

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE QUÍMICA

PROGRAMA DE POSGRADO EN ALIMENTOS DEL
CENTRO DE LA REPÚBLICA
(PROPAC)

MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

"IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FUENTES DE RESISTENCIA
GENÉTICA A CENICILLA (*Podospaera emend.*) EN ALBARICOQUERO
(*Prunus armeniaca* L.)"

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Presenta

Q.F.B HAYDEÉ BAUTISTA DE LEÓN

Dirigida por

DR. SALVADOR PÉREZ GONZALÉZ

Sinodales

Dr. Salvador Pérez González
Presidente

Dr. Ramón A. Martínez Peniche
Secretario

Dr. Candelario Mondragón Jacobo
Vocal

Dr. Edmundo Mercado Silva
Suplente

M.C José Castillo Tovar
Suplente

M. en C. Gustavo Pedraza Aboytes
Director de la Facultad de Química

Dr. Sergio Quesada Aldana
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro. Abril de 2005
México

No. Adq. H69848
No. Título _____
Clas. TS
634.216
B352i

[Faint, illegible handwritten text]

[Faint, illegible handwritten text]



**Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Química**

**Programa de Posgrado en Alimentos
del Centro de la República
(PROPAC)**

Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

**“Identificación y caracterización de fuentes de
resistencia genética a cenicilla (*Podosphaera emend.*)
en albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.)”**

Tesis

**Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ciencia y Tecnología de los Alimentos**

Presenta

Q.F.B. Haydeé Bautista De león

Santiago de Querétaro, Qro., Abril del 2005

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por permitirme ser lo que soy y rodearme de gente valiosa en todo momento. Eres un pilar muy fuerte y grande que ha trascendido en mi vida. Tú sabes por qué te lo digo.

A mi madre: Katty De León

Gracias antes que nada por ser mi amiga, confidente y mi madre. Por enseñarme a valorar y amar todo lo que me rodea y darme la libertad junto con mi papá de tomar las riendas de mi vida. De ti he aprendido a puro ejemplo que lo mas anhelado o querido se consigue con entrega, dedicación y ganas de hacerlo. Te agradezco por ser la madre cariñosa, comprensiva, complaciente, entregada y ruda a la vez porque me ha hecho crecer como persona.

A mi padre: Ángel Bautista .

Que me ha dicho que los grandes logros inician con gran sueño y se construyen esforzándose diariamente. De ti he aprendido que las cosas se hacen en éste momento y no se dejan para el mañana. Me has enseñado que el no se puede!!! no debe existir en nuestro vocabulario y hay que ir siempre por el SI!! verdad Papi?. El conocimiento es de todos, por lo tanto siempre hay que luchar por nuestras metas y valores. Gracias por apoyarme en todo momento, por ser mi amigo y por cuestionar todo lo que hago.

A mis compañeros de toda mi vida

Migue, Bethy y Morenita!!

Les agradezco infinitamente por ser mis amigos mas fieles y mis peores jueces. He aprendido con ustedes que la unión en una familia se lleva acabo mediante los acuerdos y la plática. Y que "no hay peor lucha que la que no se hace". Gracias por animarme en todo momento y más aún en los momentos de angustia y desesperación.

A mis abuelitas: **María y Panchita**. Y a mis tíos Male y Chemita, Manuel y Yariela, que me han visto crecer y me han apoyado siempre. Gracias.

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A mis grandes amigos

Los de la casa:

Javier, Esme, Lupita y Estela que han dejado huella en mi vida y me han enseñado cómo afrontarla cuando las situaciones se tornan complicadas. Más que amigos son parte de mi familia. A Polo, Criss, y Chepis que durante este convivio me dieron grandes lecciones y me enseñaron con mayor claridad lo que es querer y admirar a la gente como un todo. A Carlos A. que aunque fue poco el tiempo que convivimos, me enseñaste buenas lecciones y de paso me sugeriste no tomarme las cosas tan a pecho.

Los de Puebla

Brenda, Javier y Adrián, por esas llamadas tan oportunas cuando tuve los momentos más difíciles en Querétaro. A Arge, Mary, Alexandro y Armando por tenerme siempre presente y apoyarme.

A los bibliotecarios

Dn. Toño, Benjamín y particularmente a Mariana. Por dejarme conocerlos un poco; a ustedes quiero agradecerles que siempre han estado al servicio de todos nosotros, los estudiantes.

