados en el Estado de Sinaloa, que es uno de uno de los estados más tecnificados de México y logrando rendimientos superiores a las 100 t·ha⁻¹.

LITERATURA CITADA

- Allard R W (1960) Principles of Plant Breeding. John Wiley and Sons, Inc. New York. London 485 p.
- Andrews, J. 1995. Peppers: The Domesticated Capsicum. University of Texas Press, Austin. 186 p.
- Andrews, J. 1999. The Pepper Trail: History and Recipes from Around the World. University of North Texas Press, Denton, Texas. 261 pp.
- ASERCA, 1998 El cultivo de chile en México y en el mundo. Disponible en: <http://www.oeidrus-oaxaca.gob.mx/produce/abril07/contenido.pdf>
- Bosland, P. W. 1994. Chiles: History, cultivation, and uses. Pp. 347-366 in G. Charalambous, (ed.). Spices, Herbs and Edible Fungi. Developments in Food Science Vol. 34. Elsevier, Amsterdam.
- Bosland, P. W., and E.J. Votava. 2000. Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. Crop Production Science in Horticulture 12. CAB International Publishing, Wallingford, England, UK. 204 pp.
- Camarena MF, Chura ChJ, Blas SR. Mejoramiento Genético y Biotecnológico de plantas. Primera Edición. UNALM-Concytec. 2008. 241 p.
- Carballo, C. A. 1992. La calidad genética y su importancia en la producción de semillas. In: Mendoza, O. L.; Favela, C. E.; Cano, R. P. y Esparza, M. J. H. 1992. Situación actual de la producción, investigación y comercio de semillas en México. Memoria tercer Simposium, Torreón, Coahuila, México. pp. 80–101.
- Chávez, A.J.L. 1995. Mejoramiento de plantas 2. Métodos específicos de plantas alogamas. pp 143.
- Cichewicz, R. H., and P. A. Thorpe. 1996. The antimicrobial properties of chile peppers (*Capsicum* species) and their uses in Mayan medicine. Journal of Ethnopharmacology 52: 61-70.

- Coral Q.E. 2006. Estrategias y oportunidades para la producción eficiente de plantas mejoradas. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de Nariño Vol. VII. No.1. pag. 121-138.
- Cordell, G. A., and O. E. Araujo. 1993. Capsaicin: Identification, nomenclature, and pharmacotherapy. *Annals of Pharmacotherapy* 27: 330-336.
- Cronin, J. R. 2002. The chili pepper's pungent principle: Capsaicin delivers diverse health benefits. *Alternative and Complementary Therapies* 8: 110-113.
- Cruz-Pérez A B, V A González-Hernández, R M Soto-Hernández, M A Gutiérrez-Espinosa, A A Gardea-Béjar, M Pérez-Grajales (2007) Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. *Agrociencia* 41:627.
- Cubero J, I. 1999. Introducción a la Mejora Genética Vegetal. Ediciones Mudiprensa. Madrid. Barcelona. México. 365p.
- De Souza J A, W R Maluf (2003) Diallel analysis and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Sci. Agric.* 60:105.
- Dikhil, S. P., L. I. Studentsova and V. S. Anikeenko. 1973. Heterosis in pepper. *Trudy po Priklandnoi Botanike, genetike I selektissi* 49:252 – 269 (*Plant Breed. Abstr.* 44. p. 161).
- Echeverri, A.A. Ceballos, L.H. Vallejo, C.F.A. Heterosis y aptitud combinatoria en pimiento (*Capsicum annum*). *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellin.* Vol, 51. No. 2. P. 189-224. 1998.
- Falconer D S (1996) Introducción a la Genética Cuantitativa. 4a ed. Ed. ACRIBIA. Zaragoza, España. 469 p.
- Falconer, D. S. 1981, Introducción a la Genética Cuantitativa. Cía. Editorial Continental, México. Pp. 303-304.
- FAO, 2004. Estadísticas Agrícolas. Food and Agriculture Organization of the United Nations.FAOSTAT. Pp.4

- FAO, 2012: Organización de las naciones unidad para la alimentación y la agricultura.
- FAO, 2007. : Organización de las naciones unidad para la alimentación y la agricultura.
- Germán RT. Los principales grupos de vegetales. II. Las fanerógamas o espermatofitas. En. Waizel BJ. (Ed.) Las Plantas medicinales y las Ciencias; una visión multidisciplinaria. México. Instituto Politécnico Nacional. (2006).
- Hallauer A R, J B Miranda F (1988) Quantitative Genetics in Maize Breeding. 2nd ed. Iowa State University Press. Ames, Iowa. pp:60.
- Hernández, M.S López L.P, Ramírez M. M., 2001. Recopilación y análisis de ña información existente de las especies de genero *Capsicum* que cresen y se cultivan en México. Revista del INIFAP 1:32.
- IBPGR. 1983. Genetic resources of Capsicum: A Global Plan of Action. International Board for Plant Genetic Resources. AGPG/IBPGR/82/12. Rome, Italy. 49 p.
- Krishna De, A. 2003. Capsicum: The Genus Capsicum. Medicinal and Aromatic Plants – Industrial Profiles Vol. 33. Taylor & Francis, London and New York. 275 pp.
- Latournerie M L, J L Chávez S, M Pérez P, C F Hernández C, R Martínez V, L M Arias R, G Castañón N (2001) Exploración de la diversidad morfológica de chiles regionales en Yaxcabá, Yucatán, México. Agron. Mesoam. 12:41.
- Ledezma M., J. A.; Ruiz C., R. 1995. El sistema producto chile seco en México. Problemática económico-productiva y alternativas de solución.
- Lippman, Z. B., & Zamir, D. (2007). Heterosis: revisiting the magic. Trends in genetics, 23(2), 60-66.
- Long-solis, J. 1986. Capsicum y cultura. La historia del chilli. Fondo de Cultura Económico, México, 178 p.

