

Efectos Genéticos en la Resistencia a la Marchitez Causada por
Phytophthora capsici en Chile (*Capsicum annuum*) y en
Caracteres Agronómicos Importantes en Rendimiento.

MIRNA HERNÁNDEZ PÉREZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial
para obtener el grado de

**DOCTOR EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
PROGRAMA DE GRADUADOS**

Buenavista, Saltillo, Coahuila
Diciembre del 2009

UNIVERSIDAD AUTONÓMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIRECCION DE POSTGRADO

Efectos Genéticos en la Resistencia a la Marchitez Causada por
Phytophthora capsici en Chile (*Capsicum annuum*) y en Caracteres
agronómicos Importantes en Rendimiento.

TESIS

POR

MIRNA HERNÁNDEZ PÉREZ

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y probada
como requisito parcial, para optar al grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal _____
Dr. Alfonso López Benítez

Asesor: _____
Dr. Sergio A. Rodríguez Herrera

Asesor: _____
Dr. Fernando Borrego Escalante

Asesor: _____
Dr. Mario E. Vázquez Badillo

Asesor: _____
Dr. Mariano Mendoza Elos

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Posgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre de 2009

AGRADECIMIENTOS

A DIOS. Por darme la oportunidad de vivir y ser mejor persona día con día.

A MI ALMA MATER. Por abrirme sus puertas desde la licenciatura hasta el doctorado. GRACIAS MIL!!!

AL CONACyT. Por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de doctorado y por el apoyo económico proporcionado.

AL DR. GASPAR MARTINEZ ZAMBRANO (+). Por ser asesor principal al inicio de este trabajo. Que en paz descanse y que Dios lo tenga en su Gloria.

AL COMITÉ ASESOR. Dr. Alfonso López Benítez, por creer en mí y dedicarme largas horas de su tiempo. Al Dr. Fernando Borrego, gracias por proporcionarme el material genético. Al Dr. Sergio Rodríguez, Dr. Mario Vázquez y Dr. Mariano Mendoza, muchas gracias por su apoyo en la realización de esta tesis.

AL M. C. MOISÉS RAMÍREZ MERAZ. Por ser una valiosa persona, un buen amigo y por su gran apoyo en el trabajo de campo.

AL DR. JOSUE GAMEZ. Por su apoyo incondicional y por la ayuda en la revisión de artículos. ¡¡Gracias por ser mi amigo, te debo muchas!!

A LA T.L.Q. MARJA CRISTINA SANCHEZ FLORES. No existen palabras para agradecer todo lo que hiciste por mí en esta Universidad, especialmente en la elaboración del medio de cultivo. Muchas gracias.

AL BIÓLOGO ARMANDO RODRIGUEZ. Gracias por la revisión de tesis, por ser un magnífico compañero y amigo; y sobre todo mi paño de lágrimas.

AL M.C. DANIEL SAMANO GARDUÑO. Por su paciencia y dedicación en la explicación de términos estadísticos, siempre te estaré agradecida.

A LA LIC. MA. LUISA BRIONES SOTO. Fuiste pieza clave en la elaboración de este proyecto, muchas gracias por tu amistad y apoyo.

AL SR. JOSE NICASIO. Por su amistad y colaboración en la recabación de datos de este trabajo de tesis.

A todos los profesores, así como a todo el personal Administrativo y técnico del departamento de *FITOMEJORAMIENTO*.

DEDICATORIA

A mis hijos:

TANIA BEATRIZ
KAREN VIANNEY
DAMIAN EMIR

Por ser el motor que me impulsa a hecharle ganas a todo lo que me proponga, ya que con esas caritas sonrientes son el aliciente que necesito para concluir mis objetivos.

A mi esposo:

DAMIAN MARTÍNEZ GÓMEZ

Gracias mi vida por el estímulo, ayuda, paciencia y comprensión a este logro, ya que sin ti me hubiera sido imposible. Por tu forma de ver la vida, por las alegrías y tristezas vividas. Pero sobre todo por seguir compartiendo conmigo toda una vida de ilusiones y anhelos.

A mis padres:

ESTANISLAO HERNÁNDEZ ARRIAGA (+)
GLORIA PÉREZ DE LEÓN

Por regalarme lo más hermoso que es la vida, por su cariño, amor, confianza y comprensión. Sé que no hay palabras para agradecer todo lo que hicieron por mí, Dios los bendiga dondequiera que se encuentren.

A mis hermanos:

LOREN (+)
EPIFANIO (+)
MARCELINA
JULIETA (+)
DELSI.

Ustedes son y serán parte importante de mi vida y aunque físicamente me falta más de la mitad de ustedes, para mi siguen viviendo en mi corazón, gracias por existir y haber existido algún día, los amo con toda mi alma.

A mis cuñados:

ÁNGEL (+), MANUEL Y RAÚL.

Por el apoyo moral brindado cuando más lo requerí, quienes han estado conmigo en los buenos y malos momentos. Gracias Angelito.

A mis sobrinos:

*GLORIA DILENIA, ÁNGEL, BRANDON Y AEL Y NAOMI JULISSA.
JOSELINE GUADALUPE Y JOSÉ ESTANISLAO
REYES (+) E IDAR ALEXIS Y DERIK RAÚL.*

Por la alegría que llevaron a casa a su llegada, por la felicidad que demuestran siempre que los veo y a los cuales les deseo el mejor de los éxitos en la vida que tiene por delante. Los quiero mucho y gracias por formar parte de mi vida.

A mis abuelitos:

RODOLFO (+) Y ROSALIA (+) FULGENCIO (+) Y ERNESTINA.

Que fueron parte importante en mi vida, ya que con sus consejos y ejemplos lograron hacer de mí una persona con valores y principios, fueron los mejores abuelos del mundo, Dios los bendiga, sobre todo al abuelito Rodo.

A mis familiares:

A mis tíos (as) y primos (as)

No puedo enlistar a todos ya que son muchos, pero muy bonita familia que me tocó: *REYNITA Y AMADEO*, quienes encabezan a la gran familia Hernández. Al primo *RODOLFITO* por la ayuda brindada en el CBTa 60.

A mi suegra: *TERESA GÓMEZ*

A mis cuñados: *JULVER, MELY, VÍCTOR Y DANY*

Gracias a todos y cada uno de ustedes, ya que de una u otra forma contribuyeron a darme ánimos a seguir adelante.

A la familia:

CISBELES PICASSO

Por el desinteresado apoyo y amable hospitalidad, ya que hicieron que mi estancia en Saltillo fuera más agradable.

A TODOS LOS AMIGOS (AS) Y COMPAÑEROS (AS)

Los cuales siempre han sido parte de mi vida, y con los cuales he vivido grandes experiencias. Gracias por estar presentes demostrándome su apoyo y amistad.

COMPENDIO

Efectos Genéticos en la Resistencia a la Marchitez Causada por *Phytophthora capsici* en Chile (*Capsicum annuum*) y en Caracteres Agronómicos Importantes en Rendimiento.

POR

MIRNA HERNANDEZ PEREZ

DOCTOR EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONÓMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, DICIEMBRE 2009

Dr. Alfonso López Benítez -asesor-

Palabras Claves: ***Capsicum annuum*, *Phytophthora capsici*, Dialélicos, Aptitud Combinatoria General, Aptitud Combinatoria Específica, Resistencia.**

El chile (*Capsicum annuum* L.), es una hortaliza importante por su valor nutritivo. Es rica en vitaminas A, B₁, B₂ y C. Después del tomate, es la hortaliza más importante como alimento y condimento en las distintas comidas de los mexicanos, especialmente en estado fresco, aunque también se consume procesado en forma de salsas, polvo y encurtidos. China es el mayor productor de chile en el mundo con 24'822,167 t ha⁻¹. México ocupa

el segundo lugar en producción con un total de 2'051,685.32 t ha⁻¹. El objetivo general de este trabajo fue estimar los efectos genéticos involucrados en la resistencia a la marchitez del chile causada por *Phytophthora capsici* y en características agronómicas importantes en el rendimiento. En el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) se evaluó la respuesta de 128 genotipos de diferentes tipos de chile a la inoculación con *P. capsici*, de los cuales solo se utilizaron como progenitores seis y sus cruzas F₁, tres de tipo jalapeño (4, 6 y 118), uno de tipo güero (8), otro de tipo ancho (16) y uno más de tipo mulato (130). Los análisis de varianza para la reacción de los progenitores y las cruzas F₁ a la inoculación con *P. Capsici* indicó diferencias altamente significativas (P≤0.01), estas diferencias pueden atribuirse a que se utilizaron diferentes tipos de chile y a su diferente origen. El genotipo 118 mostró 0 % de enfermedad durante el periodo de evaluación y los genotipos 16 y 130, un 28 y 45 % respectivamente. Ristaino (1990) considera que solo los valores de 0 y 1 de la escala de Glosier, *et al*; (2007) indican resistencia a *P. capsici*, estos valores transformados a los índices de enfermedad utilizados, resultan valores de 0 y 20, de aquí que los genotipos 16 y 140 fueron considerados como susceptibles. Sin embargo, el avance de la enfermedad en estos fue consistente y lento a través del periodo de evaluación, este incremento fue notoriamente menor y más lento en los genotipos 16, 118 y 130 que en los genotipos 4, 6 y 8. Estas diferencias observadas en cuanto al avance de la enfermedad, indican diferencias genéticas con respecto al desarrollo de la enfermedad, lo cual indica en los primeros tres, un tipo de resistencia horizontal ó parcial de naturaleza genética poligénica (Van der Plank 1986).

El hecho de que el genotipo 118 mostrara un 0 % de enfermedad indica también la presencia de resistencia vertical. Van Der Plank (1984) indica que la resistencia vertical es de herencia cualitativa controlada por genes mayores y que este tipo de resistencia se expresa de manera muy específica, inhibiendo por completo el proceso de infección de un patógeno. En relación a las cruzas, la 118 X 130 mostró un 0 % de enfermedad, demostrando con esto que al cruzar dos genotipo resistentes, nos genera resistencia en el híbrido, por el contrario, en las cruzas donde intervinieron estas (118 y 130), mostraron susceptibilidad, pero el avance de la enfermedad fue lento con respecto a las cruzas más susceptibles y el nivel de enfermedad varió fue de 52 a 64 %. El trabajo de campo se realizó solo con las cruzas F₁ en el Campo Experimental Sur de Tamaulipas (CESTAM) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Los parámetros evaluados fueron Días a Cosecha, Frutos por Planta, y Peso Promedio por Fruto. Se estimaron los efectos genéticos de los diferentes caracteres, mediante el método IV de Griffin con ayuda del Programa Diallel-SAS. En los resultados, el ANVA mostró que existen diferencias significativas entre Cruzas para días a inicio de cosecha, número total de frutos por planta, diámetro de fruto, longitud de fruto, peso promedio de fruto, rendimiento y en porcentaje de enfermedad. Donde Número de frutos por planta, Peso promedio por fruto e inoculación, con un por ciento de 76.30, 77.03 y 86.16 respectivamente, son dominadas por efectos aditivos (ACG), los cuales son heredables. Por el contrario, las variables: Días a Cosecha, Toneladas por Hectárea, las cuales contribuyeron con un porcentaje de 72 y 73.38, fueron generadas por efectos de dominancia (ACE), que no

es más que la combinación de dos individuos. Dos de las ocho variables estudiadas (Diámetro de fruto y longitud de fruto presentaron un porcentaje similar tanto para ACG como para ACE, con 52% 43.6 %, respectivamente para ACG y el otro porcentaje restante lo atribuye la ACE con 48 %; y 56.4 %, respectivamente. Por lo tanto la mitad está dada por efectos aditivos y la otra mitad por efectos de dominancia. Al observar los efectos de ACE de las 15 cruzas simples, así como la ACG de sus progenitores y de enfermedad, que al ser comparadas con la media de rendimiento y la media de enfermedad, nos podemos dar cuenta de la mejor crusa (6 X16) que nos dio el más alto rendimiento en la media genotípica (61.2 t ha^{-1}), esta crusa obtuvo tanto una ACE, como una ACG de sus progenitores altamente significativa ($P < 0.01$), la cual debió tanto a efectos aditivos como de dominancia. En cuanto a la variable inoculación, los dos progenitores resultaron ser altamente significativos ($P < 0.01$) pero para susceptibilidad, y nos dio una diferencia genética debido a efectos aditivos. Esta crusa nos da altos rendimientos, pero cuando se presenta el hongo es devastador, ya que es sumamente susceptible a él. En el caso contrario, la crusa que resulto ser resistente a la inoculación de *P capsici* en el invernadero (118 X 130) al ser evaluada en el campo, resulto con bajos rendimientos (23.5 t ha^{-1}), que al ser comparados con rendimientos normales ($8 \text{ a } 12 \text{ t ha}^{-1}$), es un rendimiento aceptable, tomando en cuenta que van a ser sin pérdidas, ya que no se le va a aplicar ningún agroquímico adicional. Lo mismo para la crusa 16 X 130 quien resulto ser la segunda en resistir al patógeno, nos genero un rendimiento aceptable de 30.5 t ha^{-1} .

ABSTRACT

Genetic Effects in Resistance to *Phytophthora capsici* Wilt of Pepper and Other Agronomic Traits Important in Yield

By

MIRNA HERNANDEZ PEREZ

DOCTORATE OF SCIENCE IN PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA. DECEMBER, 2009

Ph. D. Alfonso López Benítez-Adviser-

Key words: ***Capsicum annuum*, *Phytophthora capsici*, diallelic, General Combining Ability, Specific Combining Ability, resistance**

Pepper (*Capsicum annuum* L.), is an important horticultural crop due to its nutritive value. It has a high content of vitamins A, B1, B2 and C. Besides tomato, it is the most important vegetable as food and condiments in different meals of Mexican people, mainly in fresh stage although it is also consumed processed as sauce, powder and caned. China is the main pepper producer in the world with 24,822,167 t ha⁻¹. Mexico is the second major producer with a total production of 2'051,685.32 t ha⁻¹. In this work different

types of pepper from different origins were utilized to estimate the genetic effects involved in resistance to *Phytophthora capsici* and other agronomic traits important in yield. There was evaluated the reaction of 128 genotypes pepper to *Phytophthora capsici* wilt in greenhouse. Out of which only six were utilized in a diallelic cross program to obtain F1 crosses that were evaluate too, three belonging to “jalapeño” type (4, 6 y 118), one to “guero” type (8), another one to “ancho” type (16) and one more to “mulato” type (130). Analysis of variance for reaction to inoculation of progenitors and F1 crosses with *P. capsici* showed highly significant differences ($P \leq 0.01$). These differences can be attributed to different types of pepper of different origin. Genotype 118 showed 0 Disease index (DI) during the entire evaluation period while genotypes 16 and 130 showed 28 and 45 DI respectively. Ristaino (1990) considers that only the values 0 and 1 of the Glosier, *et al*; (2007) scale as resistant to *Phytophthora capsici*, these values when transformed to the Index of disease here utilized result in 0 and 20 DI, therefore only the values 0 and 20 are considered as resistant. Then it comes out that genotypes 16 and 130 were considered as susceptible. However, progress of disease on these genotypes was consistent but slow. This increase was markedly slower in these two genotypes than in 4, 6, and 8. These differences in advance of disease suggest genetic differences as far disease resistance, indicating that genotypes 16 and 130 have some polygenic horizontal or partial resistance (Van der Plank 1986). The fact that genotype 118 indicated a 0 DI suggest also vertical resistance genetically controlled by major genes. This type of resistance is specific and inhibits completely the infectious process of a pathogen (Van der Plank, 1984).

Regarding the cross 118 x 130 it can be seen that a cross between a resistant type times a partial resistant genotype resulted in a resistant hybrid. On the other side crosses where these two genotypes were included as parent resulted in susceptibility but the advance of disease was slow in respect to other crosses so that DI was 52 and 64 which were considered as partial resistant. Field experiment was only conducted with F₁ crosses at the South of Tamaulipas Experimental Field (CESTAM) of the National Institute for Forest Animal and Agricultural Research (INIFAP). Evaluated data were days to harvest, Number of fruits per plant, average weight of fruit, Length of fruit, diameter of fruit and yield. Disease Index was considered the one obtained in the greenhouse. Genetic effects were estimated for each of these traits by the Griffing IV method using the Diallel-SAS program. The analysis of variance showed significant differences between crosses for days to harvest, total number of fruits per plant, diameter of fruit, length of fruit, average fruit weight, yield and disease index. Number of fruits per plant, average weight of fruits and disease index are mainly affected by general combining ability (GCA) with 76.30, 77.03 and 86.16 % respectively. Days to harvest, yield were mainly affected by SCA with 72 and 73.3 % which but two individuals combination. Two of the eight parameter studied, diameter of fruit and length of fruit, showed a similar percentage of both, general combining ability and specific combining ability, 52 % and 43.6 % respectively for GCA and the residual percentage was attributed to specific combining ability with 48 and 56.4 % respectively. Therefore, have is due to additive effects and have to dominance effects. By looking at the SCA of the 15 simple crosses and the GCA of the progenitors we can see that the cross 6 x 16 was the

best for yield with 61.2 ton This cross obtained a SCA and a GCA from their progenitors highly significant ($P < 0.01$) which was due to additive effects as well as to dominance effects. Regarding disease index both progenitors were highly significant ($P < 0.01$) for susceptibility and the main effects were due to additive effects. This means that this cross may be very good for yield in areas where no *P. capsici* is present since it is highly susceptible. On the other side, cross 118 x 130 resulted resistant to *P. capsici* in greenhouse. However, its yield in the field was somewhat poor (23.5 t ha^{-1}). However in comparing this experimental yield with those from normal average commercial fields ($8 \text{ to } 12 \text{ t ha}^{-1}$) this is a good yield mainly because this is a resistant hybrid to *P. capsici*. This is also true for cross 16 X 130 which turned out to be the second most resistant to the pathogen and had a yield of 30.5 t ha^{-1} .