A Carmelita y Laurita (secretarias), Dn. Mario, el Maestro Rico (CEACA), a todos los del laboratorio de Fisiología y Bioquímica de Poscosecha de Frutas y Hortalizas, especialmente a Deya, Mago y Lud por su convivencia.

A Estela Vázquez Barrios

A quien quiero agradecer especialmente ya que me supo orientar y cuestionar en la redacción de este trabajo. Muchas gracias amiga por dejarme aprender de ti y junto a ti.

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme el apoyo económico para realizar mis estudios de maestría.

Al Dr. Fausto Tejeda Trujillo

Por creer en mi y apoyarme al ingresar a este posgrado. Muchas gracias.

Al Dr. Chava, mi asesor

Que me enseñó que la investigación debe hacerse aplicada tratando de beneficiar a aquellos que viven labrando la tierra. Es usted un gran ser humano.

Al Dr. Peniche

Por su toque tan especial y atinado de ver las cosas. Gracias por sus comentarios y sobre todo por el apoyo que siempre me brindó durante mi estancia en este posgrado.

Al Dr. Mercado

Que gracias a sus comentarios pude mejorar este trabajo y me di cuenta que seguimos en proceso de aprendizaje.

Al Dr. Mondragón y al maestro Castillo

Por sus sugerencias y el apoyo brindado en este trabajo. Además quiero agradecer al Dr. Mondragón por darme la oportunidad de trabajar con él y conocer más acerca del campo.

Al Dr. Limón y Eleazar del Laboratorio de Propiedades Estructurales y Microscopía del CINVESTAV- Juriquilla, así como al **Dr. Juan Antonio Torés**, científico titular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas Estación Experimental "La Mayora" - España.

Gracias a todos por apoyarme y guiarme en algún (os) momento (os) importante (s) para mí.

El presente trabajo de investigación fue desarrollado en el Laboratorio de Fisiología y Bioquímica de Poscosecha de Frutas y Hortalizas de la Universidad Autónoma de Querétaro, bajo la dirección del Dr. Salvador Pérez González y el Dr. Ramón Álar Martínez Peniche, ambos profesores e investigadores del Programa de Posgrado en Alimentos del Centro de la República (PROPAC) de la Facultad de Química.

RESUMEN

Debido a que la producción del albaricoque en México no satisface la demanda nacional, anualmente se importa más de 95 % de lo que se consume, a pesar de que en el centro y norte del país se cuenta con condiciones óptimas para su cultivo. Los principales factores que limitan la producción de albaricoque en el país son la falta de acumulación de frío durante el letargo, las heladas tardías, el deficiente manejo de los huertos, las plagas y las enfermedades. Se estima que la cenicilla (*Podosphaera emend.*) provoca pérdidas que van de 30 a 80 % en el centro del país. La utilización de fungicidas no es accesible a la mayoría de fruticultores, por lo que es importante desarrollar variedades resistentes y que estén adaptadas a las condiciones ecológicas locales. El objetivo de este trabajo fue evaluar la resistencia a cenicilla de una amplia gama de recursos genéticos de albaricoque, así como su adaptación local y la calidad de su fruta. La resistencia a cenicilla se evaluó en plantas establecidas en Huimilpan, Querétaro, así como en otras fuentes introducidas de Europa meridional y del suroeste de Estados Unidos, por medio de ensayos en el campo, en invernadero y en laboratorio, registrando la incidencia y la severidad del hongo. Para las evaluaciones en campo e invernadero, se determinó el daño por cenicilla en plantas inoculadas con 7×10^4 esporas/mL, y en hojas y frutos de plantas inoculadas de forma natural. La resistencia a cenicilla también se evaluó en hojas aisladas en el laboratorio. La adaptación de los genotipos en el campo se determinó con base en su época de floración y rendimiento. La adaptación en el laboratorio se estimó mediante el estudio de las diferencias en la germinación de las semillas y, en invernadero, por la capacidad de brotación y longitud de los brotes. El genotipo H7-3 se mostró inmune en las evaluaciones realizadas en el invernadero. Asimismo, los frutos de H7-9 no presentaron daño alguno por cenicilla. Los materiales mejor adaptados a Huimilpan fueron H10-26, H10-21 y Casa 2, con más de 240 frutos/árbol. Se observó una correlación positiva ($r = 0.6$) entre la época de floración y la velocidad de germinación de las semillas. El genotipo que mostró la mejor calidad fue H28-4 con frutos de 49.9 g, 16.1 % de sólidos solubles, 0.42 % de ácido málico y la mayor aceptación por los panelistas; además, su resistencia a cenicilla fue relativamente buena ($I = 14\%$), aunque su rendimiento resultó bajo (21 frutos/árbol).