- López-Riquelme OG. Chilli. La especie del nuevo mundo. Ciencias (Mex). 069:66-75. (2003).
- Márquez, S. F. 1988. Genotecnia vegetal. Tomo II. Métodos, teoría, resultados. AGT Editor. México, D.F.
- Morfin, V. A. 1990 Cruzas Simples Tropicales de Maíz Bajo Condiciones de Temporal. Memoria del XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Cd. Juárez Chih. Del 4 al 9 de septiembre. Pp 277.
- Milerue N, M Nikornpun (2000) Studies on heterosis of chili (*Capsicum annuum* L.). Kasetsart J. (Nat. Sci.) 34:190.
- Mishra R S, R E Lotha R, S N Mishra (1989) Heterosis in chilli by diallel analysis. South Indian Hort. 37:179.
- Muciño, S. T., Perez C. A., 2009. Tesis “aislamiento y caracterización de capsaicina del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) y su aplicación en cultivos in vitro de vainilla planifolia con parando el efecto con afinina” Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Químicas Programa Educativo Químico Industrial. Pp. 9.
- Palevitch, D., and L.E. Craker. 1995. Nutritional and medical importance of red pepper (*Capsicum* spp.). Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 3: 55-83.
- Pérez–Grajales M, V A González–Hernández, A Peña–Lomelí, J Sahagún–Castellanos (2009) Combining ability and heterosis for fruit yield and quality in manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R & P) landraces. Rev. Chapingo S. Hort. 15:47.
- Pozo C O, S Montes H, E Redondo J (1991) Chile (*Capsicum* spp.). In: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética. R Ortega P, G Palomino H, F Castillo G, V A González H, M Livera M (eds). SOMEFI. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. pp:217.

- Pozo, 1983 El cultivo de chile en México y en el mundo. Disponible en: <http://www.oeidrus-oaxaca.gob.mx/produce/abril07/contenido.pdf>
- Pozo, C.O. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo de chile. SARH-INIA. México pp.5-18.
- Pozo, C.O. 2004. Importancia económico-social y cultural del chile. 1-8pp. En cursotaller producción y manejo integral del cultivo del chile. Folletotécnico No. 2. CONAPROCH. Tampico, Tamaulipas, México. 68 p.
- Pozo-Campodónico O., S. Montes H. y Redondo J. E. 1991. El chile (*Capsicum* spp.). En: Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México, pp. 217-238.
- Ramírez, D. J. L. Chuela, B. M. Vidal, M. V. A. Ron, P. J. Caballero, H.F. 2007. Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 30 (4): 453-461.
- Reilly, C.A., D.J. Crouch and G.S. Yost. 2001. Quantitative analysis of capsaicinoids in fresh peppers, oleoresin capsicum and pepper spray products. Journal of Forensic Sciences 46: 502-509.
- Requejo, R.; Escobedo, L.; Olivares, E.; García, S.J. Producción de tomate cultivar floradade en dos sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 2004.
- SAGARPA, 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México.
- SAGARPA, 2015. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México.
- SAGARPA. 2005. Exportación de chile a países de América y Europa. Boletín276-06. En línea: <http://www.sagarpa.gob.mx>

- 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
- Sathyanarayanaiah, K., M. Ramírez M.; Pozo C O.1991. Caracterización de líneas del banco de germoplasma de chile serrano, para rendimiento y sus atributos. Agraria 7: 1-13.
- Seneviratne K G S, K N Kannangara (2004) Heterosis, heterobeltiosis and commercial heterosis for agronomic traits and yield of Chilli (*Capsicum annum* L.). Ann. Sri Lanka Depar. Agic. 6:195.
- SIAP 2015. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Cíclicos y perenes. Modalidad riego y temporal.
- Valadez, L. A. 2001. Producción de hortalizas. Solanáceas. 9a (Ed.). Editorial Limusa, S. A de C. V. México. 186 p.
- Valadez. L. A.; 1997, Producción de Hortalizas, Octava Edición, Editorial Limusa, México DF.
- Vallejo, C.F.A. Estrada, S.E.I. Mejoramiento Genético de Plantas. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- Zegbe, J.A.; Valdez, R.D.; Lara, A. Cultivo de chile en México. Tendencias de producción y problemas fitosanitarios actuales. Proyecto Editorial. Universidad Autónoma de Zacatecas, México. 2012.