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN.	1
Objetivo General.....	4
Objetivos Particulares.....	5
Hipótesis.	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA.	
El Cultivo de Chile y su Importancia en México.....	6
Tipos de chile	
1. Jalapeño.....	8
a) <i>El Típico</i>	9
b) <i>El Cuaresmeño</i>	9
c) <i>El Espinalteco</i>	10
2. Ancho.....	10
3. Mulato.....	13
Marchitez de Chile (<i>Phytophthora capsici</i>).....	14
1. Etiología.....	15
2. Sintomatología.....	16
3. Epidemiología.....	17
4. Ciclo de la Enfermedad.....	18
5. Métodos de control.....	20
Resistencia Genética a las Enfermedades en las plantas.....	21
1. Resistencia Horizontal.....	21
2. Resistencia Vertical.....	22
Resistencia Genética a <i>Phytophthora capsici</i>	24
Mejoramiento genético.....	27
1. Acción génica en la reacción a <i>Phytophthora capsici</i>	28
2. Lóculos del fruto.....	29
3. Color del fruto.....	29
4. Forma del fruto.....	29
5. Tamaño del fruto.....	30
6. Diámetro del fruto.....	30
7. Grosor de Pericarpio.....	31
8. Corchosidad del fruto.....	31
9. Peso del fruto.....	32
10. Rendimiento de fruto.....	32

Diseños genéticos.....	32
Diseños dialélicos.....	33
Parámetros genéticos ACG y ACE.....	36
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	
1. Localización del área de estudio.....	38
2. Material Genético.....	38
3. Inoculo utilizado.....	39
4. Metodología.....	39
Etapa I. Laboratorio e Invernadero.	
A) Laboratorio.	
1. Medio de Cultivo.....	39
2. Preparación del Inoculo.....	40
B) Invernadero.	
1. Siembra del material genético.....	40
2. Inoculación con <i>Phytophthora capsici</i>	41
3. Evaluación de los genotipos.....	41
4. Programa de cruzamientos.....	43
5. Evaluación de la reacción de la generación F ₁ a la inoculación con <i>P. capsici</i>	44
Etapa II. En Campo	
1. Siembra del material.....	44
2. Análisis dialélico	45
3. Modelo lineal aditivo.....	45
4. Variables evaluadas.....	46
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
Etapa I. Laboratorio e Invernadero.	
A. Evaluación de Progenitores.....	47
B. Evaluación de las F ₁	53
Etapa II. En campo.....	57
V. CONCLUSIONES.	65
VII. LITERATURA CITADA.....	67
VIII. APÉNDICE.....	74

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
3.1. Líneas utilizadas para el cruzamiento dialélico.....	39
3.2 Escala para severidad.....	42
3.3 Esquema del cruzamiento dialélico.....	44
4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza para la reacción de los genotipos progenitores de Chile a la inoculación con <i>P. capsici</i> .	48
4.2. Prueba de medias por el método de Tuckey, así como el avance de la enfermedad (%) en los seis progenitores a través de todo el periodo de 42 días de evaluación semanal.....	49
4.3. Área Bajo la Curva de Desarrollo de la Enfermedad (ABCDE) de las seis líneas progenitoras.....	52
4.4. Cuadrados medios para el análisis de varianza para la reacción de 15 cruzas F ₁ , inoculadas con <i>P. capsici</i> .	53
4.5 Prueba de medias por el método de Tukey e índice de enfermedad en las quince cruzas a través de todo el periodo de evaluación semanal.....	55
4.6 Área Bajo la Curva de Desarrollo de la Enfermedad (ABCDE) de los quince híbridos.....	56
4.7. Cuadrados medios genéticos de 15 cruzas de Chile, para las características fenológicas y de Rendimiento, analizados bajo el método 4 de Griffing (1956).....	58
4.8. ACG de los 6 genotipos evaluados en Tamaulipas para las variables fenológicas (Días a Floración y Días a Cosecha) y de rendimiento (Frutos por planta, Peso Promedio del Fruto y t ha ⁻¹), analizados bajo el método 4 de Griffing (1956).....	60
4.9. Efectos de ACG y ACE de 15 cruzas simples de Chile evaluadas en Tamaulipas, para la variable rendimiento y la media genotípica de rendimiento, así como la variable inoculación y la media genotípica de inoculación.....	63
A1 128 genotipos sembrados.....	74
A2 Datos de inoculación de las 105 líneas que germinaron.....	76
A3 Porcentajes de inoculación y ABCDE calculada de las 105 líneas	78
A4 Datos de inoculación de las 15 cruzas resultantes.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
4.1.	Área Bajo la Curva de Desarrollo de la Enfermedad (ABCDE) de los seis progenitores	52
4.2.	Área Bajo la Curva de Desarrollo de la Enfermedad (ABCDE) de los quince híbridos (F_1).	57

ÍNDICE DE FOTOS

Foto		Página
A1	Genotipo 118.....	81
A2	Cruza F ₁ , 118 X 130	81

I. INTRODUCCION

El chile (*Capsicum annuum* L.) pertenece a la familia de las Solanáceas. Es una hortaliza muy importante por su valor nutritivo. Es rica en vitaminas A, B1, B2 y C. Después del tomate, es la hortaliza más importante como alimento y condimento en las distintas comidas de los mexicanos, especialmente en estado fresco, aunque también se consume procesado en forma de salsas, polvo y encurtidos. El consumo *per cápita* de los mexicanos con relación a esta hortaliza es de 0.56 kg. (Bravo, *et al*; 2006). Se considera a este cultivo, una de las hortalizas de mayor importancia económica y social en nuestro país, por ser su centro de origen y diversidad, se han generado un gran número de tipos de chiles, entre los que destacan el serrano, jalapeño, ancho, pasilla, guajillo y de árbol entre otros. Sus frutos son utilizados por su sabor, pungencia, acción farmacológica y también por su calidad en la obtención de colorantes (Pozo, 1981).

A nivel mundial se producen 24'822,167 t ha⁻¹, siendo China el mayor productor con 14'026,272 t ha⁻¹, (FAOSTAT, 2007). México ocupa el segundo lugar en producción, con una superficie cosechada de 131,267.77 t ha⁻¹ dando un total de 2'051,685.32 toneladas de producción (SIAP, 2008). Durante el año 2007, el cultivo del chile verde figuró entre los principales cultivos hortícolas de

exportación con una participación del 8.6%, superado únicamente por cultivos como el tomate, melón y pepino. De 105,303 toneladas de chiles de las variedades Jalapeño y serrano exportadas a los Estados Unidos de América, el 90% se envía procesado (envasado) y el 10% restante se envía en fresco (SAGARPA, 2008). Los principales estados productores de chile en México son: Sinaloa, Chihuahua, Guanajuato, Zacatecas, Jalisco, San Luis Potosí y Sonora. Entidades que concentran más del 50 % de la superficie sembrada y cosechada, así como el 60 % de la producción (SAGARPA, 2008).

Dentro de las limitantes del sistema de producción del cultivo de chile, las ocasionadas por numerosas enfermedades fungosas que afectan la calidad y el rendimiento del cultivo, llegan a causar cuantiosas pérdidas, lo que ha originado que muchas regiones productoras hayan disminuido la superficie de siembra, desafortunadamente las alternativas de control tanto de plagas como de enfermedades son pocas (Guigón *et al.*, 2001).

Uno de los principales problemas fitosanitarios, lo constituye el marchitamiento causado por *Phytophthora capsici*. Este patógeno puede producir pérdidas del 40 al 60 % y en algunas áreas de la región la pérdida total del cultivo (Virgen *et al.*, 1997). Este hongo oomiceto afecta particularmente cuando hay exceso de humedad en el suelo por irrigación o lluvia pesada, y causa marchitez de las plantas con oscurecimiento en la base del tallo. Los frutos infectados se marchitan, arrugan y pudren (Pernezny *et al.*, 2003).

Este patógeno se ha señalado como el principal agente causal de la marchitez o pudrición de raíz de las plantas de Chile. Sin embargo, algunos estudios preliminares y observaciones de campo indican que otros fitopatógenos aislados de raíces enfermas de plantas de Chile, pudieran estar involucrados en la enfermedad. Los patógenos asociados a las raíces de Chile con mayor frecuencia ocasionando el complejo de la marchitez o secadera son: *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium spp.*, presentándose como complejo o individualmente en la mayoría de las regiones donde se cultiva esta hortaliza (Velásquez *et al.*, 2001).

El control principal de estos fitopatógenos se realiza con la aplicación de agroquímicos, sin embargo, el uso de estos productos ha originado diversos problemas debido al impacto ambiental que ocasiona, consecuencias como toxicidad al hombre, resistencia de ciertos patógenos, además, incrementar los costos del cultivo. Ante esta situación se han llevado a cabo algunos trabajos de investigación con la finalidad de establecer nuevas alternativas de control que produzcan un menor impacto ambiental y que permitan reducir el uso de plaguicidas y lograr un manejo integrado del problema fitosanitario buscando que este sea eficiente, y de bajo costo económico y ambiental (Pérez *et al.*, 2004).

Una alternativa favorable es el mejoramiento genético para la generación de mejores o nuevos materiales *resistentes*, es la práctica más eficaz en el control de plagas y enfermedades, y la que resulta más económica para el

agricultor y más sencilla. Es el único método de control cuyo costo no se añade a los gastos de producción. Desde el punto de vista económico, es uno de los pocos medios aceptables contra ciertos organismos que viven en el suelo, ya que el control de los patógenos del suelos por métodos químicos, además de elevar los costos de producción significativamente, suele ser poco efectivo y altamente contaminante en el campo como es el caso de este hongo oomiceto *Phytophthora capsici*.

En chile picante, se dispone de un nivel de resistencia alto en diversos materiales de procedencia mexicana. La resistencia a enfermedades en cultivos agrícolas está controlada por uno de dos o los dos sistemas genéticos, uno de naturaleza cualitativa y otro de naturaleza cuantitativa (Van der Plank, 1984), por lo que en el mejoramiento genético de especies cultivadas para resistencia a enfermedades pueden utilizarse estos, dependiendo de la especie de hospedante y de patógeno.

Con fundamento en lo anterior se planteó el presente trabajo de investigación, el cual tuvo como objetivos e hipótesis los siguientes:

Objetivo General

Estimar los efectos genéticos involucrados en la resistencia a la marchites del chile causada por *Phytophthora capsici* y en características agronómicas importantes en el rendimiento en diferentes cruza F₁.

Objetivos Particulares

1. Determinar la aptitud combinatoria general y específica para Resistencia a *P. capsici* y características agronómicas importantes en rendimiento.
2. Determinar el tipo de acción genética más importantes en las características mencionadas.

HIPÓTESIS

1. Existen diferencias genéticas y fitopatológicas en la respuesta a *P. capsici* entre los materiales evaluados.
2. Es posible identificar materiales con resistencia a *P. capsici* y sobresalientes en características importantes en el rendimiento.
3. Existen diferencias en el tipo de efecto genético que interviene en la manifestación de las características agronómicas en el cultivo del chile.

II. REVISION DE LITERATURA

El Cultivo de Chile y su Importancia en México.

En México se siembran 512,000 hectáreas con hortalizas, lo que equivale en porcentaje a un 3.5 de la superficie agrícola nacional. De dicha superficie el 15 % y 7 % se dedican a chile verde (*Capsicum annuum* L.) y chile seco respectivamente. El chile es uno de los cultivos hortícolas más importantes en nuestro país y el de mayor consumo popular, especialmente en estado fresco, aunque también se consume procesado en forma de salsas, polvo y encurtidos. De las 49 especies hortícolas que se producen a nivel comercial en México, el 57 % se concentra en los estados de Sinaloa, Guanajuato, Sonora, Querétaro, Estado de México, Baja California, Jalisco y Morelos (Pérez *et al.*, 2005).

Durante el 2008, según el SIAP (Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera), la superficie sembrada a nivel nacional fue de 146,263.74 hectáreas, de las cuales se cosecharon 131,267.77, siendo la siniestrada de 14,995.97. La producción total fue de 2'051,685.32 toneladas, dando un rendimiento promedio de 15.63 toneladas por hectárea. Los principales estados productores en ese año fueron: Sinaloa, Chihuahua, Zacatecas, San Luis Potosí y Tamaulipas con una producción de 611,490.24;

413,122.29; 213,129.45; 135,824.45 y 114,766.40 toneladas y un rendimiento de 40.45, 20.55, 7.03, 11.31 y 29.99 de toneladas por hectárea respectivamente.

Se estima que el 90% de la producción total en México se destina a la demanda nacional, quedando el 10% para el mercado de exportación. En el 2005 se exportaron 437 mil toneladas y para el 2006 fueron de 433 mil toneladas, con una ligera disminución. El valor de estas exportaciones representa más de \$2,800 millones de dólares. Así mismo, la producción del estado de Chihuahua es para consumo local y/o regional, quedando una parte para el mercado de exportación ya con un proceso. Actualmente, los mercados existentes en el país son abastecidos por los principales estados productores pues las importaciones no representan gran presencia en el país. Los principales estados productores de Chile para exportación son: Sinaloa con el 85%, además de Sonora, Tamaulipas, Nayarit, principalmente, (Fundación Produce Chihuahua A.C., 2006).

En México las principales industrias que procesan el Chile son 12: La Costeña, La Sierra, Del Monte, Hérdez, San Marcos, Agroindustrias de Andar, Res Internacional, Conservas Delicias, Comercializadora Prosec, Ramos Hnos., Agroindustrias Casa Blanca y Comercializadora Tog. Todas ellas, procesan cerca del 35% de la producción nacional. Una vez que el Chile es industrializado y convertido en salsas, conservas, deshidratado, principalmente; los productos son canalizados a los distribuidores (55%) y tiendas de autoservicio (45%) que

posteriormente los llevarán a los restaurantes, tiendas de abarrotes, o bien, al consumidor final, (Fundación Produce Chihuahua A.C., 2006).

Todas las formas de pimiento, chile o ají utilizadas por el hombre pertenecen al género *Capsicum* (Pozo, 1981). El nombre científico del género deriva del griego: según unos autores de *kapsos* (picar), según otros de *kapsakes* (cápsula). Este género se incluye en la extensa familia de las Solanáceas (Nuez *et al.*, 2003). De acuerdo con “The International Board for Plant Genetic Resources” (IBPGR, 1983) el género *Capsicum* cuenta con unas 22 especies silvestres y cinco especies domesticadas (*C. annum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum*, y *C. pubescens*). Cuatro de estas especies (*C. annum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, y *C. pubescens*) se cultivan y/o comercializan en México. De ellas, *C. annum* es la especie de mayor importancia económica en México y en el mundo.

Tipos de chile:

1. Jalapeño.

Tiene gran aceptación en el mercado nacional e internacional cuando está maduro se somete a un proceso de secado y ahumado con lo que se obtiene el chile que conocemos como chipotle (Pozo, 1991).

Por las características del fruto y el hábito de crecimiento de las plantas se han definido cuatro subtipos del chile jalapeño: el Típico, el Cuaresmeño, el Espinalteco, los cuales se describen a continuación:

a) *El Típico*: También conocido como: rayado, acorchado, gordo, tres lomos, san Andrés, chile de agua, etc., tiene planta compacta no más altas de 65 centímetros, las cuales pueden presentar dos hábitos de crecimiento: el de horqueta (tipo arbolito) y el de cuatro ramas; en esta forma de crecimiento, las cuatro ramas son largas y crecen en forma de cruz, las cuales pueden estar en posición vertical u horizontal. Las plantas son glabras, sin o con escasa pubescencia en los ápices, y producen dos o tres cosechas. El fruto es cónico de forma cilíndrica; mide de 4 a 8 centímetros de largo y de 3 a 5 centímetros de ancho, con corchosidad intermedia (de 30 a 60%) en la superficie del fruto y 3 a 4 lóculos con pericarpio grueso (de 0.4 a 0.6 cm de espesor) el cual da una buena consistencia. Este subtipo es el que tiene mayor aceptación comercial, en especial, para la industria enlatadora. Una variante de este subtipo, denominada meco, tiene un alto grado de corchosidad (de 80 a 100%) tanto en el sentido transversal como en el longitudinal.

b) *El Cuaresmeño*: También conocido como candelaria o peludo, tiene una planta de porte alto, muy vigorosa y con alturas que varían de 1.0 a 1.5 metros; tiene abundante pubescencia en tallos y hojas, la planta es de crecimiento tardío y de producción escalonada, produciendo 6 ó más cortes

cuando se siembra en condiciones de humedad residual; es susceptible a los excesos de humedad. El fruto es de forma alargada y cuerpo angular, de 6 a 9 centímetros de longitud por 3 a 4 centímetros de ancho; tiene de 3 a 4 lóculos con un pericarpio grueso (0.5 centímetros de espesor). El fruto es liso y cuando tiene corchosidades, estas no exceden del 20% de la superficie del mismo. Los frutos de este subtipo se destinan, en su mayor parte, al mercado en fresco.

c) *El Espinalteco*: Llamado también pinalteco, es otro subtipo con plantas de porte intermedio, de 70 a 80 centímetros de altura, siendo estas precoces, con una producción concentrada dando solamente dos cosechas. Los frutos son largos delgados y con ápice puntiagudo; tienen una longitud de 6 a 9 centímetros y un ancho de 2.5 a 3 centímetros. Forman 2 ó 3 lóculos, con un pericarpio delgado, menos de 0.4 centímetros, los frutos son lisos o bien, presentan poca corchosidad (menos del 15% de la superficie).

2. Ancho.

Se domestico en el valle de Puebla, después se desplazo al bajío y a Zacatecas. Se utiliza en la preparación de diferentes moles y de colorantes, fresco se conoce como poblano.

Dentro del tipo de chile ancho existe una variabilidad en cuanto a características como altura y hábito de crecimiento de la planta, tamaño y

color de las hojas, tamaño, forma, y número de lóculos y color del fruto. Sin embargo no se puede caracterizar morfológicamente una población específica de un determinado tipo para cada zona, pero si es posible identificar varios fenotipos.

Es frecuente encontrar dentro de un cultivar nativo, o criollo de determinada región, una amplia gama de variabilidad en relación con las características mencionadas.