Palabras clave: albaricoque, *Podosphaera emend*, resistencia a enfermedades, adaptación, calidad de fruta.

ABSTRACT

As apricot production in Mexico doesn't satisfy the national demand; more than 95 % of the annual national consumption needs to be imported, even if the highlands of central and northern Mexico have optimal conditions for its production. Main factors limiting apricot production in the country are insufficient chilling accumulation during rest, late winter frosts, deficient orchard management practices, pests and disease. Losses derived from damage induced by powdery mildew (*Podosphaera emend.*) in Central Mexico are estimated from 30 to 80 %. The utilization of fungicides is not accessible for most of fruit growers and so, it is important to develop resistant varieties adapted to the local ecological conditions. The objective of this work was to evaluate the resistance to powdery mildew of a large range of genetic resources of apricots as well as their adaptation to local climate and the quality of their fruits. The evaluation of the resistance to powdery mildew was realized on apricots established in Huimilpan, Queretaro, as well as on other genetic resources introduced from southern Europe and the southwest of the USA, by means of field, greenhouse and laboratory assays, where the incidence and the severity of the fungus were recorded. For the field and greenhouse assays, damage produced by powdery mildew was evaluated in plants inoculated with 7×10^4 spores / mL, and in leaves and fruits of plants naturally inoculated. The resistance to powdery mildew was also studied in isolated leaves in the laboratory. Field adaptation was evaluated in terms of blossom season and yield. Adaptation was estimated in laboratory through seed germination and, in the greenhouse, through differences in budbreak and shoot length. H7-3 showed immunity in the greenhouse evaluations. Likewise, fruits of H7-9 did not show any damage by powdery mildew. Best samples adapted to Huimilpan were H10-26, H10-21 and Casa 2 with more than 240 fruits/tree. A positive correlation ($r = 0.6$) between blossom season and seed germination velocity was observed. H28-4 showed the best quality with fruits of 49.9 g, 16.1 % of total soluble solids, 0.42 % of malic acid and the highest acceptance by panelists; in addition, its resistance to powdery mildew was relatively good ($I = 14$ %), but its yield resulted low (21 fruits/tree).

Key words: apricot, *Podosphaera emend.*, disease resistance, adaptation and fruit quality.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1. Generalidades del albaricoquero	3
2.1.1. Origen	3
2.1.2. Importancia del cultivo	5
2.1.2.1. Producción mundial	5
2.1.2.2. Producción nacional	7
2.1.3. Aspectos botánicos	7
2.1.3.1. Taxonomía	7
2.1.3.2. Anatomía	8
2.1.3.3. Fisiología	9
2.1.4. Aspectos hortícolas	13
2.1.4.1. Requerimientos generales del cultivo	13
2.1.4.2. Adaptación al clima	13
2.1.4.3. Suelo	14
2.1.4.4. Propagación	14
2.1.4.5. Plagas y enfermedades	15
2.2. Generalidades de la cenicilla	16
2.2.1. Factores ambientales que propician la enfermedad	16
2.2.2. Ciclo biológico de la cenicilla	17
2.2.3. Mecanismos de sobrevivencia	18
2.2.4. Relación patógeno-huésped	20
2.3. Mejoramiento genético de albaricoquero	21
2.3.1. Métodos clásicos de mejoramiento en albaricoquero	21
2.3.2. Criterios de selección	22
2.3.2.1. Ampliación del calendario de recolección	22
2.3.2.2. Mejoramiento de la calidad de la fruta	23
2.3.3. Resistencia a enfermedades	23
2.3.3.1. Tipos de resistencia	24

2.3.4. Métodos para evaluar la resistencia a enfermedades	25
2.3.4.1. En el campo	25
2.3.4.2. En el invernadero	26
2.3.4.3. En el laboratorio	27
2.3.4.4. Métodos combinados propuestos para evaluar la resistencia a cenicilla.	28
OBJETIVOS	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. Características de los sitios experimentales	31
3.2. Estrategia experimental	31
3.3. Evaluación de la resistencia a cenicilla	32
3.3.1. Colecta del inóculo	32
3.3.2. Identificación y conservación del patógeno	32
3.3.3. Evaluación en el campo	34
3.3.3.1. Selección de los árboles <i>in situ</i>	34
3.3.3.2. Diseño del experimento en el campo	35
3.3.3.3. Evaluación en los frutos	36
3.3.3.4. Diseño del experimento en fruto	36
3.3.4. Evaluación de plantas en el invernadero	36
3.3.4.1. Inoculación natural	37
3.3.4.2. Inoculación artificial	37
3.3.4.3. Diseño del experimento en invernadero	37
3.3.5. Evaluación en el laboratorio	38
3.3.5.1. Evaluación de la resistencia a cenicilla <i>in vitro</i>	39
3.4. Evaluación de las posibilidades de adaptación	40
3.4.1. Velocidad de la germinación	40
3.4.1.1. Diseño del experimento en la fase de semilla	41
3.4.2. Evaluación de las plantas después del primer periodo de reposo	42
3.4.2.1. Diseño del experimento en la fase de planta	42
3.4.3. Evaluación de árboles en el campo	43
3.4.3.1. Diseño del experimento en árboles establecidos en el campo	44
3.5. Caracterización de la calidad de frutos de albaricoques	44
3.5.1. Tamaño y peso del fruto	44
3.5.2. Color	44
3.5.3. Sólidos Solubles Totales (°Bx)	45
3.5.4. Acidez total titulable	45
3.5.5. Diseño del experimento de la calidad de la fruta	46
3.5.6. Evaluación sensorial	46

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. Identificación del estado conidial de la cenicilla	48
4.2. Determinación de la resistencia a cenicilla	50
4.2.1. Evaluación en el campo	50
4.2.1.1. Evaluación en la fruta	51
4.2.2. Evaluación de resistencia en plantas cultivadas en el invernadero	53
4.2.2.1. Infección con inóculo natural	53
4.2.2.1.1. Evaluación de plantas en invernadero en 2002	53
4.2.2.1.2. Evaluación de plantas en invernadero en 2003	57
4.2.2.2. Inoculación artificial	58
4.2.3. Evaluación de la resistencia a cenicilla en el laboratorio	59
4.2.3.1. Conservación de hojas <i>in vitro</i>	59
4.3. Determinación de las posibilidades de adaptación de genotipos de albaricoquero	63
4.3.1. Evaluación durante la germinación de las semillas	63
4.3.2. Determinación de los requerimientos de frío a nivel de plantas	66
4.3.3. Evaluación de la adaptación de árboles en el campo	67
4.4. Evaluación objetiva de la calidad de la fruta	70
4.4.1. Evaluación del color del fruto	72
4.4.2. Evaluación sensorial de los frutos	73
V. CONCLUSIONES	76
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	79
VII. APÉNDICE	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
2.1. Producción de albaricoquero por países	6
2.2. Clasificación taxonómica del albaricoquero o chabacano	8
2.3. Principales enfermedades de <i>Prunus armeniaca</i> L.	16
3.1. Características generales de los árboles de albaricoquero establecidos en Huimilpan, Qro. y evaluados en 2003	35
3.2. Clave y origen de los genotipos de albaricoquero evaluados en 2002	37
3.3. Número de semillas evaluadas en siete genotipos de albaricoquero en 2002	41
3.4. Escala del Índice de brotación (IB) en plantas	42
3.5. Escala de la época de floración (EF) en árboles de albaricoquero	43
3.6. Escala de evaluación de la intensidad de floración (IF)	43
4.1. Porcentaje de daño por cenicilla en hojas de albaricoquero inoculadas con 7×10^4 esporas/ mL (2 ramas por árbol)	50
4.2. Incidencia y severidad de cenicilla en frutos de albaricoque evaluados bajo condiciones de inóculo natural	52
4.3. Porcentaje de daño por cenicilla en plantas de albaricoquero evaluadas con inóculo natural durante cuatro semanas	54
4.4. Porcentaje de daño por cenicilla en plantas de albaricoquero evaluadas con inóculo natural durante tres meses	55
4.5. Distribución del daño ocasionado por cenicilla en plantas de albaricoquero evaluadas con inóculo natural en el invernadero durante tres meses	56
4.6. Porcentaje de daño por cenicilla en plantas de albaricoquero evaluadas con inóculo natural durante dos meses	58
4.7. Porcentaje de daño por cenicilla observada en plantas juveniles de cinco genotipos de albaricoquero inoculadas en el invernadero con 7×10^4 esp/ mL	59
4.8. Porcentaje de muerte de hojas de albaricoquero desinfectadas con NaClO en función del periodo de exposición	61