Generalmente son plantas sin pubescencia, de aspecto herbáceo, aunque con tallo que puede tener aspecto semileñoso, crecimiento compacto y altura de las plantas entre 60 y 70 centímetros. Generalmente el tallo inicia su ramificación a menos de 20 centímetros del suelo, dividiéndose en dos o tres ramas, las cuales a su vez se bifurcan cada 8 a 12 centímetros, en forma sucesiva, unas 4 ó 5 veces. Sus hojas son de color verde oscuro brillante, de forma ovalada - acuminada. En las ramas inferiores las hojas son de menor tamaño; miden de 7 a 12 centímetros de longitud por 4 a 9 centímetros de ancho. La venación es prominente; los peciolo miden de 5 a 8 cm de longitud y son acanalados. La flor tiene 5 pétalos de color blanco sucio; casi siempre hay una flor en cada nudo, el periodo de floración se inicia aproximadamente a los 50 días y continúa hasta que la planta muere, normalmente a causa de las heladas en el invierno. El fruto de este tipo de chile mide de 8 a 15 centímetros; tiene forma cónica o de cono truncado; cuerpo cilíndrico o aplanado, con un

hundimiento o cajete bien definido en la unión del pedúnculo o base; el ápice es puntiagudo o bien un poco chato. Tiene de 2 a 4 lóculos, la superficie es más o menos surcada y una pared gruesa. Antes de la madurez el color es verde oscuro, pero al madurar, se torna rojo.

En Chile Ancho o Poblano, Cabañas (2002) reporta rendimientos de 4.8, 3.2, 2.2 ton/ha y promedio de 3.4 ton/ha de fruto seco de primera calidad, con la línea experimental Ancho Zacatecas, con incremento de 28.5% sobre el testigo Ancho San Luís. Este autor señala que dicho rendimiento decrece al realizar plantaciones tardías del 30 de abril al 10 de mayo.

Por su parte, Espinoza, *et al.* (2002) al evaluar la línea ancho Zacatecas en condiciones de invernadero en Durango, determinaron un rendimiento promedio de 46.5 ton/ha, con incremento del 10% sobre el testigo Dgo-3. Macías *et al.* (2005) al evaluar la línea Ancho Zacatecas en el estado de Aguascalientes, no encontró diferencias significativas en rendimiento entre cinco cultivares de Chile ancho. Dicha línea produjo 1.336 ton/ha de fruto seco, lo cual representó 0.428 ton/ha menos que el promedio estatal; en fruto verde la misma línea produjo 16.855 ton/ha y mostró un incremento de 56.5% sobre el promedio estatal.

Martínez *et al.* (2004) aplicaron diversos niveles de fertilización en el tipo de Chile Ancho, en dos variedades AP-VVR y AM-VR; en estas

variedades se obtuvieron rendimientos de 37.174 y 38.866 ton/ha de fruto verde, con riego por goteo, acolchado y la dosis de fertilización 180-90-00, con incrementos de 25.383 y 34.207 ton/ha sobre el testigo con riego rodado y la dosis 180-90-00.

3. Mulato.

La planta de chile mulato es esencialmente la misma que la del poblano o ancho, con unos genes ligeramente diferentes afectando el color y su sabor.

Se caracteriza por ser un chile seco, color café negrusco, con forma y color parecido al chile ancho, pero diferente en sabor, tiene en promedio 12 cm de largo y unos 7 cm de ancho. Cuando es fresco es de un tipo de chile poblano muy oscuro y por lo general este tipo de chile poblano no sale a la venta, su sabor es un tanto dulce con sabor ligeramente parecido al chocolate, algunas veces resulta ser un poco picoso, tiene la piel un tanto gruesa. Este es uno de los chiles más importantes para la preparación de los moles, especialmente para el mole Poblano, junto con el pasilla, el ancho y el mirasol, se usa para elaborar colorantes naturales. Aunque físicamente es muy parecido al chile ancho, no se puede sustituir por este pues los sabores son muy diferentes, (Consejo estatal de productores de chile, Guanajuato, S. C. 2009).

Marchitez del chile (*Phytophthora capsici* L.)

El daño causado por enfermedades en las plantas puede observarse a simple vista y es consecuencia del desarrollo de microorganismos fitoparásitos en ellas. Estos toman de la planta sus alimentos y producen sustancias tóxicas que interfieren en su funcionamiento normal, llegando a ser crónicas o letales. Entre los fitopatógenos más importantes del cultivo de chile, sin duda, destacan aquellos relacionados a la marchitez del chile, este síntoma se ha asociado a fitopatógenos tales como *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* spp., o bien, por la acción de estos como un complejo, (Productores de Hortalizas, 2004).

Phytophthora capsici fue encontrado por primera vez en Nuevo México, Estados Unidos atacando a cultivos de chile, (Leonian, 1922). En México fue descubierto por Galindo (1960) atacando plantaciones de chile en los campos de la Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo, México; en los años siguientes se encontró en calabaza y calabacita en la misma región por (Cruz *et al.*, 2000; Lagunas *et al.*, 2001). *P. capsici* L. es el principal causante de la marchitez de plantas de chile en etapas de prefloración y en estado de maduración del fruto; se le ha encontrado responsable a nivel nacional de la disminución de los rendimientos ocasionando pérdidas considerables bajo condiciones de lluvias frecuentes, (Romero, 1993).

P. capsici, tiene una amplia distribución geográfica y constituye una de las principales enfermedades de la mayoría de las áreas productoras de Chile, especialmente en zonas de riego. Puede provocar daños en cualquier parte de la planta y en cualquier estado de desarrollo. La podredumbre del cuello y la subsiguiente marchitez brusca son los síntomas más característicos. Ocasiona daños hasta en 80 % en las zonas productoras de Chile y en México se calcula que aproximadamente el 40 % de las plantas mueren por esta enfermedad (Mendoza, 1999). Rico *et al.*, (2004) señalan que los rendimientos son bajos debido al ataque de agentes fitopatógenos, principalmente por *P. capsici*, en tanto que Pérez *et al.*; (2003) mencionan que las pérdidas que ocasiona *Phytophthora capsici* en el cultivo de Chile a nivel nacional son de entre 10 y 60 % hasta de un 100% de mortalidad.

1. Etiología

El Oomiceto *Phytophthora capsici* es el principal agente causal de la enfermedad más universalmente conocida del Chile, que recibe diversos nombres, tales como tristeza o seca en España y secadera tardía o marchitez en México. (Gil Ortega, 1990).

Phytophthora capsici es una especie heterotálica (presenta micelio liso) produce esporangios de forma elipsoidal en cuyo interior se diferencian varias esporas biflageladas o zoosporas. Las oosporas o esporas de origen sexual son esféricas o subesféricas, también produce clamidosporas o espore de

resistencia a las condiciones adversas que también son esféricas (Nuez *et al.*, 2003).

2. Sintomatología

Los síntomas característicos comienzan con una marchitez muy leve de la planta y después de 3 ó 4 días, se marchita completamente, observándose en el cuello un necrosamiento muy marcado y al efectuarse un corte se nota una coloración café oscura. Las plantas enfermas muestran una banda parda oscura que ciñe el cuello de la raíz, debido a lo cual se marchitan y mueren. En las hojas y en las ramas también se presentan lesiones como tizón. Los frutos afectados permanecen adheridos a la planta a un cuando en ellos se forman manchas acuosas cubiertas por el micelio del patógeno. La semilla de estos frutos también es afectada y frecuentemente al abrirlos, se observa micelio de color oscuro que cubre las semillas podridas. En plántulas, puede causar “damping-off” y después pudrición del tallo. Esta especie ocasiona el mayor daño cuando afecta las raíces y tallo, generalmente en la época de floración, donde la planta rápidamente se marchita y se seca, (Mendoza, 1999).

P. capsici puede provocar daños en cualquier parte de la planta y en cualquier estado de desarrollo. La podredumbre del cuello y la subsiguiente marchitez brusca son los síntomas más característicos. En el cuello de la planta enferma puede observarse una zona anular deprimida de color negruzco, que afecta primero a los tejidos corticales y posteriormente a los vasculares. Esta

lesión se desarrolla tanto en sentido ascendente como descendente, a partir del punto de infección, y termina produciendo la asfixia de la planta.

Este fenómeno se produce de una forma tan rápida que las hojas se muestran colgantes, pero conservando inicialmente su color verde. Infecciones a partir de puntos más altos en la planta, también han sido señaladas, en estos casos se suelen producir por salpicaduras de gotas de agua portadoras de las típicas zoosporas que pueden germinar sobre tallos, hojas y frutos, en éstos a través de la inserción peduncular o de heridas. Los ataques aéreos también pueden ser provocados por corrientes de aire, necesariamente muy húmedo, para asegurar la supervivencia de las zoosporas hasta alcanzar las plantas, (Nuez *et al.*, 2003).

3. Epidemiología.

P. capsici puede sobrevivir en el suelo por medio de clamidosporas (tipo especial de esporas asexuales de conservación que mediante germinación indirecta producen esporangios que a su vez producen zoosporas las cuales dan origen a las infecciones las primarias) o sobre restos vegetales. En efecto, el hongo puede vivir saprofiticamente sobre los restos descompuestos de la planta; con los riegos sucesivos, produce esporangios y zoosporas que distribuidas por el agua van difundiendo la enfermedad. Dada la exigencia de agua para el transporte de las zoosporas hasta la planta, se puede afirmar que los ataques de cuello se producen en parcelas con excesivos riegos o mal

drenadas. Los ataques aéreos pueden asociarse a los riegos por aspersión (Nuez *et al.*, 2003).

P. capsici es un fitopatógeno sumamente agresivo a una temperatura óptima de 25 a 28°C y alta humedad, ya que puede destruir campos enteros de chile, calabaza, pepino, tomate, berenjena, etc., en un tiempo muy corto, debido a su gran velocidad de crecimiento y abundante esporulación, (Romero, 1993; Pérez *et al.*, 2004).

4. Ciclo de la Enfermedad

El ciclo biológico de este patógeno inicia con la germinación de las oosporas mediante un tubo germinativo que termina en un esporangio después de haber pasado su período de reposo, estos liberan las zoosporas las que emiten un tubo germinativo para iniciar el proceso de infección

Las oosporas son la única fuente de inóculo primario y sobrevive en el suelo por más de dos años en ausencia del hospedante. El micelio, es una fuente importante de inóculo secundario. Las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de la enfermedad son: la alta humedad del suelo y temperaturas frescas, en la última etapa del cultivo éste es más afectado porque coincide con la época más lluviosa. La enfermedad incide generalmente después del trasplante o cuando las lluvias y el mal drenaje permiten su desarrollo. Las infecciones en el cuello de la planta se deben a las zoosporas

del hongo que son llevadas por el agua e inician la infección por las heridas o los estomas.

El marchitamiento se debe a una secreción de toxinas del patógeno y al taponamiento de los vasos conductores. Las lesiones de las ramas y las hojas son provocadas por el salpique del agua de lluvia. Este patógeno sobrevive de una estación a otra en los residuos de la cosecha, los esporangios se forman en la base del tallo, los cuales liberan zoosporas que son acarreadas por el agua a otras plantas. El inoculo queda como oosporas en residuos de cosecha, en las semillas atacadas o en el suelo como micelio u oosporas, que al ciclo siguiente germinan e infectan de nuevo a las plantas, (Messiaen *et al.*, 1995)

La enfermedad se caracteriza por la presencia de zoosporas de tipo A1 o A2 capaces de nadar en agua y responsables en buena medida de la diseminación e infección del alga, o pueden existir dos micelios compatibles (A1 y A2) y aparearse para formar las oosporas, o continuar con el ciclo asexual formando esporangios en los tejidos infectados para luego liberar zoosporas y continuar con el ciclo siguiente, dentro del cual el agua de riego juega un papel importante, ya que, además de ser capaz de diseminar el inoculo en el campo, su exceso favorece el desarrollo de la enfermedad, siendo los ataques más graves en riegos a pie que en riego por goteo.

El micelio es bien desarrollado, con hifas cenocíticas y robustas. Los esporangios son ramificados y generalmente ovoides, piriformes, limoniformes,

elipsoides, esféricos o irregularmente elongados, con papilas prominentes, simples y apicales, algunas veces con más de tres y variablemente dispuesta; su germinación normalmente es por zoosporas y bajo condiciones especiales por tubos germinativos. El tamaño del esporangio es extremadamente variable midiendo de 35 a 85 μ . Es una especie con oogonios esféricos, terminales; anteridios claviformes, terminales, anfígenos, oosporas lisas y apleróticas,

5. Métodos de control.

Existen varias medidas para aminorar el daño de este patógeno. Se han utilizando de forma conjunta varias de estas medidas de control como son: el control cultural, el control físico o mecánico, el ecológico, agentes biológicos, el control químico, el uso de variedades resistentes, así como empleando modificaciones genéticas, (García, 1999; Guigón y González, 2004).

La manera tradicional de combatir estas enfermedades se basa en el empleo de compuestos químicos (control químico), los cuales se caracterizan por una elevada eficacia y por una gran rapidez en el control. Sin embargo, su utilización en ocasiones desmedida ha dañado el medioambiente, algunos son tóxicos inespecíficos que eliminan junto con los organismos fitopatógenos, a otros organismos benéficos; en otros casos inducen resistencia en los patógenos hacia los plaguicidas, (Lagunas *et al.*, 2001).

Resistencia Genética a las Enfermedades en las Plantas

En la resistencia genética o resistencia verdadera, la incompatibilidad hospedero-patógeno ocurre por la ausencia de reconocimiento químico entre ambos organismos o porque la planta posee mecanismos preexistentes o inducidos que actúan como barreras físicas o químicas. La resistencia manifestada por las plantas se ha clasificado en dos grandes categorías: Resistencia Horizontal y Resistencia Vertical, (Van der Plank, J.E., 1984)

1 Resistencia Horizontal.

La Resistencia Horizontal (RH), tiene varios sinónimos usados tanto por fitopatólogos como por el fitomejorador. Entre ellos están resistencia general, no específica, cuantitativa, poligénica, de campo o durable, pero el término más utilizado es el de Resistencia Horizontal.

La resistencia horizontal se considera de naturaleza genética poligénica. Estudios desarrollados durante la última década atribuyen la resistencia de *P. capsici* a *loci* de caracteres cuantitativos (QTLs). Se ha determinado la participación de seis QTLs en diferentes componentes de la resistencia, designados como *Phyto 4.1*, *Phyto 5.1*, *Phyto 5.2*, *Phyto 6.1*, *Phyto 11.1* y *Phyto 12.1* y localizados en los cromosomas 4, 5, 6, 11 y 12, respectivamente (Thabuis *et al.*, 2003).

El conjunto de genes participantes rigen diversos procesos fisiológicos relacionados con los mecanismos de resistencia en la planta. Esto previene la pérdida de resistencia, ya que el patógeno puede mutar uno o varios de sus genes pero no todos a la vez, razón por la cual la RH es duradera. La RH confiere al hospedante una resistencia parcial contra todas las razas de un patógeno determinado, permitiendo ciertos niveles de daño que no son significativamente importantes y que permiten la convivencia con el patógeno logrando así una menor presión de selección hacia nuevas razas.

Las variedades con RH pueden presentar lesiones pequeñas, poco inoculo, ciclos más largos, etc., características que influyen directamente sobre la posibilidad de que la enfermedad llegue a la categoría de epifítia. Por la naturaleza poligénica de la RH, esta es mas influenciada por las condiciones ambientales, que pueden retardar o activar los genes según el estímulo externo que reciba la planta. Desde el punto de vista del mejoramiento genético, este tipo de resistencia es más difícil de manejar en el campo debido a sus componentes de resistencia, así como de manipular genéticamente e incorporar en variedades comerciales, debido al número de genes involucrados, (Van Der Plank, 1984).

2 Resistencia Vertical.

La Resistencia Vertical (RV), también tiene varias denominaciones como resistencia: específica, cualitativa, monogénica, oligogénica o diferencial. A

diferencia de la anterior, es controlada por uno o unos cuantos genes. Debido al reducido número de genes participantes, su acción es muy específica y determina una clara incompatibilidad entre el hospedero y el patógeno. Esto hace que la reacción de la duración incompatible sea limitada, por cuanto se genera una presión de selección hacia genes de virulencia en el patógeno que necesita sobrevivir.

Esto da como resultado la ruptura o “quiebra” de la RV, debido a que los genes de resistencia en este caso confieren esa característica solo contra una o unas pocas razas y al aparecer una raza nueva o seleccionarse una (entre las ya existentes), con genes de virulencias diferentes, no encuentra barreras para establecerse y alcanzar poblaciones altas. Cuando esto ocurre, la población queda vulnerable al desarrollo de una epifitía. Este tipo de resistencia no es afectada por condiciones ambientales, por lo que su manifestación es plena y además es muy fácil de incorporar en programas comunes de mejoramiento, por lo que es ampliamente usada en estos procesos, (Van Der Plank, 1984).

La interacción gen-por-gen, en la cual la resistencia a la enfermedad está determinada por un gen de resistencia en la planta (R) que responde específicamente a un gen de avirulencia en el patógeno, ha sido descrita en varios casos. La susceptibilidad a una enfermedad resulta cuando el gen R de la planta o el gen de avirulencia del patógeno están ausentes en la interacción, (Flor, 1946).

Resistencia Genética a *Phytophthora capsici*.

A nivel mundial se han llevado a cabo numerosas evaluaciones de germoplasma de especies de *Capsicum* en la búsqueda de genes de resistencia a *P. capsici*. En Costa Rica se evaluaron 69 genotipos de chiles a campo en suelos infectados con el patógeno, resultando susceptibles todas las líneas de chile y moderadamente resistentes algunas selecciones locales de Jalapeño (Mora y Vargas, 1981).

Mejía (1990), evaluó cultivares criollos de chile en Centro América y Panamá, para determinar si presentaban algún nivel de resistencia que permitiera utilizarlos como material genético en programas de mejoramiento; conocer la variabilidad en virulencia de las razas fisiológicas y determinar si el riego y la concentración de zoosporas tienen efecto sobre el nivel de resistencia de los materiales evaluados. Para esto, caracterizó y evaluó las razas fisiológicas y se determinó el nivel de resistencia de los cultivares criollos en laboratorio, invernadero y campo. Los resultados de las evaluaciones demostraron que solamente el cultivar "CATIE-Cacao" presentó una resistencia intermedia correspondiente a una incidencia menor del 50, intermedia correspondiente a una incidencia del 50, cuando fue inoculado con concentraciones menores de 3.2×10^7 zoosporas/ml/planta.