4.9. Porcentaje acumulado del desarrollo de cenicilla en hojas juveniles completas inoculadas por raspado de conidios	62
4.10. Germinación y periodo para alcanzar el 80 % de semillas germinadas en genotipos de albaricoquero a 5- 7° C	64
4.11. Época de floración parental y número de días requeridos para alcanzar 80 % de germinación en genotipos de albaricoquero	65
4.12. Longitud de brote e índice de brotación de genotipos de albaricoquero después de cuatro semanas después de extraídas del tratamiento de frío (5-7° C)	67
4.13. Época de floración y producción de diversos materiales de albaricoque establecidos en Huimilpan, Qro.	68
4.14. Época de floración, producción y resistencia del fruto a la cenicilla de diversos materiales de albaricoquero	69
4.15. Peso, largo x ancho, sólidos solubles (SST) y acidez total titulable (AT) en diversos genotipos de albaricoquero.	71
4.16. Evaluación del color en frutos de diversos genotipos de albaricoque	72
4.17. Evaluación sensorial de 16 genotipos de albaricoque ordenados con base en su incidencia a cenicilla	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
2.1. Dispersión del albaricoquero en el mundo	4
2.2. Curva de crecimiento de un fruto de duraznero tardío cv. Kakamas	12
2.3. Fases de desarrollo de la cenicilla en el albaricoquero	19
3.1. Metodología general de trabajo	33
4.1. Observación macroscópica (a) y estereoscópica (b) de albaricoquero (genotipo Pueblito) susceptible a cenicilla	48
4.2. Observación microscópica de esporas de <i>P. emend</i> (preparación en fresco)	49
4.3. Observaciones del desarrollo de los conidios de cenicilla en (a) Estereoscopio y (b) Microscopia electrónica de barrido (MEB) ubicados en ángulo recto de su hospedero	49
4.4. Correlación entre la época de floración de albaricoqueros y el tiempo de germinación de 80 % de sus semillas	66
4.5. Asociación entre las variables evaluadas en 16 genotipos de albaricoque	75

I. INTRODUCCIÓN

El albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.) produce un fruto de amplio consumo en México que se caracteriza por su peculiar sabor y por sus cualidades nutrimentales y terapéuticas (Walnut, 1995). Éste se cultiva en regiones templadas y se le encuentra ampliamente distribuido en zonas altas y soleadas entre 25° y 55° de latitud norte y sur. Más de 80 % de la superficie plantada de albaricoquero se encuentra establecida en regiones mediterráneas. Para el año 2003, la producción mundial fue de 2,529,259 ton, siendo los principales países productores: Turquía, Irán y España. Según la estadística más reciente, en México se dedican solamente 433 ha para su cultivo, con una producción anual promedio de 2,067 ton. Los principales estados productores son: Sonora, Zacatecas, Guerrero, Puebla y Durango (SAGARPA, 2000). En diversas regiones, incluido el centro del país, se cuenta con condiciones climáticas adecuadas para su cultivo, tales como un invierno definido, temperaturas que permiten la maduración de los frutos y ausencia de heladas primaverales que hacen que se lleve a cabo una adecuada fecundación y desarrollo de los frutos; sin embargo, la producción anual de albaricoque no es suficiente para satisfacer la demanda nacional, por lo que es necesario importar alrededor de 95 % de la fruta que se consume en el país (FAO, 2000).

Otros factores que inciden en el desarrollo de esta especie incluyen la utilización de técnicas adecuadas de cultivo (poda, fertilización, raleo, entre otros), así como el control de plagas y enfermedades. Entre las enfermedades de origen fúngico que se presentan en el albaricoquero destaca por su importancia económica, tanto en México como en otros países productores, la cenicilla provocada por dos especies del género *Podosphaera*.

La cenicilla afecta tanto al follaje como al fruto y representa una seria amenaza para los cultivares susceptibles, debido a que propicia mermas en el rendimiento y en el valor comercial de los frutos. El crecimiento del hongo se observa sobre la superficie de los órganos afectados como manchas blancas a grises con aspecto polvoriento, debido a esta particularidad se deriva el nombre de la enfermedad de “cenicilla blanca o polvorienta”. Las condiciones ambientales con mayor influencia en el desarrollo de la cenicilla son los días cálidos, las noches frías y la presencia de rocío en el follaje (Pataky, 1987).