En Pakistán, se evaluaron 66 variedades/líneas de especies de *Capsicum*, de las cuales 16, pertenecientes a *C. annum*, resultaron inmunes al

ser inoculadas con 5 gramos de micelio del patógeno (Saleem *et al.*, 1999). En España, se evaluaron 23 genotipos de *C. annuum* con tres aislamientos de *P. capsici*; a pesar de no encontrar resistencia completa en este germoplasma, se observaron diferentes respuestas e interacción entre los aislamientos y las cultivares (Andrés Ares *et al.*, 2005).

En Argentina se han obtenido cultivares de pimiento para consumo en fresco e industria resistentes a *P. capsici*: Fyuco INTA, Calafyuco INTA y Don Humberto INTA (Galmarini, 1997). Recientemente se han desarrollado las cultivares locales para pimentón Ucodulce INTA (EEA La Consulta INTA) (Galmarini y Fuligna, 2003) y Yokavil (Orell *et al.*, 2004). Si bien ninguna de las dos tiene resistencia a *P. capsici*, inoculaciones con diferentes aislamientos locales en condiciones de invernáculo mostraron diferencias significativas entre dos líneas de Ucodulce INTA (Roig *et al.*, 2008). Recientemente se han realizado colectas de diversas especies hortícolas por Argentina con el objetivo de conservar y evaluar germoplasma (Peralta *et al.*, 2008).

Babadoost (2005) evaluó más de 100 aislamientos de *P. capsici*, recolectadas de plantas de chile y cucurbitáceas sobre 68 variedades/líneas de chile para identificar los materiales resistentes, de éstos, cuatro cultivares, Aristóteles, Emerald Isle, Paladín, y Reinger, y seis líneas, Abad-1, Abad-2, Abad-13, BHN-1P, BHN-2P, y Syngenta-7326 resultaron resistentes a *P. capsici*,

En México, particularmente en el estado de Puebla, Hiran, *et al*; (2006) trabajando con 29 poblaciones de chile criollo en invernadero e inoculadas con *Phytophthora capsici*, llevo a cabo dos experimentos, donde al finalizar el primero no se obtuvieron plantas resistentes, sin embargo los resultados de incidencia y avance de la necrosis mostraron diferencias entre las colectas, destacándose aquellas del municipio de Tecamatlán, por tener un mayor periodo de latencia. En cuanto al segundo experimento, se mantienen en cultivo plantas de diversas poblaciones que no mostraron síntomas de la enfermedad y su resistencia está verificándose con el objetivo de identificar genotipos con resistencia genética potencial.

En los estados de Jalisco y Zacatecas entre 1995 y 1998 fueron recolectadas semillas de chile libres de marchitez en diferentes plantaciones comerciales severamente afectadas por la enfermedad. Estas colectas fueron inoculadas e incubadas, unas en invernadero con alta humedad relativa y otras en cámara bioclimática, siendo inundadas e inoculadas a las 8 o 10 semanas de edad. Las colectas mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en severidad, incidencia y progreso de la enfermedad, detectándose colectas resistentes a *P. capsici* en todas las evaluaciones.

Las colectas que sobrevivieron fueron trasplantadas a macetas y mantenidas en el invernadero con fertirriego para producir semilla, sin embargo, eventualmente varias plantas mostraron síntomas graduales de marchitez y muerte antes de la madurez fisiológica. Este mecanismo de respuesta a *P.*

capsici ha sido corroborado en otros estudios controlados de laboratorio, invernadero y campo, y lo han llamado “marchitez retardada”.

La evaluación del germoplasma regional colectado en campo, permitió identificar 14 accesiones de Chile con excelentes niveles de resistencia a *P. capsici*. A pesar de ser complementarios, la evaluación de colectas y los estudios sobre interacción entre *P. capsici* y *Capsicum annum* han resultado más confiables, consistentes y rápidos en cámara bioclimática que en invernadero y campo. Los resultados sugieren que la resistencia de campo se debe parcialmente a factores genéticos. Al parecer, la resistencia genética a *P. capsici* está en condición homocigota (fija) en pocas colectas y en condición heterocigota (segregando) en la mayoría de las colectas. La selección y autofecundación de plantas resistentes a *P. capsici* derivadas de colectas con resistencia de campo, es una alternativa para ampliar la base genética de chiles regionales y generar líneas puras con resistencia al patógeno, (Luna y Moreno, 2005)

Mejoramiento genético

Pozo y Ramírez (2000) mencionan que el conocimiento del tipo de acción génica de los caracteres es importante en la selección que se practica, ya que además del rendimiento, la precocidad y la concentración de la producción que se busca, la calidad del producto es primordial para la aceptación del nuevo genotipo, la cual está dada por su apariencia (forma, tamaño, color inmaduro,

color maduro, brillo) y larga vida de anaquel (grosor y solidez del pericarpio, distribución interna de la placenta), con base en lo anterior, se investigo el tipo de herencia y de acción génica en la reacción *Phytophthora capsici* y a características agronómicas importantes y del rendimiento de fruto

1. Acción génica en la reacción *Phytophthora capsici*

Bartual, *et al*; (1993), comenta que la mejora de la resistencia a *Phytophthora capsici* Leon en pimiento (*Capsicum annuum*) es compleja, debido esencialmente a la naturaleza poligénica del carácter y a la existencia de efectos epistáticos de distintos tipos. El análisis de la variabilidad entre híbridos simples, tres vías y dobles, obtenidos a partir de siete líneas seleccionadas por su resistencia a *P. capsici*, desvela que tanto la epistasia del tipo aditivo-por-aditivo por una parte, como las epistasias de orden superior consideradas conjuntamente por otra, contribuyen significativamente a la variabilidad de dicho carácter.

La importancia relativa que los efectos epistáticos diferentes a los del tipo aditivo-por-aditivo (aditivo-por-dominante, dominante-por-dominante y de orden superior) tienen con respecto a estos últimos, está correlacionada con la agresividad de la cepa y son lo suficientemente relevantes como para sesgar la predicción del comportamiento de los híbridos en cuanto a resistencia al hongo, produciendo una desviación significativa entre los valores realmente

observados y los obtenidos a través de fórmulas de predicción basadas en los parámetros genéticos de sus parentales originales.

2. Lóculos del fruto

Luiz (2002) consigna que el número de lóculos en el fruto de chile pimiento se debe a genes de acción aditiva.

3. Color del fruto

Greenleaf (1986) reporta que la herencia del color de fruto maduro se debe a un gen dominante para rojo y recesivo para café, señala que la cruce amarillo x café muestra una segregación digénica típica, 9 para rojo, 3 para café, 3 para amarillo y 1 para verde. También, indica que el color inmaduro está determinado por dos pares de genes dominantes a verde oscuro. Al respecto, Peterson (1959) concluye la existencia de ligamiento de tres loci A, O y G, donde A corresponde al color de fruto púrpura Vs color de fruto no púrpura y G al color de fruto amarillo Vs color de fruto verde.

4. Forma del fruto

Ben y Paran (2000) señalan que para la forma del fruto, la cual es definida como la proporción de longitud y diámetro, la alta estimación de la heredabilidad (0.93) así como su alto coeficiente de variación genética, indican

que esta característica presenta efectos mayoritariamente de tipo aditivo. También indican que la forma de fruto se debe a un gen dominante parcial.

5. Tamaño del fruto

Luiz (2002) menciona que longitud de fruto está determinada preferentemente por genes de tipo no aditivo. Pero Dorantes (2003), Patel *et al.* (1998), Ahmed *et al.* (1998) encontraron que esta característica es una expresión de tipo aditivo. Para Ben y Paran (2000) también concluyen que son efectos aditivos y agrega n que los valores altos de heredabilidad amplia (0.88) y estrecha (0.72) comprueban dichos efectos. Así mismo, Robledo (2005) concluye que longitud de fruto del chile tipo jalapeño, así como los tipos guajillo y serrano también son mayormente expresados por genes de tipo aditivo.

6. Diámetro del fruto

Luiz (2002) y Dorantes (2003) reportan que el diámetro de fruto de *Capsicum* es mayormente atribuido a efectos no aditivos. Sin embargo, debido a efectos de tipo aditivo son mencionados por Ben y Paran (2000) y Robledo (2005). Particularmente, Ben y Paran (2000) agregan resultados de heredabilidad altos (0.99- 0.96 a 0.95-0.92) en este carácter, lo cual es indicativo de este tipo de acción génica. Por otra parte, autores como Patel *et al.*, (1998) y Ahmed *et al.*, (1998), reportan para circunferencia del fruto la acción predominantemente del tipo aditivo.

7. Grosor de Pericarpio

Ben y Paran (2000) y Luiz (2002) reportan que la mayor variación expresada por el grosor de pericarpio es atribuida a la acción de genes de tipo aditivo. Por el contrario, Fisher (1992) encontró en Chile paprika que el pericarpio delgado se debe a la acción de 1 o 2 genes de tipo dominante.

8. Corchosisidad del fruto

Johnson y Knaval (1990), encontraron que este carácter ocurre con más intensidad en los híbridos que en cualquiera de sus padres con una clara expresión de sobredominancia. Los efectos estimados de la acción génica denotan que su variación fenotípica está más influenciada por genes de tipo no aditivo. También encontraron que el acorchamiento tiene efectos de tipo epistático aditivo x aditivo, aditivo x dominancia y dominancia x dominancia. Concluyen que el acorchamiento del fruto podría estar bajo control genético principalmente. Por otra parte, los autores señalan que aparentemente para que ocurra el acorchamiento se requiere de varias condiciones físicas del fruto controladas por genes dominantes. Indican que propiedades físicas del tejido cuticular, la pared celular y la elasticidad del pericarpio, así como la presión interna aparentan ser más importantes en el acorchamiento que la misma forma del fruto.

9. Peso del fruto

Luiz (2002) y Dorantes (2003) coinciden que es un carácter donde su mayor variación fenológica es debida a genes de acción no aditivo, que contrariamente a Patel *et al.*, (1998) y Ben y Paran (2000) quienes encontraron que este carácter esta determinado mayormente por genes de tipo aditivo. De hecho, mencionan que su alta heredabilidad (0.97 y 0.89) es un indicativo del poco efecto ambiental tal y como debe esperarse cuando la acción es de este tipo.

10. Rendimiento de fruto

Dorantes (2003) menciona que el rendimiento de fruto es un carácter determinado tanto por efectos aditivos como de dominancia, siendo los del tipo aditivo 50 % de los de dominancia, mientras que Patel *et al.*, (1998) y Luiz (2002) opinan que su efecto es predominantemente aditivo. En contra a esta opinión, es decir, debido a efectos mayormente dominantes o no aditivos reporta Ahmed *et al.*, (1998) trabajando con chile dulce menciona que los mejores híbridos presentan una heredabilidad en rendimiento por planta de 40.23 a 76.77 por ciento.

Diseños genéticos

Existen varias técnicas genético estadísticas para el estudio de los efectos genéticos y sus varianzas como el análisis de medias generacionales

(Mather y Jinks, 1977; Gardner y Eberhart, 1966), los diseños de cruza dialélicas (Griffing, 1956), los diseños de Carolina (Hallauer y Miranda, 1981) y línea por probador (Singh y Chaudhary, 1977); sin embargo la característica fundamental de todos ellos es el uso de ciertas estructuras familiares que permiten interpretar sus varianzas del análisis estadístico, en términos de covarianzas de parientes apropiadas al diseño genético empleado.

El mejoramiento genético es la base de incrementos relativamente rápidos y de bajo costo en la productividad de los cultivos. Su éxito descansa en saber elegir dentro del germoplasma disponible, individuos que ofrezcan las mejores expresiones de las características de interés, siendo requisito para lograr el objetivo que exista variación genética. La varianza genética en los grupos germoplásmicos puede ser estimada de varias formas, es decisión del fitomejorador elegir la estrategia más conveniente con base en sus posibilidades (Hallauer y Miranda; 1981).

Diseños dialélicos

El análisis dialélico es una de las técnicas más útiles para estudiar la variación genética de las características específicas deseadas e identificar las cruza idóneas para obtener segregantes superiores. Griffing (1956) propuso cuatro modelos de análisis dialélicos: el modelo uno que involucra a los padres, cruza directas y recíprocas; el modelo dos que requiere padres y cruza directas; el modelo tres necesita sólo cruza directas y recíprocas, y el modelo

cuatro que emplea solamente cruzas directas. Los modelos uno y tres se usan cuando se sospecha de la existencia de efectos maternos en las cruzas.

Las cruzas dialélicas se componen de las cruzas simples que pueden lograrse entre los elementos de un conjunto básico de líneas progenitoras, o sea, se dispone de una muestra de “p” líneas y efectúan todas las cruzas posibles entre ellos. Esto constituye un procedimiento importante en el desarrollo de un programa de mejoramiento genético en algunos cultivos.

Lupton, (1965), señala que el análisis de cruzas dialélicas en especies autógamas es una poderosa herramienta para la detección de variedades de alto potencial genético en programas de mejoramiento. Recientemente, la información de los cruzamientos dialélicos es usada para ubicar germoplasma en grupos germoplásmicos, así como para mostrar asociaciones de grupos entre los progenitores en varias características agronómicas de interés económico en diferentes cultivos, (González *et al.*, 1997; Yan y Hunt, 2002).

El método de análisis dialélico constituye una buena herramienta para asegurar méritos a variedades como progenitoras en un número de cruzas. Este método de análisis permite además conocer la naturaleza genética de los caracteres y la elección del método genotécnico más adecuado para obtener el máximo avance genético, (Salamanca, 1975).

En general, en los modelos genéticos de los dialélicos, los progenitores pueden ser líneas puras, parcialmente endocriadas (S_1 , S_2 , etc.), sintéticos, variedades, poblaciones, o algún tipo de familia. Diversos y versátiles programas computacionales han sido generados para obtener los resultados de los análisis dialélicos de Griffing, sobresalen por su versatilidad los desarrollados por Burrow y Coors (1994) y el de Zhang y Kang (2003).

Éste último presenta una rutina para obtener la suma de cuadrados de los efectos genéticos y su interacción a partir de un análisis combinado de las cruza dialélicas. Asimismo se dispone de un paquete computacional elaborado por Murray *et al*; (2003) para procesar los modelos propuestos por Gardner y Heberhart (1966), al que se le incorporaron rutinas de procedimientos estadísticos para hacer más confiables las estimaciones de los efectos implícitos en los modelos.

Convencionalmente los análisis dialélicos se han limitado a separar la variación de los cruzamientos en los efectos de aptitud combinatoria general y específica. Yan y Hunt (2002) proponen el empleo de una metodología que gráficamente muestra la mejor combinación dentro del dialélico y permite observar visualmente la siguiente información: (a) ACG de cada progenitor; (b) ACE de cada genotipo evaluado; (c) grupos de progenitores con similar información genética; y (d) la identificación de híbridos superiores.

Parámetros genéticos ACG y ACE

El empleo actual de los dialélicos tienen su origen en el desarrollo de los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG), y aptitud combinatoria específica (ACE), establecidos por Sprague y Tatum (1942), quienes definen la ACG como el comportamiento promedio de una línea o clon en combinaciones híbridas; y la ACE como las desviaciones de ciertas cruzas que son mejores o peores en base al comportamiento promedio de las líneas o clones que intervienen en el cruzamiento.

Griffing (1956) y Falconer (1972), mencionan que como la ACG se considera asociada a acción génica de tipo aditivo y la ACE a la de tipo no aditivo (dominancia y sobredominancia), a través de la relación ACE/ACG se puede obtener una aproximación sobre la forma en que se hereda el carácter en estudio, lo que resulta importante para escoger el método de mejoramiento a seguir.

Griffing (1956) señala que los componentes aditivos y no aditivos de la varianza genotípica paterna son estimados al usar los componentes de varianza de las aptitudes combinatorias general y específica. Este autor desarrolla dos modelos diferentes de análisis dependiendo de los diferentes supuestos de muestreo:

1). Cuando se asume que las líneas paternas únicamente o el material experimental como un todo son una muestra aleatoria de alguna población sobre la cual se van a hacer inferencias y

2). Cuando se seleccionan las líneas deliberadamente y no pueden ser consideradas como una muestra al azar de alguna población, así que el material experimental constituye la población entera sobre la cual se van a hacer inferencias válidas. El primero conocido como modelo de efectos aleatorios y el segundo como modelo de efectos fijos.

Pérez, et al; (2009), evaluando seis variedades criollas de chile manzano y todas sus posibles cruzas directas, encontraron que para la ACG, como para la ACE efectos significativos en el rendimiento de fruto, volumen de fruto, grosor de pericarpio, peso y número de semillas por fruto, número de lóculos por fruto, y el valor más alto se registró en la variedad "Puebla", siendo el mejor progenitor, ya que generó el mayor número de híbridos de alto rendimiento, alto volumen de fruto y grosor de pericarpio, en comparación con los otros cinco progenitores.

III MATERIALES Y MÉTODOS

1. Localización del área de estudio

El presente trabajo se realizó en dos etapas, la primera en laboratorio e invernadero en la UAAAN en Saltillo, Coahuila, y la segunda de campo, en el Campo Experimental Sur de Tamaulipas (CESTAM) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en estación Cuauhtémoc, en la región conocida como “la Huasteca”, al nororiente de la República Mexicana

2. Material Genético

Los materiales genéticos iniciales fueron 128 genotipos diferentes de chile (cuadro A1), proporcionados por el Dr. Fernando Borrego Escalante del programa de Fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento. De estos se planeó utilizar solamente seis genotipos, tres de los cuales serían los que presentaran los mejores niveles de resistencia al hongo y tres con buenas características agronómicas y de rendimiento (cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Líneas utilizadas para el cruzamiento dialélico.

Línea	Tipo
4	Tipo jalapeño
6	Tipo jalapeño
8	Tipo güero chico
16	Var-101 T. ancho, de la compañía Berentsen.
118	Tipo jalapeño, de Rio Grande, Tamaulipas.
130	Mulato bajo del CIAB*.

*CIAB: Campo de Investigaciones Agrícolas del Bajío.

3. Inoculo utilizado.

El hongo utilizado, fue una cepa aislada de plantas de chile con los síntomas característicos de la enfermedad “marchites del chile”, proporcionadas por el Ing. Adrián Zapata de la Universidad de Aguas Calientes, proveniente de lotes comerciales de chile en esa localidad.

4. Metodología

Etapa I. Laboratorio e Invernadero.

A). Laboratorio.

1. Medio de Cultivo:

El medio de cultivo que se utilizó fue agar-V8, para prepararlo se colocó todo el contenido de una lata de jugo V8 (355 ml) en un matraz de Erlenmeyer de una capacidad de 1000 ml. y se le agregaron 4.5 gr de carbonato de calcio (CaCO_3), se dejó reposar por 15 minutos, luego se centrifugó a 3,000 rpm durante 20 minutos, se decantó el líquido sobrenadante y se aforó con agua destilada a 1000 ml. agregándosele 15

gr de agar bacteriológico, se calentó para disolver el agar hasta antes del punto de ebullición y con agitación constante. El medio se esterilizó en autoclave a 15 lb/pulg², durante 15 a 20 minutos, se enfría y se vacía a cajas de petri en condiciones de esterilidad.

2. Preparación del Inoculo

Con ayuda de una pipeta esterilizada de 10 ml, se colocaron 20 ml de agua destilada estéril en cajas petri, en los que se colocaron 10 discos de 0.5 cm de diámetro del medio de cultivo Agar-V8 con el hongo y se incubaron a 25°C durante 3 días para inducir formación de esporangios, luego se transfirieron a 10°C durante 60 minutos, y se regresó a 25°C durante 90 minutos para la liberación de zoosporas. Esto se hizo en 1000 cajas de petri para disponer de inoculo suficiente para los estudios posteriores. El numero de zoosporas utilizado para las inoculaciones se ajustó a 10⁴ zoosporas/ml de suspensión con ayuda de un hematocitómetro (Sanogo, 2004).

B). Invernadero.

1. Siembra del material genético.

La siembra de los 128 diferentes materiales se hizo en charolas de unicef de 200 cavidades previamente lavadas y desinfectadas con agua clorada, se sembraron 20 semillas de cada material genético, dando un

total de 13 charolas. El sustrato que se utilizó para la siembra fue Peat-moss, después de la siembra se aplicó Biozyme TS a razón de 0.1 g l⁻¹ de agua, esto para estimular la germinación de las semillas, las charolas se colocaron en invernadero. Cuando las plántulas tuvieron de tres a cinco hojas verdaderas, después de tres semanas de emergidas, se trasplantaron a charolas de plástico de 30 x 40 cm conteniendo peat-moss, para inocularlas con *Phytophthora capsici* y someter a la infección para evaluar su respuesta al hongo.

2. Inoculación con *Phytophthora capsici*.

En cada charola de plástico, se trasplantaron previamente inoculados, cinco genotipos diferentes, de cada uno de los 128 genotipos iniciales, cada uno con cinco plántulas dando un total de 25 plántulas por charola y un total de 26 charolas con el total de genotipos trasplantados. Para la inoculación, las plántulas se sacaron de las charolas de unicel de 200 cavidades y sumergieron en una suspensión del inóculo de 10⁴ zoosporas/ml. Posteriormente, fueron colocadas en una cama del invernadero y regadas abundantemente.

3. Evaluación de los genotipos.

La evaluación de la respuesta de los genotipos de Chile a la inoculación con *Phytophthora capsici* se inició al aparecer los primeros síntomas de la enfermedad, a los ocho días de la inoculación y se

continuó cada ocho días durante ocho semanas. La evaluación se hizo con base a plantas sanas, plantas enfermas y plantas muertas, siguiendo la escala descrita por Glosier *et al.*, (2007) para severidad (cuadro 3.2). Los niveles 0 y 1 son considerados como resistentes (Ristaino, 1990)

Cuadro 3.2. Escala para severidad

Escala	Severidad
0	Planta sana sin síntoma de la enfermedad.
1	Amarillamiento en las hojas sin necrosis de tallo.
2	Ligera necrosis del tallo.
3	Moderada necrosis del tallo y ligero marchitamiento.
4	Severa necrosis del tallo y severo marchitamiento.
5	Plantas muertas. Marchitez.

Fuente: Glosier *et al.*, 2007

Con los datos obtenidos de la escala de evaluación, se elaboró un índice de la enfermedad de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \right] (100)$$

Donde:

X_i = Severidad de la enfermedad en la i -ésima plántula

n = Número de plántulas evaluadas

Los índices de enfermedad obtenidos en los diferentes genotipos, se utilizaron para calcular el Área Bajo la Curva de Crecimiento de la Enfermedad (ABCPE) de acuerdo al modelo propuesto por Shaner y Finney (1977)

$$ABCPE = \sum_{i=1}^n \left[\frac{X_{t_{i+1}} + X_i}{2} \right] (T_{t_{i+1}} - T_i)$$

Donde:

X_i = Proporción de enfermedad en la i-ésima observación

$T_{(i+1)} - T_i$ = Tiempo entre dos lecturas

n = Número de evaluaciones

4. Programa de cruzamientos.

Se tomaron tres de los materiales más resistentes y tres materiales susceptibles de las mejores características agronómicas para realizar cruzamientos dialélicos, por lo que se obtuvieron 15 cruzas directas simples $[(6 \times 5) / 2 = 15 \text{ cruzas } F_1]$.

La polinización se efectuó manualmente en invernadero en condiciones ambientales controladas. Una vez efectuados los cruces (cuadro 3.3), se les protegió de toda posible contaminación de polen ajeno

envolviéndolas en pequeños sobres transparentes, que se eliminaron una vez cuajado el fruto e iniciado su desarrollo.

Cuadro 3.3. Esquema del cruzamiento dialélico.

Líneas	4	6	8	16	118	130
4	4 X 4	4 X 6	4 X 8	4 X 16	4 X 118	4 X 130
6		6 X 6	6 X 8	6 X 16	6 X 118	6 X 130
8			8 X 8	8 X 16	8 X 118	8 X 130
16				16 X 16	16 X 118	16 X 130
118					118 X 118	118 X 130
130						130 X 130

5. Evaluación de la reacción de la generación F_1 a la inoculación con *P. capsici*.

Las generaciones F_1 al igual que los progenitores, fueron evaluadas por su reacción a la enfermedad en invernadero. Para esto se sembraron, manejaron y evaluaron de la misma forma que los 128 genotipos iniciales.

Etapas dos: En campo

1. Siembra del material:

La siembra en campo se estableció en surcos de 2.5 m de longitud con una separación entre surcos de 0.92 m para una superficie de 2.3 m². El

número de plantas por surco fue de ocho con una distancia entre plantas de 30 cm para una población estimada 36,232 plantas por hectárea.

2. Análisis dialélico:

Se realizó un análisis de aptitud combinatoria general y específica, basándose en el método IV propuesto por Griffing (1956), el cual solo incluye las cruzas directas F_1 .

3. Modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor fenotípico observado de la craza con progenitores i y j;

μ = Media general.;

g_i = Efecto de la aptitud combinatoria general del progenitor i;

g_j = Efecto de la aptitud combinatoria general del progenitor j;

s_{ij} = Efecto de la aptitud combinatoria específica de la craza (ij) ;

e_{ijk} = Error experimental;

4. Variables evaluadas:

Días a floración (DAF). Se contaron los días transcurridos desde la fecha de trasplante a la fecha de aproximadamente el 50 % de las líneas presentaban flores.

Días a cosecha (DAC). Días transcurridos desde la fecha de trasplante a la fecha del primer corte de frutos con madures comercial

Longitud del fruto (LONG FTO). Se midió la longitud de 5 frutos representativos de cada genotipo en cada corte para obtener la longitud promedio de fruto en cm.

Diámetro de fruto (DIAM FTO). El diámetro promedio de fruto en cm, se midió en los mismos 5 frutos usados para obtener la longitud promedio

Número de frutos (NOFRUT), Se cortaron todos los frutos de todas las plantas por parcela y el total se dividió entre el número de plantas cosechadas.

Peso promedio de frutos (PPF). Se pesaron todos los frutos y se dividieron entre el número de frutos

Rendimiento ($t\ ha^{-1}$). Se determinó el rendimiento promedio por parcela experimental de $2.3\ m^2$ y luego mediante una regla de tres se calculó el rendimiento en $10,000\ m^2$.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De 128 genotipos de chile sembrados en el invernadero, solo 105 germinaron (Cuadro A2). Estos últimos, fueron inoculados con *P. capsici* para evaluar su reacción a la marchitez del chile causada por este hongo. Durante las tres primeras semanas, la reacción predominantemente observada fue de cero a un índice de enfermedad de 60; en las últimas dos semanas, la mayoría de los genotipos fueron dañados severamente mostrando un índice de enfermedad de 100 causando la muerte de las plantas. Durante el periodo de evaluación, solo el genotipo 118 no mostró, ningún síntoma de la enfermedad, en tanto que los genotipos 16 y 130 mostraron un cierto nivel de resistencia con índices de enfermedad (IE) de 28 y 45, respectivamente.

Etapa I. Laboratorio e Invernadero.

A. Evaluación de Progenitores.

Seis genotipos (tres susceptibles y tres tolerantes) seleccionados de los resultados de la inoculación a *P. capsici*, se analizaron bajo el diseño de bloques al azar, los cuadrados medios fueron concentrados en el Cuadro 4.1., donde podemos observar en las fuentes de variación que las fechas presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), manifestándose estas

diferencias por los cambios de temperatura y humedad, también los genotipos presentaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) para la reacción a la inoculación con *P. Capsici*, estas diferencias pueden atribuirse a que son diferentes tipos de chile y a su diferente origen.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para la reacción de los genotipos progenitores a la inoculación con *P. capsici*.

F. V.	GL	C.M.
Fechas	5	8,664.71**
Rep/Fechas	24	990.65
Genotipos	5	10,279.34**
Gen x Fechas	25	606.03
Error	120	556.12
Total	179	
C.V.	71.81	

** Altamente significativo a 0.01

En la prueba de medias por el método de Tukey (Cuadro 4.2), podemos observar que el genotipo 118 resultó completamente resistente a la enfermedad, ya que no presentó ningún síntoma de la enfermedad durante el periodo de evaluación. En segundo lugar tenemos al genotipo 130 con un índice medio de enfermedad de 26.02, donde observamos que el índice de enfermedad progresó lentamente conforme paso el tiempo. En tercer lugar observamos al genotipo 16, con un índice medio de enfermedad de 30.93%, el cual manifestó los síntomas de la enfermedad desde el inicio de la evaluación pero en bajos niveles. En la cuarta evaluación manifestaba un índice de enfermedad de 78. Sin embargo, al final del periodo de evaluación presentó un rebrote de nuevas hojas y un índice de enfermedad de 28, indicando con esto la

tolerancia del genotipo al hongo. Los tres genotipos susceptibles que se utilizaron en el cruzamiento dialélico fueron el 6, 8 y 4 con una media del 44.49, 46.93 y 44.49 de índice enfermedad respectivamente.

Cuadro 4.2. Prueba de medias por el método de Tukey, así como el avance de la enfermedad (%) en los seis progenitores a través de todo el periodo de 42 días de evaluación semanal

GENOTÍPO	MÉDIA	GRUPO	I. E. / Días después de la inoculación.					
			7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días
118	0	A	0	0	0	0	0	0
130	26.02	B	0	8	20	38	42	45
16	30.93	B C	4	16	24	56	78	28
6	44.49	C D	24	32	60	64	64	72
8	46.93	C D	8	24	64	72	76	80
4	48.66	D	12	20	52	76	88	80

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.
I.E: Índice de enfermedad.

Aún cuando el avance de la enfermedad mostró, en términos generales, un incremento consistente desde la primera a la última fecha de evaluación con excepción del progenitor 118, este incremento fue notoriamente menor y más lento en los genotipos 16, 118 y 130 que en los genotipos 4, 6 y 8.

Sin embargo, estas diferencias observadas en cuanto al avance de la enfermedad, a través del desarrollo del experimento, indican diferencias genéticas con respecto al desarrollo de la enfermedad. El hecho de que el genotipo 118 impidiera por completo la infección el proceso infeccioso de *P. capsici* indica la presencia de resistencia vertical. Van Der Plank (1984) indica

que la resistencia vertical es de herencia cualitativa controlada por genes mayores y que este tipo de resistencia se expresa de manera muy específica, inhibiendo por completo el proceso de infección de un patógeno. Los genotipos 16 y 130 presentaron índices de enfermedad relativamente bajos.

De acuerdo a la escala propuesta por Ristaino (1990) modificada para índices de enfermedad, solo los índices de enfermedad de 0 y 20 son considerados como resistentes, de aquí que los genotipos 16 y 130 fueron considerados como susceptibles. Sin embargo, según el cuadro 4.2, el avance de la enfermedad en estos fue muy lento a través de periodo de evaluación, lo cual de acuerdo a Van Der Plank (1984) indica un tipo de resistencia poligénica que no bloquea por completo el desarrollo de la enfermedad, sino que permite cierto desarrollo del patógeno. Es por esta razón que se clasificaron como moderadamente resistentes.

Un parámetro epidemiológico muy utilizado en el estudio de la resistencia cuantitativa de las plantas a las enfermedades, es el área bajo la curva de desarrollo de una enfermedad (ABCDE) (Jeger y Voljanen-Rollinson, 2001 y Haynes y Weingartner, 2004). Este parámetro indica la dinámica de una epifitía mediante un solo valor. De aquí que aún cuando los índices de enfermedad fueron altos, excepto para el genotipo 118, lo cual indica susceptibilidad al hongo, con los datos obtenidos como respuesta a la inoculación con *P. capsici* de los seis progenitores, transformados a índice de

enfermedad (IE) se calculó el ABCDE (cuadro 4.3) para establecer posibles diferencias en el nivel de resistencia ó susceptibilidad.

Cuadro 4.3. Área Bajo la Curva de Desarrollo de la Enfermedad (ABCDE) de los seis progenitores

No.	Líneas	7-14	14-21	21-28	28-35	35-42	Total
		días %/días	días %/días	días %/días	días %/días	días %/días	
1	4	112	252	448	574	588	1974
2	6	196	322	434	448	476	1876
3	8	112	308	476	518	546	1960
4	16	70	140	280	469	371	1330
5	118	0	0	0	0	0	0
6	130	28	98	238	350	364	1078

Escalante y Farrera (2004) indican que los menores valores de ABCDE corresponden a los materiales con menor incidencia de enfermedad, es decir con mayor nivel de resistencia, por lo que el Cuadro 4.3 para el ABCDE que indicó diferencias observables entre progenitores (líneas 16 y 130), confirma diferentes niveles de resistencia horizontal.

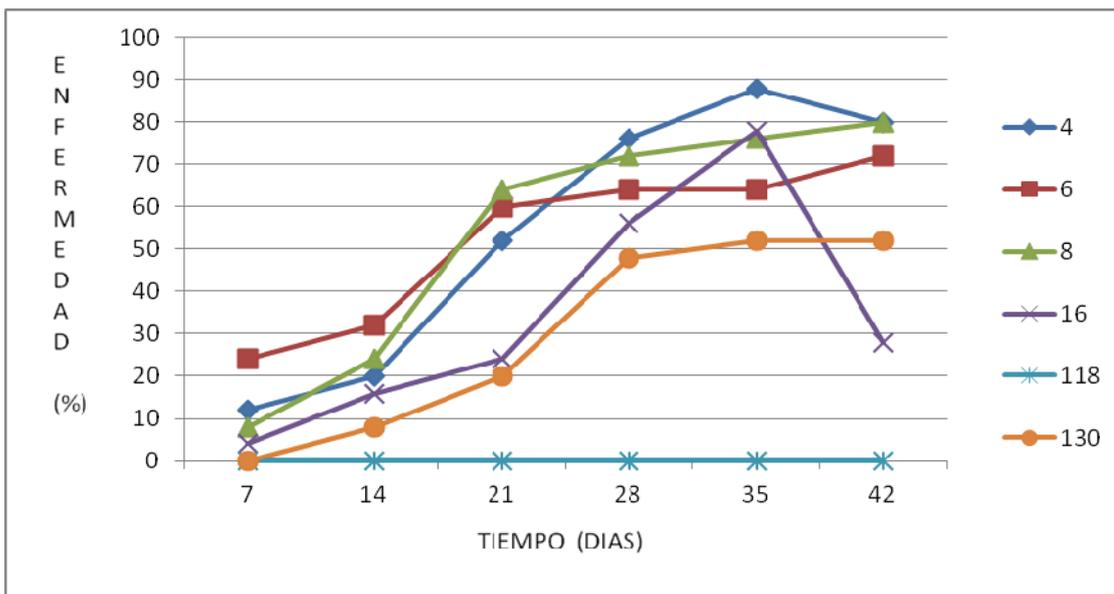
Al analizar el Área Bajo la Curva de Desarrollo de la Enfermedad (ABCDE), se encontró que el genotipo con valor más elevado fue el 4 con 1974 porcentaje por días, seguido del 8, el 6, el 16 y el 130. Por último vemos al genotipo 118 que mostro nula enfermedad.

De acuerdo con Guigón y González (2001), quien opina que el desarrollo de las enfermedades inicia lentamente, afectando primero a los chiles de árbol y luego a los jalapeños, sin embargo en un estudio regional en el Sur de

Chihuahua, México, la severidad alcanzó mayores proporciones en chile jalapeño que en otros tipos de chile, y el crecimiento de las epidemias fue generalmente lento, destacando por su mayor velocidad de incremento otros hongos, antes que *P. Capsici* y mayor ABCDE, superada ampliamente por el chile jalapeño la severidad de la marchitez al resto de las enfermedades.

En la figura 4.1, observamos el ABCDE de los seis progenitores, en la que se muestra, al inicio, un desarrollo lento de la enfermedad, iniciando el genotipo 6 con una mayor incidencia de enfermedad con respecto al resto de genotipos. La enfermedad continuó avanzando siendo el genotipo 4 el que mostró mayor incidencia. Al final de la evaluación, el progenitor 118 fue el más resistente, seguido de los progenitores 16 y 130. Los tres progenitores 6, 8 y 4, mostraron los mayores niveles de susceptibilidad en este grupo de seis

Figura 4.1. Área Bajo la Curva de Desarrollo de la Enfermedad (ABCDE) de los seis progenitores



Velásquez, et al (2003), evaluando la reacción de seis líneas avanzadas de chile Ancho y Mirasol a pudrición de la raíz, virosis y amarillamiento, encontraron que la incidencia final de pudrición de la raíz fue similar entre las líneas avanzadas y sus testigos. El valor más elevado del ABCDE correspondió al testigo Ancho San Luis; los valores más bajos correspondieron a las líneas avanzadas de tipo Mirasol. No se encontraron diferencias entre la incidencia y el ABCDE. La incidencia de amarillamiento fue mayor en las líneas avanzadas y testigos de chile Ancho que en las de Mirasol.