El principal método de control de la cenicilla, y de otras enfermedades, es el uso de fungicidas los cuales, además de incrementar los costos de producción, pueden propiciar la contaminación del medio ambiente y la aparición de razas fisiológicas del hongo resistentes al fungicida (Mondino, 2001). Entre las alternativas para el control de enfermedades, destacan el control biológico y el genético. El primero consiste en la manipulación directa o indirecta de microorganismos por parte del hombre. Este método es seguro pero puede resultar caro y no siempre es posible contar con un organismo capaz de controlar significativamente al patógeno. Por su parte, el control genético se basa en la selección de genotipos resistentes al patógeno, éste a diferencia del anterior, tiene la ventaja de ser económico.

La resistencia a enfermedades en las plantas puede ser evaluada a partir de métodos *in vitro*, en invernadero o vivero y en el campo, inoculando el patógeno de diferentes formas, como: raspado de conidios, inoculación de micelio y preparación de suspensiones del patógeno a concentraciones conocidas. Otra forma de evaluar la resistencia es a través de métodos *in vivo*, monitoreando el daño producido por el hongo bajo condiciones de inóculo natural.

En la región central de México se cuenta con bancos de germoplasma de albaricoquero que poseen colectas de materiales provenientes de distintas partes del mundo, lo que representa un potencial para detectar posibles fuentes de resistencia a la cenicilla; lo que sería benéfico para los fruticultores porque les permitiría reducir las pérdidas económicas ocasionadas por la enfermedad y así evitar el uso indiscriminado de fungicidas.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la resistencia a cenicilla, la calidad de la fruta y las posibilidades de adaptación de distintos genotipos de albaricoquero.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades del albaricoquero

2.1.1. Origen

De acuerdo al botánico ruso Vavilov, el albaricoquero conocido también como chabacano es originario de Asia, donde presenta tres centros de origen: de China, de Asia Central y del Cercano Oriente (Layne *et al.*, 1996). China está considerado como el país más ancestral de esta especie (desde 2, 200 a.C.) donde crece de manera silvestre (Walnut, 1995). Aparentemente el albaricoque se desplazó desde Asia Central hasta Irán durante el siglo IV a.C, como parte del intercambio económico, cultural y militar de Alejandro Magno en sus expediciones hacia el Turkestán. Parece ser que la expansión de la especie hacia Europa ocurrió en dos épocas. La primera en el siglo I a.C. en que la especie fue distribuida por los romanos durante las guerras con los persas y, la segunda, cuando el albaricoquero se extendió de Roma al resto del continente de manera lenta y esporádica, llegando a España en los siglos II a IV d.C. (Fig. 2.1). Poco antes del año 1000, los árabes lo introdujeron a Francia meridional, de donde tardó cinco siglos en llegar a otras regiones francesas (valle de Loira, del Ródano y Provenza). Presumiblemente, en la edad media, el albaricoquero había encontrado su zona idónea en Italia, en la región vesubiana donde un escritor napolitano lo describió en el año 1500 (Rodríguez, 1995; Layne *et al.*, 1996).

Por los estudios realizados por Kostina (1969, citado por Mehlenbacher *et al.*, 1990) en colecciones de albaricoque se distinguen cuatro grandes grupos de materiales según el origen geográfico y adaptación de la especie:

1. Dzungar-Trasylian: Es el grupo más primitivo de todos, procede del cercano Oriente, Mar Caspio y China; se caracteriza por sus elevados requerimientos de frío.
2. Asia Central: Es el grupo más antiguo y de mayor diversidad de formas; este grupo incluye albaricoqueros de regiones locales de Afganistán, Baluchistán, Pakistán, entre otros.