B. Evaluación de las F₁.

Los cuadrados medios del análisis de varianza para la reacción a la inoculación de las F₁ (Cuadro 4.4) muestran diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre cruzas para índices de enfermedad. Estas diferencias pueden atribuirse a que son cruzas generadas entre progenitores en los que se detectaron resistencia completa en uno, un moderado nivel de resistencia en otros y en otros completa susceptibilidad.

Cuadro 4.4. Cuadros medios para el análisis de varianza para la reacción de 15 cruzas F₁, inoculadas con *Phytophthora capsici*.

F. V.	GL	C.M.
Fechas	5	22,314.79**
Rep/Fechas	24	154.07
Cruzas	14	12,295.15**
Gen x Fechas	70	459.03
Error	336	248.69
Total	449	

C V (%): 34.01

** Altamente significativo a 0.01

La prueba de medias por el método de Tukey (Cuadro 4.5) muestra que la mejor cruce fue la número 15 (118 x 130), donde podemos observar el historial del índice de enfermedad dado cada ocho días en la toma de datos, vemos que nunca se enfermo, no así para las demás cruces, donde la número 5 (4 x 130) mostro un índice promedio de enfermedad de 19.89 y podemos ver que en las primeras fechas de evaluación no se enfermo, en la tercera fecha inicio la enfermedad con un IE de 4 y en las últimas fechas de evaluación se incremento lentamente hasta llegar a un IE de 52.

La tercera cruce más resistente fue la número 11 (8 x 118) con un IE promedio de 33.97, aquí la enfermedad inicio lentamente desde el principio de la evaluación, la cual se fue incrementando poco a poco hasta llegar a un IE de 64. La cuarta cruce con índice de enfermedad bajo fue la número 12 (8 x 130) con un IE promedio de 34.89, ésta inicio con alto porcentaje de IE al inicio de la evaluación y se mantuvo constante las dos primeras fechas (IE de 20), luego se incremento un poco y así paulatinamente hasta llegar un IE de 60 al final de la evaluación.

La cruce (118 x 130) entre dos materiales resistentes (Cuadro 4.5), uno con un moderado nivel de resistencia (genotipo 130 con un IE de 26.02) por otro (genotipo 118 con un de IE de 0) generó un híbrido resistente pero también observamos que la cruce de un material susceptible por un resistente (4 x 130, 8 x 118 y 8 x 130) originó híbridos moderadamente resistentes ya que en la evaluación de progenitores, según Ristaino (1990) solo los índices de

enfermedad de 0 y 20 son considerados como resistentes, de aquí que todas las cruzas, excepto la 118 X 130, sean consideradas como susceptibles. Sin embargo, el avance de la enfermedad en estas cruzas fue muy lento a través de periodo de evaluación alcanzando un moderado nivel de enfermedad, lo cual de acuerdo a Van Der Plank (1984) indica un tipo de resistencia poligénica que no bloquea por completo el desarrollo de la enfermedad, sino que permite cierto desarrollo del patógeno, considerándoseles como parcialmente resistentes a dicho hongo.

Cuadro 4.5. Prueba de medias por el método de Tukey, e índice de enfermedad en las quince cruzas a través de todo el periodo de evaluación

No.	CRUZAS	MÉDIA	GRUPO	I. E. (%)/Días después de la inoculación.					
				7	14	21	28	35	42
15	118X130	0	A	0	0	0	0	0	0
5	4X130	19.89	B	0	0	4	20	44	52
11	8X118	33.97	C	4	20	32	40	48	64
12	8X130	34.89	C	20	20	28	32	36	60
13	16X118	36.57	CD	16	24	32	32	52	76
9	6X130	37.34	CDE	8	16	24	56	60	80
4	4X118	39.93	CDE	28	32	44	48	52	56
8	6X118	49.28	DEF	8	24	52	76	80	84
7	6X16	50.89	EFG	4	32	52	64	84	100
1	4X6	58.45	FGH	12	48	60	84	92	100
6	6X8	59.87	FGH	40	40	60	60	100	100
3	4X16	64.55	GH	36	48	64	84	92	100
14	16X130	65.4	GH	48	72	64	76	84	96
10	8X16	72.01	H	60	72	80	84	96	100
2	4X8	72.34	H	56	72	84	92	100	100

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

I.E: Índice de enfermedad.

La reacción de susceptibilidad en las cruzas F_1 indica ausencia de genes mayores para resistencia. Sin embargo, la reacción del genotipo 118 según Van der Plank (1984) indica que esta reacción está gobernada por al menos un gene dominante

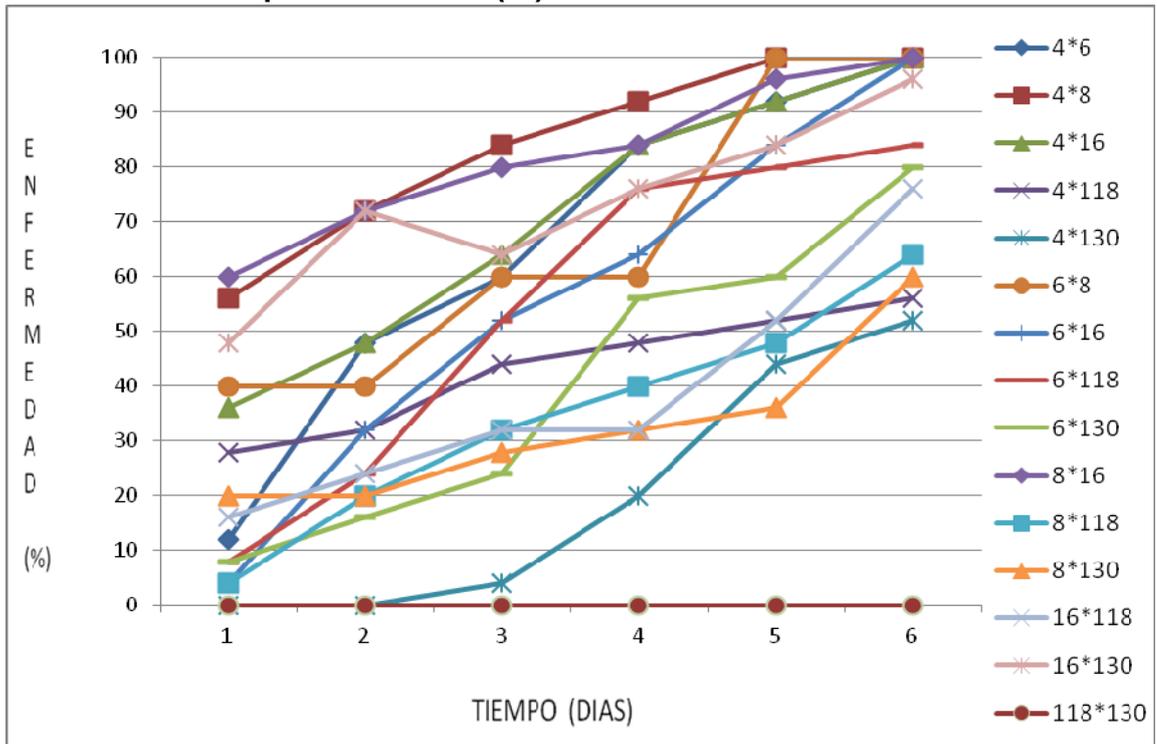
Las diferencias observadas en el avance de la enfermedad, indican que la enfermedad progresó más lentamente (Cuadro 4.6) en algunas cruzas que en otras, siendo la más resistente a este hongo oomiceto la 118 X 130 con nula enfermedad, seguida de la 4 X 130 con 658 por ciento/ días, luego la 8 X 130 con 1092 por ciento/días. Las demás que le siguen en el orden de: 8 X 118, 16 X 118, 6 X 130, 4 X 118, 6 X 118, 6 X 16, 6 X 8, 4 X 6, 4 X 16, 16 X 130, 4 X 8 y por último la 8 X 16.

Cuadro 4.6. Área Bajo la Curva de Desarrollo de la Enfermedad (ABCDE) de los quince híbridos.

Cruzas	7-14 días	14-21 días	21-28 días	28-35 días	35-42 días	Total
	%/días	%/días	%/días	%/días	%/días	
4 X 6	210	378	504	616	672	2380
4 X 8	448	546	511	672	700	2877
4 X 16	294	392	518	616	672	2492
4 X 118	210	266	322	350	378	1526
4 X 130	0	14	84	224	336	658
6 X 8	280	350	420	560	700	2310
6 X 16	252	294	406	518	644	2114
6 X 118	112	266	448	511	574	1911
6 X 130	84	140	280	406	490	1400
8 X 16	462	532	574	630	686	2884
8 X 118	84	182	252	308	392	1218
8 X 130	140	168	210	238	336	1092
16 X 118	140	196	224	294	448	1302
16 X 130	420	476	490	560	630	2576
118 X 130	0	0	0	0	0	0

En la figura 4.2, observamos el ABCDE de las quince cruzas F₁, siendo la crusa 118 X 130 la más resistente.

Figura 4.2. Área Bajo la Curva de Desarrollo de la Enfermedad (ABCDE) de los quince híbridos (F₁).



Etapa II. En campo.

En el Cuadro 4.7 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza dialélico, de los 15 híbridos resultantes de las cruzas entre las 6 líneas progenitoras de Chile, donde se observa que hubo diferencias significativas ($P < 0.01$) entre cruzas para días a inicio de cosecha, número total de frutos por planta, diámetro de fruto, longitud de fruto, peso promedio de fruto, rendimiento y para la reacción a la enfermedad indicando esto que las cruzas usadas son diferentes genéticamente, esto debido a que los progenitores son de diferentes

orígenes. Lo que en general se expresa en que las cruzas sean diferentes entre sí para las características mencionadas con anterioridad.

Cuadro 4.7. Cuadrados medios genéticos de 15 cruzas de Chile, para las características fenológicas y de Rendimiento, analizados bajo el método 4 de Griffing (1956).

F. V.	GL	IE (%)	DAF (días)	DAC (días)	FTO/PTA (núm)	DF (cm)	LF (cm)	PPF (gr)	RTO (t ha ⁻¹)
Rep.	2	44.7	91.6	6.8	124.7	0.1	1.5	21.8	10.8
cruza	14	1,903.6**	47.2	50.2**	2,400.2**	3.9**	15.5**	1,303.1**	426.1**
	5	4,592.4**	52.4	39.5**	5,126.3**	5.7**	18.9**	2,810.5**	317.6**
ACG	9	409.8**	44.3	56.2**	885.6**	3.0**	13.5**	465.6**	486.4**
ACE									
EE	28	132.5	18.8	12.6	67.8	0.03	0.4	13.6	24.2
Total	44								
C.V.		16.95	8.3	3.8	21.1	5.6	5.9	10.5	13.4
Media		67.86	52.4	93.8	39.1	3.3	10.6	35.2	36.6
Máx		89.59	59.3	101.0	120.9	6.3	14.0	91.5	61.2
Mín		0	46.3	86.7	11.6	1.6	7.1	8.1	18.8

** Significativo a una probabilidad de 0.01.

IE: Índice de Enfermedad. DAC: Días a Floración, DAF: Días a Cosecha, FTO/PTA: Frutos por planta, DF: Diámetro de Fruto, LF: Longitud de Fruto, PPF: Peso Promedio del Fruto, RTO: Rendimiento e INOC: inoculación con *Phytophthora capsici*.

Respecto a la aptitud combinatoria general (ACG) hubo diferencias significativas ($P < 0.01$) para las características de días a inicio de cosecha, número total de frutos por planta, diámetro de fruto, longitud de fruto, peso promedio de fruto, rendimiento y en el índice de enfermedad, estas diferencias nos indican que cuando menos una de las líneas progenitoras tiene un comportamiento genético diferente a las demás líneas utilizadas, para las características mencionadas.

Respecto a la aptitud combinatoria general (ACG) hubo diferencias significativas ($P < 0.01$) para las características de días a inicio de cosecha, número total de frutos por planta, diámetro de fruto, longitud de fruto, peso promedio de fruto, rendimiento y en la inoculación, estas diferencias nos indican que cuando menos una de las líneas progenitoras tiene un comportamiento genético diferente a las demás líneas utilizadas, para las características mencionadas.

En cuanto a la aptitud combinatoria específica (ACE) para las características de días a inicio de cosecha, número total de frutos por planta, diámetro de fruto, longitud de fruto, peso promedio de fruto, rendimiento y en el IE existieron diferencias significativas ($P < 0.01$) indicando que al menos una cruce difiere de las otras usadas en el presente experimento en ACE para estas características.

El comportamiento de las cruces en las variables Número de frutos por planta, Peso promedio por fruto e inoculación estuvieron reguladas principalmente por efectos aditivos (76.30%, 77.03% y 86.16%, respectivamente). Mientras que para las variables Días a Cosecha, Toneladas por Hectárea, la expresión de los genotipos se debieron a los efectos de dominancia (72 y 73.38%, respectivamente) y para el resto de las variables se presentaron los dos efectos genéticos, tanto ACG como ACE casi en la misma proporción.

Esto sugiere que el mejor método de mejoramiento para aquellas características con mayores efecto de tipo aditivo es por pedigrí, las de mayor ACE por hibridación, lo cual coincide con Martínez *et al.*, (2004) y Dorantes (2008), donde se encontraron resultados similares a los anteriores.

Los coeficientes de variación de todas las características a evaluar fueron inferiores a 22 %, teniendo el valor más alto la variable frutos por planta con un coeficiente de variación de 21.1 % y la variable con menor coeficiente de variación correspondió a días a cosecha con 3.8 por ciento.

En el Cuadro 4.8, donde se encuentran las ACG de los genotipos evaluados, podemos observar que la línea 4 mostro diferencias estadísticas significativas negativas ($P < 0.01$) en diámetro de fruto, longitud de fruto y peso promedio por fruto, el cual nos dice que no fue un buen progenitor debido a que no es un genotipo con rendimientos aceptables y es susceptible al hongo.

Cuadro 4.8. ACG de los 6 genotipos evaluados en Tamaulipas para las variables fenológicas (Días a Floración y Días a Cosecha) y de rendimiento (Frutos por planta, Peso Promedio del Fruto y $t\ ha^{-1}$), analizados bajo el método 4 de Griffing (1956).

LINEAS	DAF (días)	DAC (días)	FTO/PTA (numero)	DFTO (cm)	LFTO (cm)	PPF (gr)	RTO $t\ ha^{-1}$	IE (%)
4	1,72	-0,89	4,03	-0.99**	-2.36**	-5,44**	-0,10	10.02
6	2,97*	2,44*	22,53**	0.33**	-0.10	-9,95**	6,10**	15.37**
8	-2,61	-2,81*	25,86**	0.81**	1.22**	-19,54**	-0,56	6.79
16	0,39	0,28	-17,08**	0.56**	0.87**	22,67**	5,66*	17.38**
118	-1,28	-0,31	-21,45**	-0.21	0.24	0,15	-6,28**	-25.39**
130	-1,19	1,28	-13,89**	-0.51**	0.13	12,11**	-4,82	-24.17**

*, ** Diferente de cero a una probabilidad de 0.05 y 0.01, resp.

Para la línea 6, se observan diferencias estadísticas ($P < 0.05$) para las variables días a floración y días a cosecha y diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para las variables frutos por planta, diámetro de fruto, rendimiento e inoculación, y en peso promedio por fruto en forma negativa, lo anterior me dice que este es un buen genotipo, rendidor ya que genera muchos frutos aunque con poco peso, pero resulta que es susceptible al hongo oomiceto.

En la línea 8 observamos diferencia estadística negativa ($P < 0.05$) para la variable días a cosecha y diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para las variables frutos por planta, diámetro de fruto, longitud de fruto, y en peso promedio por fruto en forma negativa, dándonos buen genotipo, no tan rendidor, pero genera muchos frutos aunque con poco peso y bien grandes, pero es susceptible a *P. capsici*.

La línea 16 tiene diferencias estadísticas ($P < 0.05$) para la variable rendimiento y diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para las variables diámetro de fruto, longitud de fruto, peso promedio por fruto y en forma negativa para la variable frutos por planta, dándonos buen genotipo medianamente rendidor ya que produce pocos frutos, muy grandes y bien pesados, pero es susceptible a *P. capsici*.

La línea 118 tiene diferencias altamente significativas pero negativas ($P < 0.01$) frutos por planta, rendimiento e inoculación. Este genotipo es resistente al hongo, pero no es rendidor. La línea 130 tiene diferencias

altamente significativas ($P < 0.01$) para peso promedio por fruto, y en forma negativa para las variables frutos por planta, diámetro de fruto e inoculación. Este genotipo es resistente al hongo, pero no es rendidor.

De acuerdo con Dorantes, *et al*; (2004), trabajando con 7 líneas progenitoras de chile jalapeño, encontró que el rendimiento de fruto es un carácter determinado tanto por efectos aditivos como de dominancia, siendo los del tipo aditivo 50% de los de dominancia y peso, longitud y diámetro de fruto están determinados solamente por efectos de dominancia.

En el Cuadro 4.9 se observan los efectos de ACE de las 15 cruzas simples, así como la ACG de sus progenitores y la inoculación, que comparados con la media de rendimiento nos podemos dar cuenta de cuál craza fue la mejor en cuanto a efectos genético y de rendimiento se refiere.

Observamos en primer lugar a la mejor craza (6*16) la cual nos dio el más alto rendimiento en la media genotípica con 61.2 toneladas por hectárea, esta craza obtuvo una ACE en esa variable una diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) y observando a sus progenitores, la línea 6 y la línea 16 obtuvieron diferencias estadísticas ($P < 0.01$), lo cual quiere decir que esta diferencia genética se debió tanto a efectos aditivos como de dominancia.