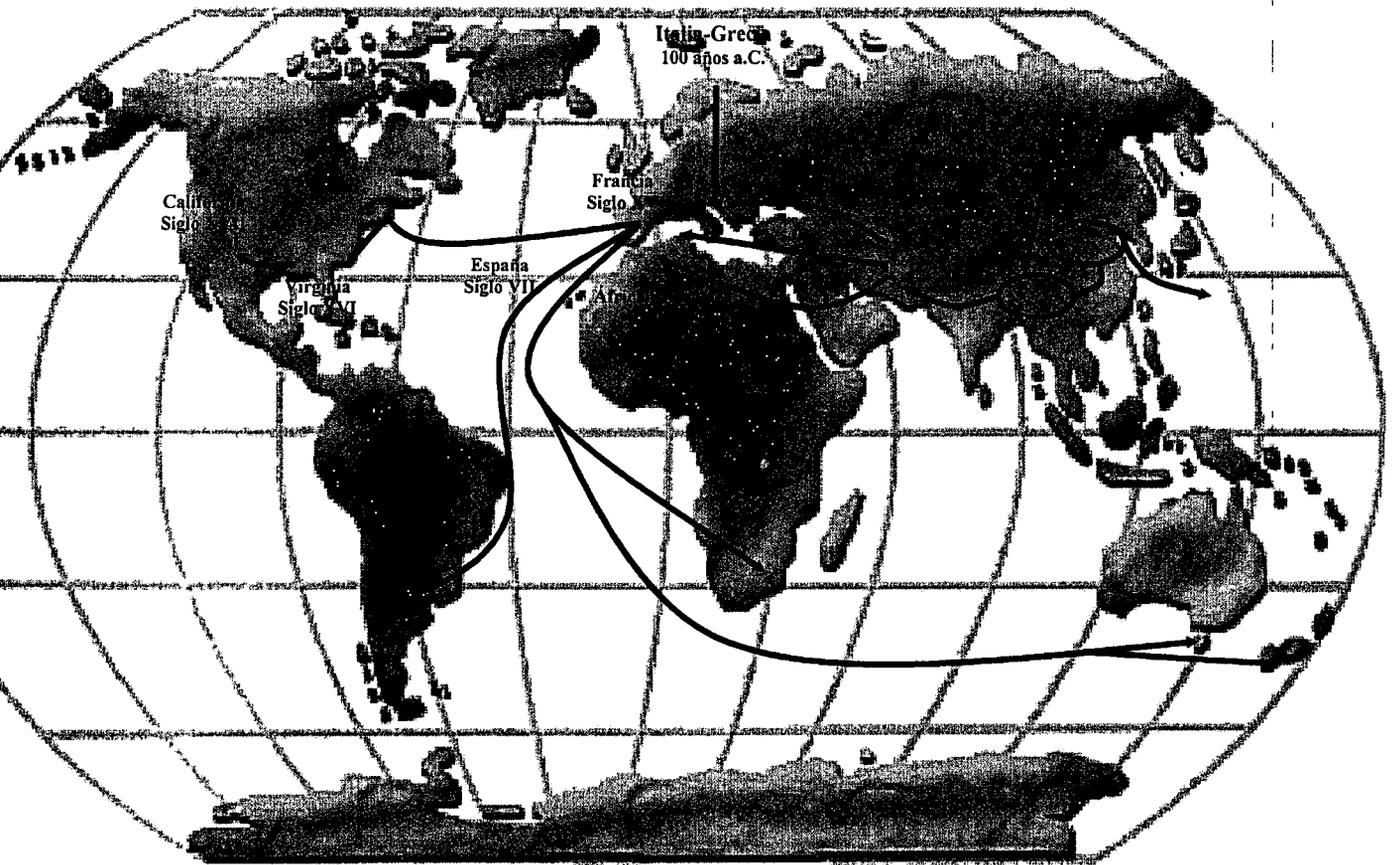


Figura 2.1. Dispersión del albaricoquero en el mundo

(Lichou y Audubert, 1992)

3. Irano-Caucásico: Incluye selecciones locales de Armenia, Irán, Turquía, África e Italia; son árboles poco longevos y vigorosos, con bajos requerimientos de frío.
4. Europeo: Es el grupo más reciente y con menor diversidad, éste comprende variedades de Norteamérica, Sudáfrica, y Australia.

El albaricoque fue introducido a nuestro país junto con el durazno y el manzano por los españoles después de la conquista. Probablemente este frutal fue llevado a Estados Unidos por los colonos Ingleses a la costa Este y fue difundido a California por los misioneros españoles (Mondragón *et al.*, 2004).

2.1.2. Importancia del cultivo

2.1.2.1. Producción mundial

El albaricoquero es una de las especies del género *Prunus* más importantes en el mundo. Más de 80 % del área cultivada está restringida a climas mediterráneos (Badenes *et al.*, 1998). La producción mundial reportada en el año 2003 fue de 2, 529, 259 ton; siendo los principales países productores: Turquía, Irán y España, los cuales generaron 34 % del total mundial (FAO, 2003), aunque la producción fluctúa entre países y años (Tabla 2.1).