En cuanto a la variable inoculación, los dos progenitores resultaron ser altamente significativos ($P < 0.01$) pero para susceptibilidad, y nos dio una

diferencia genética debido a efectivos. Esta cruce nos da altos rendimientos, pero cuando se presenta el hongo es devastador, ya que es sumamente susceptible a él.

La cruce 4 X 8, fue la segunda en rendimiento, esta está dada por efectos de dominancia, debido a que la ACE resulto ser altamente significativa ($P < 0.01$), así como también el progenitor paterno, pero resulta que es susceptible al hongo.

Cuadro 4.9. Efectos de ACG y ACE de 15 cruces simples de Chile evaluadas en Tamaulipas, para la variable rendimiento y la media genotípica de rendimiento, así como la variable inoculación y la media genotípica de inoculación.

Cruces	RENDIMIENTO ($t\ ha^{-1}$)			X RTO ($t\ ha^{-1}$)	ENFERMEDAD			X IE (%)
	ACG ♀	ACG ♂	ACE		ACG ♀	ACG ♂	ACE	
4 X 6	-0,10	6,10**	12,6**	55,2	10.02	15.37**	-3.66	89.59
4 X 8	-0,10	-0,56	9,9**	45,8	10.02	6.79	4.92	89.59
4 X 16	-0,10	5,66*	-14,1**	28,0	10.02	17.38**	-5.68	89.59
4 X 118	-0,10	-6,28**	-11,5**	18,8	10.02	-25.39**	11.21	50.77
4 X 130	-0,10	-4,82	3,1	34,8	10.02	-24.17**	-6.79	46.93
6 X 8	6,10**	-0,56	-19,7**	22,5	15.37**	6.79	-0.43	89.59
6 X 16	6,10**	5,66*	12,8**	61,2	15.37**	17.38**	-11.02	89.59
6 X 118	6,10**	-6,28**	-3,8	32,6	15.37**	-25.39**	6.24	64.09
6 X 130	6,10**	-4,82	-1,9	36,0	15.37**	-24.17**	8.87	67.93
8 X 16	-0,56	5,66*	-3,4	38,3	6.79	17.38**	-2.44	89.59
8 X 118	-0,56	-6,28**	5,6	35,3	6.79	-25.39**	1.51	50.77
8 X 130	-0,56	-4,82	7,7	38,9	6.79	-24.17**	-3.56	46.93
16 X 118	5,66*	-6,28**	-11,7	47,7	17.38**	-25.39**	0.65	59.22
16 X 130	5,66*	-4,82	-7,0	30,5	17.38**	-24.17**	19.79*	80.88
118 X 130	-6,28**	-4,82	-2,0	23,5	-25.39**	-24.17**	-18.31*	0.00

*, ** Diferente de cero a una probabilidad de 0.05 y 0.01, resp.

X RTO: Media genotípica de Rendimiento. X IE: Media genotípica de índice de enfermedad.

La cruce 16 X 118, fue la tercera en rendimiento, esta está dada por efectos aditivos, debido a que la línea 16 y la línea 118 obtuvieron diferencias

estadísticas ($P < 0.01$). También para la variable inoculación resultó lo mismo, siendo los dos progenitores altamente significativos ($P < 0.01$), aquí hay mas tolerancia al hongo.

Pérez, *et al*; (2009) trabajando con seis variedades criollas (cinco colectadas en México y una en Perú) de chile manzano (*Capsicum pubescences* R y P) y todas sus posibles cruzas directas, encontró que tanto para ACG, como para ACE mostraron efectos significativos en el rendimiento de fruto, volumen de fruto, grosor de pericarpio, peso y número de semillas por fruto, número de lóculos por fruto, y el valor más alto se registró en la variedad “Puebla”, ya que generó el mayor número de híbridos de alto rendimiento, alto volumen de fruto y grosor de pericarpio, en comparación con los otros cinco progenitores.

La craza que resulto ser resistente a la inoculación de *P capsici* en el invernadero (118 X 130) al ser evaluada en el campo, resulto con bajos rendimientos (23.5 t ha^{-1}), que al ser comparados con rendimientos normales (de 8 a 12 t ha^{-1}), es un rendimiento aceptable, tomando en cuenta que van a ser sin perdidas, ya que no se le va a aplicar ningún agroquímico adicional. Lo mismo para la craza 16 X 130 quien resulto ser la segunda en resistir al patógeno, nos genero un rendimiento aceptable de 30.5 toneladas por hectárea.

V CONCLUSIONES

La respuesta a la inoculación de los 105 materiales genéticos con *P. capsici* indicó diferencia altamente significativas, probablemente debidas a los diferentes tipos de chile y a su diferente origen, observándose que la gran mayoría resultaron altamente susceptibles

De los 105 materiales genéticos evaluados solo los genotipos 15, 16, 130, 122 y 19 mostraron índices de enfermedad de 50, 28, 52, 60, y 64 respectivamente que indican un nivel de resistencia parcial, lo cual es apoyado por las curvas de desarrollo de la enfermedad. En el genotipo 118 la reacción a la enfermedad indica la presencia de genes mayores para resistencia a *P. capsici*

En la reacción a la enfermedad tanto los efectos aditivos como de dominancia resultaron altamente significativos, siendo mucho más importantes los efectos aditivos.

Para las demás características agronómicas y de rendimiento, con excepción de días a floración, los efectos aditivos y de dominancia también

resultaron altamente significativos, siendo más importantes los efectos aditivos para número de frutos por planta, longitud de frutos y peso promedio por fruto. Los efectos de dominancia resultaron más importantes para días al primer corte y rendimiento.

La mejor cruza dio el más alto rendimiento fue 6 X 16 con 61.2 t ha^{-1} , esta cruza obtuvo una ACE en la variable rendimiento altamente significativa ($P < 0.01$) y observando a sus progenitores en esa misma variable, la línea 6 y la línea 16 obtuvieron diferencias estadísticas ($P < 0.01$), así mismo la línea 16 también obtuvo diferencias estadísticas ($P < 0.01$) en la variable peso promedio por fruto, que al ser cruzados nos dio un efecto aditivo.

VII LITERATURA CITADA

- Ahmed N., F. A. Shah, G. H. Zargar and S. A. Wani. 1998. Line x Tester analysis for the study of combining ability in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Capsicum & Eggplant Newsletter* 17: 38-41. Turin, Italy.
- Arauz, C.L.F. 1998. *Fitopatología: Un enfoque agroecológico*. Editorial Universidad de Costa Rica. 467 pág.
- Andrés Ares, J.L.; Rivera Martínez, A. & Fernández Paz, J. 2005. Resistance of pepper germplasm to *Phytophthora capsici* isolates collected in northwest Spain. *Spanish J. Agr. Res.* 3:429-436.
- Babadoost, M., Islam, S.Z., Tian, D., and Pavon, C. 2005. Phytophthora blight (*phytophthora capsici*) of pepper in illinois: occurrence and management. Conferencia Magistral. Segunda Convencion Mundial de Chile. Zacatecas, Zacatecas.
- Bartual, R., Lacasa A., Marsal, J. I. Y Tello J. C. 1993. Efectos epistáticos en la resistencia a *Phytophthora capsici* León en pimiento (*Capsicum annuum*). *Bol. San. Veg. Plagas*, 19: 485-490.
- Ben Ch., A. and Paran L. 2000. Genetic analysis of quantitative traits in pepper (*Capsicum annuum* L.). *J.Amer.Soc.Hort. Sci.*125:66-70.
- Bravo, L. A. G., Galindo, G. G., Amador, R. M. D. 2006. Tecnología de producción de chile seco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de investigación regional norte centro. Libro Técnico N° 5. Campo experimental Zacatecas.
- Burrow, M.D., and Coors, J. G. 1994. DIALLEL: a microcomputer program for the simulation and analysis of diallel crosses. *Agron. J.* 86:154-158.
- Cabañas C., B. 2002. New breeding lines of "Mirasol and Ancho" types peppers (*Capsicum annuum*) from Zacatecas, México. *In: 16th International Pepper Conference, Congreso Internacional de Chile.* p. 46-47.
- Consejo estatal de productores de chile, Guanajuato, S. C. 2009. <<http://www.ceprochgto.com>> Fecha de revisión: 8 de noviembre de 2009.
- Cruz, A. A.; Mendoza, Z. C. y Romero, C. S. 2000. Identificación de hongos del suelo que causan pudriciones de raíz y cuello del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el sureste del estado de México. Universidad

- Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 6:1; 25.32.
- Dorantes G. J. R. A. 2003. Efectos genéticos de la vida de anaquel en chile serrano (*Capsicum annuum* L.). Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. 75 p.
- Dorantes G. J. R. A. 2008. Estimación de parámetros genéticos en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) para características agronómicas. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. 73 p.
- Espinoza Z., C.; V. M. Castro R.; D. Gómez S. y B. Cabañas C. 2002. Performance of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse conditions in Durango, México. In 16th International Pepper Conference. Proceedings. Tampico, Tamaulipas, México. pp. 52-53.
- FAOSTAT, 2007. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Fecha de revisión: 09 de octubre de 2009.
- Fisher, I. 1992. The role of exocarp tickness in the production, consumption and selection of paprika for consumption. VIII th Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant. Capsicum Newsletter Special Issue. p. 106-109.
- Flor, H.H. 1946. Genetics of pathogenicity in *Melampsora lini*. J. Agric. Res 74:335-337.
- Fundación Produce Chihuahua A.C., 2006. Dinámica y Prospectiva de las Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología de las Cadenas Agro-Alimentarias y Agroindustriales del Estado de Chihuahua, Chihuahua. Mexico. <<http://www.producechihuahua.org>> fecha de revisión: 10 de Noviembre de 2009.
- Galindo, J.A. 1960. La marchitez de las plantas de chile en México y su agente causal *Phytophthora capsici* Leo. (Inédito).
- Galmarini, C.R. 1997. Pepper Breeding in Argentina. Capsicum Newsletter 16:27-34.
- Galmarini, C.R. & Fuligna, H. 2003. "Ucodulce INTA" nuevo cultivar de pimiento para pimentón. Actas del XXVI Congreso Argentino de Horticultura. Paraná, Octubre de 2003.
- García, M. M. 1999. Enfermedades fúngicas, bacterianas y fisiopatías. Pimientos. Capitulo 7. Edición de Horticultura. Barcelona, España. 167 p.
- Gardner, C. O., and Eberhart, S. A. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. Biometrics 22:439-452.

- Gil O. R. 1990. Resistencia a *Phytophthora capsici* León en pimiento. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1990. ISBN 84-7498-353-3
- González, S., H. Córdova, S. Rodríguez, H. De León y V. M. Serrato. 1997. Determinación de un patrón heterótico a partir de la evaluación de un dialelo de diez líneas de maíz subtropical. *Agronomía Mesoamericana* 8:1-7.
- Greenleaf, W. H. 1986. Pepper Breeding. In: Basset, J. (Ed.) *Breeding Vegetable Crops*. AVI Publishing Co. Inc. USA. p. 67-127
- Glosier B. R., E. A. Ogundiwin, G. S. Sidhu, D. R. Sicho, J. P. Prince. 2007. A differential series of pepper (*Capsicum annuum*) lines delineates fourteen physiological races of *Phytophthora*. *Euphytica*
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9:463-493.
- Guigón, L. C. y González, G. P.A. 2001. Estudio Regional de las Enfermedades del Chile (*Capsicum annuum* L.) y su Comportamiento Temporal en el Sur de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19: 49-56.
- Hallauer, A. R. and Miranda, J. B. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Second Edition. Iowa State University Press Amer. p. 102-111.
- Haynes, K. G. and Weingartner. D. P. 2004. Use of Area Under the Disease Progress Curve to Assess Resistance to Late Blight in Potato Germplasm. *American Journal of Potato Research*. 81: 137-141
- Jones, J. B., Jones, J. P., Stall, R. E., Zitter T. A. 1997. *Compendium of Tomato Diseases*. APS. PRESS. The American Phytopathological Society. p. 13-14. USA.
- IBPGR. 1983. Genetic resources of *Capsicum*. International Board for Plant Genetic Resources. AGPG/IBPGR/82/12. Rome, Italy. 49 p.
- Jeger M. J. and Viljanen, R. S. L. 2001. The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theoretical and Applied Genetics* 2001. 102: 32-40
- Johnson D. and D. E. Knaval. 1990. Inheritance of cracking and scarring in pepper fruit. *J. Amer. Soc. Hort.Sci.* 115:172-175.
- Joshi (1990)
- Lagunas, L. J., Zavaleta, M. E., Osada, K. S., Aranda, O. S., Luna, R. I., y Vaquera, H. H. 2001. *Bacillus firmus* como agente de control de *Phytophthora capsici* Leo, en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista Mexicana de Fitopatología* 19: 57-65.
- Leonian, L.H. 1922. Stem and fruit blight of peppers caused by *Phytophthora capsici* sp. nov. *Phytopathology* 12:401-408.

- Luiz, L. D. S. 2002. Heterose e capacidade de combinacao em cruzamentos dialélicos parciais de pimentao. Piracicaba. Tese (mestre)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Quiroz", Universidade de Sao Paulo, Brasil.
- Luna, R. J. de J. y Moreno, R. O. 2005. Selección y evaluación de colectas regionales de chile (*capsicum annum* l.) para resistencia genética a la marchitez por *Phytophthora capsici* en el centro de México. Segunda Convención Mundial de Chile. Zacatecas, Zacatecas.
- Macías V., L. M.; R. Velásquez V. y B. Cabañas C. 2005. Evaluación de cultivares de chile (*Capsicum annum* L.) de los tipos ancho y mirasol en Aguascalientes, México. In Segunda Convención Mundial de Chile. Zacatecas, Zacatecas, México., pp. 282- 287.
- Mather, K. and Jinks, J. L. 1977. Introduction to Biometrical Genetics. The Cornell University Press. Ithaca, N. Y.
- Martínez G., M. A.; C. Jasso Ch. y A. Ramiro C. 2004. Efecto de la aplicación de niveles de fertilización y del acolchado plástico en el rendimiento de chile guajillo VR-91. In Primera Convención Mundial del Chile. León, Guanajuato, México., pp. 236-241.
- Mejía, M. J. A. 1990. Evaluación de resistencia de cultivares criollos de Chile Dulce (*Capsicum annum*) a *Phytophthora capsici* y determinación de razas fisiológicas del hongo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 94 p.
- Mendoza, Z. C. 1999. Enfermedades Fungosas de Hortalizas y Fresa. Memorias Programa de Entomología y Acaralogía. Montecillo, Texcoco, Estado de México. Resumen, p 17.
- Messiaen, C.M., Blancard, D., Rouxel, F., y Lafon, R. 1995. Enfermedades de las Hortalizas. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 576 p.
- Mora, B.B. & Vargas, E. 1981. Evaluación de resistencia de cultivares de chile (*Capsicum* sp.) a la pudrición basal causada por *Phytophthora capsici*. Agronom. Costarr. 5:109-117.
- Moreno, P. L. y Rico, J. E. (2004), Virus Fitopatógenos en cultivos de importancia económica en el estado de Guanajuato. Instituto de Ciencias agrícolas. Universidad de Guanajuato, Mexico. Pp,143 págs.
- Nuez, V. F., Gil, O. R., y Costa G. J. 2003. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Capítulo 4. Ediciones Mundi-Prensa. España. 606 p.
- Orell, R.E.; Roncedo, L. & Correa, M.A. 2004. Yokavil INTA: un nuevo cultivar de pimiento para pimentón *Capsicum annum* var. *Annum* (L) obtenido en los Valles Calchaquíes, Amaicha del Valle, Tucumán. Horticultura Argentina 23:66.

- Patel J., A., M.R. Shukla., K. M. Doshi., B. R. Patel and S. A. Patel. 1998. Combining analysis for green fruit yields & yields components in chilli (*Capsicum annuum* L.). *Capsicum & Eggplant Newsletter* 17: 34-37. Turin, Italy.
- Peralta, I.E.; Makuch, M.; García Lampasona, S.; Occhiuto, P.N.; Asprelli, P.D.; Lorello, I.M. & Togno, L. 2008. Catálogo de poblaciones criollas de pimiento, tomate y zapallo colectadas en Valles Andinos de la Argentina. Ediciones INTA. 128 p.
- Pérez, G. M.; González, H. V. A; Peña, L. A.; Sahagún, C. J. 2009. Combining Ability and Heterosis for Fruit Yield and Quality in Manzano Hot Pepper (*Capsicum Pubescens* R & P) Landraces. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(1): 47-55.
- Pérez, M. L., Durán, O. L. J., Ramírez, M. R., Sánchez P. J. R., Olalde, P. V. 2003. Compatibilidad Fisiológica y Sensibilidad a Fungicidas de Aislamientos de *Phytophthora capsici* Leo. *Revista Mexicana de Fitopatología*, enero-julio, año/vol. 21, número 001. Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Ciudad Obregón, México. pp. 19-25
- _____, L., Durán, O. L. J., Ramírez, M. R., Sánchez, P. J. R., Olalde, P. V. 2004. Sensibilidad *in vitro* de Aislados del Hongo *Phytophthora capsici* a Fungicidas. Memorias Primera Convención Mundial del Chile. León, Guanajuato, México. Resumen, p. 144-150.
- _____, L., Casillas, B.A.S., Ramírez, M. R. 2005. El Cultivo del Chile y su Importancia Económica en el Norte del Estado de Guanajuato, México. Memorias Segunda Convención Mundial del Chile. Zacatecas, Zacatecas, México. Resumen, p. 368.
- Peterson, P. A. 1959. Linkage of fruit shape and color genes in *Capsicum*. *Genetics* 44:407-419.
- Pozo, C. O. 1981a. Descripción de tipos y cultivares de chile (*Capsicum* spp) en México. Folleto Técnico No. 77. INIA. SARH. México.
- _____. 1981b. Determinación del porcentaje de polinización cruzada en chile serrano. Resumen de la AM. Soc. For Hort. Sci. Región Tropical. Mazatlán, Sinaloa, México.
- _____, Montes, H. S. y Redondo, J. E. 1991. "Chile (*Capsicum* spp.)", en R. Ortega, G. Palomino, F. Castillo, V. González y M. Rivera (eds.) Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C., México. Pp. 217-238.
- _____ y Ramírez M. M. 2000. Centauro, híbrido de chile serrano. Memoria XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. 359 p.

- Productores de Hortalizas. 2004. Plagas y Enfermedades de Chiles y Pimientos. Guía de identificación y manejo. 38 p.
- Rico, G. L., Medina, R. S., Muñoz, S. C. I., Guevara, O. L. y Guevara, G. R. G. 2004. Detección de *Phytophthora capsici* Leonian en plantas de Chile (*Capsicum annuum* L.) mediante PCR. Rev. Méx. de Fitopatología 22: 1-6.
- Ristaino, J. B. 1990. Intraspecific variation among isolates of *Phytophthora capsici* from Pepper and cucurbit fields in North Carolina. Phytopathology 80:1253-1259.
- Rivera, C. G. 1999. Conceptos introductorios a la fitopatología. Editorial EUNED. San José, Costa Rica, Centroamérica. 308 pág.
- Robledo, G. E. I. 2005. Potencial genético de cruces inter-raciales en el mejoramiento de Chile (*Capsicum annuum* L.) Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. 62 p.
- Rodríguez, M. V. M.; Luna, R. J. de J.; Valle, G. P.; Tiscareño L. M.; Ruiz, C.J. A. 2004. Caracterización patogénica y sexual de *Phytophthora capsici* Leonian y análisis de su distribución espacial en el Centro-Norte de México mediante un sistema de información geográfica. *Revista Mexicana de Fitopatología*, enero-junio, vol. 22, número 001. Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Ciudad Obregón, México pp. 72-81
- Roig, J.M.; Lorello, I.; Della Gaspera, P. & Piccolo, R.J. 2008b. Evaluación de resistencia a *Phytophthora capsici* en germoplasma argentino de zapallo. *Horticultura Argentina* 27:43.
- Romero, C, S. 1993. Hongos Fitopatógenos. Universidad Autónoma de Chapingo. Dirección General del Patronato Universitario. Texcoco, Estado de México. 347 p.
- SAGARPA. 2008. Estadísticas agrícolas del ciclo primavera-verano. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. No. 386/02.
- Saleem, A.; Hameed, K.; Jamil, F. and Ansar, M. 1999. Screening of Capsicum germplasm against *Phytophthora capsici*. *Pak. J. Bio. Sci.* 2:459-461.
- Sanogo S., 2004. Response of Chile Pepper to *Phytophthora capsici* in Relation to Soil Salinity. *Plant disease* 88:205-209.
- Shaner G, Finney R (1977) the effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox. *Phytopathology* 67:1051-1056.
- SIAP. 2008. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. <<http://www.siap.sagarpa.gob.mx>> Fecha de revisión: 9 de noviembre de 2009.

- Singh K., R and Chaudhary, D. B.. 1977. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis . Kalyani Publishers, Ludhiana New Delhi. 301 p.
- Sprague, G. F. and Tatum, L. A. 1942. General vs Specific Combining Ability in Single Crosses of Corn. J. Amer. Soc. Agron. 34: 923-932.
- Van Der Plank, J.E., 1984. Disease Resistance in Plants. Second Edition. Academic Press, Inc. Orlando, San Diego, San Francisco, N. Y., London. p. 194
- _____, Medina A.M.M. y Macías V.L.M. 2003. Reacción de Líneas Avanzadas de Chile (*Capsicum Annuum* L.) Provenientes de Zacatecas a Enfermedades Comunes en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, enero-julio, año/vol. 21, número 001. Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Ciudad Obregón, México. pp. 71-74
- Zhang, Y. and Kang, M.S. 2003. Diallel-SAS: A program for Griffing's diallel methods. *In: Handbook of Formulas and Software for Plant Geneticists and Breeders*. M. S. Kang (ed). Food products Press. New York pp: 193-203.

APÉNDICE

Cuadro A1. 128 genotipos utilizados.

No.	ORIGEN	CLASIF	CARACTERISTICAS
1	P 22	G ch 2	T. güero
2	P 64	G ch 3	T. serrano
3	P 19	G ch 4	T. jalapeño
4	-	G ch 5	S. Fco.Calif. T. pasilla
5	-	G ch 6	T. jalapeño
6	-	G ch 7	T. pasilla
7	-	G ch 8	T. güero chico
8	-	G ch 9	T. pimientto morrón
9	P 46	G ch 11	T, p/ rellenar
10	-	G ch 10	T. pimientto morrón
11	P 3	G ch 12	Hot. T. jalapeño
12	P 5	G ch 14	Var-Hungarian yellow wax T. Guero
13	Asgrow	G ch 15	Var- Calif. wonder T. pimientto
14	Berentsen	G ch 16	Var-101 T. ancho
15	P.S.	G ch 17	Var-chili T. serrano
16	Asgrow	G ch 18	Var-Hot T. jalapeño
17	P.S.	G ch 19	Var-Anaheim TMR23 T. chilaca.
18	Cal-oro	G ch 20	Early T. jalapeño
19	Abbott y Cob	G ch 21	Var-Jupiter Lot. 41884-R7971
20	Abbott y Cob	G ch 22	Var-Hy.papeer Adra lot 717-20T
21	Abbott y Cob	G ch 23	Var-Gator-belle lot 071-5024
22	Abbott y Cob	G ch 24	ACX 90 P47 lot 1161001
23	Abbott y Cob	G ch 25	Psx 20685 lot 978090T
24	Abbott y Cob	G ch 26	Var-Bell-capitain lo 077-3-1351
25	Abbott y Cob	G ch 27	Var-ACX 89P003 lot 43127
26	Abbott y Cob	G ch 28	Var-prima belle lot 43075-1011
27	Abbott y Cob	G ch 29	Var-vidi lot 142203T
28	Abbott y Cob	G ch 30	Var-capistrano lot 058-670-1002
29	Abbott y Cob	G ch 31	Var-camelot lot 008-106-1110
30	Abbott y Cob	G ch 32	Var-predi lot 142202T
31	Abbott y Cob	G ch 33	Var-sonar lot 717872T
32	Abbott y Cob	G ch 36	Var-mayyata lot 41201
33	Abbott y Cob	G ch 38	Flavor fry lot 878992-T
34	Abbott y Cob	G ch 40	Var-neptune lot 919073-T
35	P.S.	G ch 44	Var-super cayenne lot 00901008
36	P.S.	G ch 45	PSX 200787 lot 6661003
37	P.S.	G ch 46	PSX 52585 Hercules lot 1161001
38	P.S.	G ch 47	PSX 566685 Lot. 1020 1000
39	N. K.	G ch 48	Var-marquis Lot. 41810-A9450
40	N. K.	G ch 50	Córdoba Lot. 41766-A1778
41	N. K.	G ch 51	Clouis Lot. 41774-B0620

42	Apaseo	G ch 52	T. Pasilla
43	Apaseo	G ch 53	Verdeño T. ancho
44	Apaseo	G ch 54	Criollo calif T. amcho
45	Apaseo	G ch 55	T. cambray
46	El jardín	G ch 56	Criollo T. poblano
47	El jardín	G ch 57	(% pol con jalapeño) T. serrano
48	Mesita d' leó	G ch 59	Criollo T. serrano
49	Sn Juan de A.	G ch 60	-
50	Mesita d' leó	G ch 61	T. serrano
51	Sta. Cruz	G ch 62	T. serrano
52	Paredón	G ch 63	T. serrano
53	Mecillas	G ch 64	T. serrano
54	Las Esperanzas	G ch 65	T. serrano
55	C. Exp. Eban.	G ch 66	15 M.E.T. jalapeño subtipo espinalteco
56	C. Exp. Eban.	G ch 67	18 M.E.T. jalapeño subtipo espinalteco
57	C. Exp. Eban.	G ch 68	29 M.E.T. jalapeño subtipo espinalteco
58	C. Exp. Eban.	G ch 69	30 M.E.T. jalapeño subtipo espinalteco
59	C. Exp. Eban.	G ch 70	35 M.E.T. jalapeño subtipo espinalteco
60	C. Exp. Eban.	G ch 71	38 M.E.T. jalapeño subtipo espinalteco
61	C. Exp. Eban.	G ch 72	39 M.E.T. jalapeño subtipo espinalteco
62	C. Exp. Eban.	G ch 73	E.arroyo 4 T.jalapeño subtipo espinalteco
63	C. Exp. Eban.	G ch 74	E. arroyo 13 T. jalapeño subtipo espinalteco
64	C. Exp. Eban.	G ch 75	E. arroyo 20 T. jalapeño subtipo espinalteco
65	C. Exp. Eban.	G ch 76	Jl T. jalapeño subtipo candelaria
66	C. Exp. Eban.	G ch 77	SM Cond 1 T. jalapeño subtipo candelaria
67	C. Exp. Eban.	G ch 78	SM Cond 3 T. jalapeño subtipo candelaria
68	C. Exp. Eban.	G ch 79	SM Cond 5 T. jalapeño subtipo candelaria
69	C. Exp. Eban.	G ch 80	SMJC1-2T. jalapeño subtipo candelaria
70	C. Exp. Eban.	G ch 81	SMJC10-2T. jalapeño subtipo candelaria
71	C. Exp. Eban.	G ch 82	SMJC79-2T. jalapeño subtipo candelaria
72	C. Exp. Eban.	G ch 83	SMJ-22 T. jalapeño subtipo candelaria
73	C. Exp. Eban.	G ch 84	SMJ-21 T. jalapeño subtipo candelaria
74	C. Exp. Eban.	G ch 85	SMJ-1-1 T. jalapeño subtipo candelaria
75	C. Exp. Eban.	G ch 86	SMJ-72-1 T. jalapeño subtipo candelaria
76	C. Exp. Eban.	G ch 87	SMJ-12 T. jalapeño subtipo candelaria
77	C. Exp. Eban.	G ch 88	Chiser 297 ch. T. serrano
78	C. Exp. Eban.	G ch 89	Chiser 333 ch. T. serrano
79	C. Exp. Eban.	G ch 90	Chiser 341 ch. T. serrano
80	C. Exp. Eban.	G ch 91	Chiser 366 ch. T. serrano
81	C. Exp. Eban.	G ch 92	Chiser 375 ch. T. serrano
82	C. Exp. Eban.	G ch 93	Chiser 378 ch. T. serrano
83	C. Exp. Eban.	G ch 94	Chiser 420 ch. T. serrano
84	C. Exp. Eban.	G ch 95	Chiser 432 ch. T. serrano
85	C. Exp. Eban.	G ch 96	Chiser 436 ch. T. serrano
86	C. Exp. Eban.	G ch 97	Chiser 437 ch. T. serrano
87	C. Exp. Eban.	G ch 98	Chiser 378-(II M)-(1)(2)(2)
88	C. Exp. Eban.	G ch 99	Altamira T. Serrano.
89	C. Exp. Eban.	G ch 100	Panuco (Tol a altas T°)
90	C. Exp. Eban.	G ch 101	Linea serrano 2
91	C. Exp. Eban.	G ch 102	Tampiqueño 74
92	Bupree	G ch 103	Calif Wonder T. pimiento morron.
93	NKI	G ch 104	Very-Hot T. serrano Lot. 6
94	Bupree	G ch 105	Cubanelle T.p/rellenar Lot. 6

20	26	24	60	80	100	100	100	294	490	630	700	700
21	27	46	68	80	100	100	100	399	518	630	700	700
22	28	28	56	96	100	100	100	294	532	686	700	700
23	29	24	44	88	100	100	100	238	462	658	700	700
24	30	24	44	88	100	100	100	238	462	658	700	700
25	31	8	32	76	96	100	100	140	378	602	686	700
26	32	12	24	76	100	100	100	126	350	616	700	700
27	36	24	48	76	100	100	100	252	434	616	700	700
28	38	36	48	84	100	100	100	294	462	644	700	700
29	40	24	44	80	100	100	100	258	434	630	700	700
30	44	48	60	96	100	100	100	378	546	686	700	700
31	45	46	48	84	100	100	100	329	462	644	700	700
32	46	12	40	80	100	100	100	182	420	630	700	700
33	47	32	48	88	100	100	100	280	476	658	700	700
34	48	12	32	84	96	100	100	154	406	630	686	700
35	50	16	36	88	100	100	100	182	434	658	700	700
36	51	12	36	88	100	100	100	168	434	658	700	700
37	55	36	52	64	92	100	100	308	406	546	672	700
38	57	48	60	80	100	100	100	378	490	630	700	700
39	59	0	12	28	64	72	88	42	140	322	476	560
40	60	16	32	64	92	96	96	168	336	546	658	672
41	61	12	28	76	88	96	96	140	364	574	644	672
42	62	12	40	64	92	100	100	182	364	546	672	700
43	63	32	60	60	80	96	96	322	420	490	616	672
44	64	48	60	80	100	100	100	378	490	630	700	700
45	65	32	56	72	92	92	100	308	448	574	644	672
46	66	20	48	76	100	100	100	238	434	616	700	700
47	67	44	68	80	100	100	100	392	518	630	700	700
48	68	60	64	72	84	100	100	434	476	546	644	700
49	70	16	40	80	96	100	100	196	420	686	686	700
50	71	32	56	84	96	100	100	308	490	686	686	700
51	72	48	60	96	100	100	100	378	546	686	700	700
52	73	44	48	84	100	100	100	322	462	644	700	700
53	74	28	44	92	100	100	100	252	476	672	700	700
54	75	36	56	84	100	100	100	322	490	644	700	700
55	76	48	64	80	92	100	100	392	504	602	672	700
56	77	8	48	80	92	100	100	196	448	602	672	700
57	78	20	48	72	88	100	100	238	420	560	658	700
58	79	36	56	72	88	100	100	322	448	560	658	700
59	80	48	64	76	100	100	100	392	490	616	700	700
60	82	48	56	88	100	100	100	364	504	658	700	700
61	83	48	68	92	100	100	100	406	560	672	700	700
62	85	32	56	80	100	100	100	308	476	630	700	700
63	86	56	64	84	100	100	100	420	518	644	700	700
64	87	64	72	80	100	100	100	476	532	630	700	700
65	88	68	72	80	92	100	100	490	532	602	672	700
66	89	56	72	92	100	100	100	448	574	672	700	700
67	90	28	48	64	80	80	80	266	392	504	560	560
68	92	16	40	48	72	84	100	196	308	420	546	644
69	93	32	40	60	80	88	92	252	350	490	588	630
70	95	24	32	48	60	60	72	196	280	378	420	462
71	96	20	32	56	80	96	100	182	308	476	616	686
72	97	40	56	80	100	100	100	336	476	630	700	700
73	98	28	44	80	92	96	100	252	434	602	658	686
74	99	28	40	76	96	96	100	238	406	602	672	686
75	100	32	40	72	88	96	100	252	392	560	644	686
76	102	12	36	76	92	100	100	168	392	588	672	700
77	104	40	60	84	100	100	100	350	504	644	700	700
78	105	20	32	56	72	96	100	182	308	448	588	686

79	106	24	44	88	100	100	100	238	462	568	700	700
80	107	16	24	72	92	88	92	140	336	574	630	630
81	108	4	12	48	76	84	88	56	210	434	560	602
82	109	24	28	36	60	76	80	182	224	336	476	546
83	110	40	52	84	100	100	100	322	196	644	700	700
84	111	24	48	76	100	100	100	252	434	616	700	700
85	112	40	52	76	100	100	100	322	448	616	700	700
86	115	44	56	92	100	100	100	350	518	672	700	700
87	116	40	64	92	100	100	100	364	546	672	700	700
88	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	120	0	20	44	64	84	100	70	224	378	518	644
90	121	32	44	64	92	100	100	266	378	546	672	700
91	122	12	16	44	56	60	60	98	210	350	406	420
92	123	4	8	52	52	92	100	42	210	364	504	672
93	124	36	56	80	96	96	100	322	476	616	672	686
94	125	4	16	40	56	64	76	70	196	336	420	460
95	126	4	12	80	80	96	88	56	322	560	616	644
96	127	12	24	84	92	100	100	126	378	616	672	700
97	129	32	48	64	80	96	100	280	392	504	616	686
98	130	0	8	20	48	52	52	28	98	238	350	364
99	131	0	28	56	84	100	100	98	294	490	644	700
100	132	36	48	76	100	100	100	294	434	616	700	700
101	134	40	60	80	100	100	100	350	490	630	700	700
102	136	20	40	72	96	96	100	210	392	588	672	686
103	137	40	56	100	100	100	100	336	546	700	700	700
104	138	36	52	96	100	100	100	308	518	686	700	700
105	139	36	48	76	88	100	100	294	560	574	658	700

Tomados en invernadero

Cuadro A4. Datos de inoculación de las 15 cruzas resultantes.

Cruzas	7 días					14 días					21 días					28 días					35 días					42 días				
4*6	0	1	1	0	1	4	2	4	2	0	5	3	4	3	0	5	3	5	5	3	5	4	5	5	4	5	5	5	5	
4*8	1	2	3	4	4	3	3	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
4*16	1	1	1	4	2	1	1	3	4	3	4	1	3	4	5	5	1	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	
4*118	1	2	2	2	0	2	2	2	2	0	2	3	3	2	1	3	3	3	2	1	3	3	3	3	1	3	3	3	2	
4*130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	3	2	2	3	3
6*8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	
6*16	1	0	0	0	0	4	1	1	1	1	5	2	2	2	2	5	3	3	3	3	3	5	4	4	4	4	5	5	5	5
6*118	1	0	1	0	0	2	0	2	1	1	3	0	4	2	4	5	1	5	3	5	5	1	5	4	5	5	2	5	4	5
6*130	0	0	1	0	1	0	0	1	0	3	0	1	1	0	4	1	4	2	2	5	2	4	2	2	5	3	5	3	4	5
8*16	1	2	3	4	5	2	3	3	5	5	3	4	3	5	5	4	4	3	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	
8*118	0	0	1	0	0	0	2	2	1	0	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3
8*130	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	2	1	2	2	1	3	2	3	3	2	5
16*118	1	1	1	1	0	3	1	1	1	0	3	2	2	1	0	3	2	2	1	0	4	3	3	2	1	5	4	4	3	3
16*130	2	3	2	3	2	5	5	2	4	2	5	5	1	4	2	5	5	2	4	2	5	5	3	5	3	5	5	4	5	5
118*130	0																													

Tomados en invernadero

Foto A1. Genotipo 118



Foto A2. Cruza F1, 118 X 130.