El reducido número de cultivares de albaricoquero disponibles para climas subtropicales ha conducido a la exploración de los recursos genéticos que permitan extender su cultivo a nuevas regiones ecológicas. El predominio de uno o dos cultivares en cada área de producción propicia que éstos sean vulnerables a enfermedades y plagas de otras regiones, marcando grandes fluctuaciones en la producción. La mayoría de las variedades de albaricoquero cultivadas en el mundo provienen de España, Italia, EE.UU., Grecia, Francia, Marruecos, Hungría, Rumania, Sudáfrica, Bulgaria, Australia, Argelia y Yugoslavia. Estos cultivares pertenecen al grupo europeo, el cual se reconoce por tener una base genética muy estrecha (Kostina, 1969 citado por Mehlenbacher *et al.*, 1990).

Tabla 2.1. Producción de albaricoquero por países

País	Producción (ton)		
	2001	2002	2003
Turquía	470,000	315,000	440,000
Irán	282,890	284,000	284,000
España	134,767	119,200	142,300
Pakistán	124,675	125,000	125,000
Francia	103,164	171,801	111,000
Italia	193,828	200,110	108,539
Siria	66,023	100,902	100,900
Marruecos	104,300	86,200	97,950
Estados Unidos de América	74,840	81,650	88,810
Ucrania	44,000	85,000	80,000
Federación de Rusia	50,000	80,000	75,000
Grecia	68,485	74,664	75,000
China	83,956	72,218	73,218
Argelia	67,724	73,733	70,000
Egipto	71,191	70,765	70,765
Sudáfrica	62,722	66,386	66,386
Uzbekistán	43,000	45,700	43,000
Líbano	19,600	39,300	30,000
Tayikistán	29,100	30,000	30,000
Serbia y Montenegro	15,964	13,777	27,603
Argentina	24,688	25,000	25,000
Túnez	25,000	25,000	25,000
Chile	20,500	23,000	22,000
Australia	20,000	20,000	20,000
Rumania	28,316	18,300	42,591
Libia	16,500	17,000	17,000
Kirguistán	16,500	14,900	14,500
Bulgaria	12,920	13,000	13,000
Turkmenistán	13,500	13,000	13,000
Israel	9,900	13,400	9,200
México	1,619	2,079	2,079
Otros	178,657	166,900	186,418
Total Mundial	2,478,329	2,486,985	2,529,259

(FAO, 2003)

2.1.2.2. Producción nacional

Según las estadísticas más recientes, el albaricoquero se encuentra disperso en México en las zonas altas y soleadas, entre 1,800 y 2,500 msnm a 25° y 55° Latitud Norte y Sur (Mondragón *et al.*, 2004). Los principales estados productores son Sonora, Zacatecas, Guerrero, Puebla y Durango (SAGARPA, 2000).

La superficie dedicada al cultivo del albaricoquero en México es de 433 ha, con un rendimiento promedio de 3.33 ton/ha y con una producción anual de 2,067 ton. (SAGARPA, 2000). Durante la primavera se cosecha la producción nacional, la cuál no es suficiente para satisfacer la demanda, por lo que es necesario importar más de 95 % de la fruta que se consume en el país. En el verano se importa fruta de California, y en invierno de Chile (Pérez, 1995; FAO, 2000; Mondragón, *et al.*, 2004).

No existen reportes recientes sobre el destino de la producción nacional; sin embargo, se estima que cerca de 60 % se destina a la industria y el resto se consume como fruta de mesa (Conafrut, 1980). El albaricoque se utiliza como materia prima en la elaboración de jugos, mermeladas, jaleas, alimentos infantiles, fruta deshidratada, licores y ates. Como producto fresco, su consumo es regional, destinándose un bajo porcentaje a los principales centros urbanos (INEGI, 1998). Pérez reportó en 1995 un incremento en la demanda nacional de albaricoque; actualmente no se tiene registrado el consumo *per capita*, pero se estima que es mayor. Particularmente en el mercado existe poca competencia de la fruta debido a la escasa oferta, lo que se asocia generalmente con altos precios (Mondragón, *et al.*, 2004).

2.1.3. Aspectos botánicos

2.1.3.1. Taxonomía

El albaricoquero es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia *Rosaceae*, a la subfamilia *Prunoideae*, al género *Prunus* y subgénero *Prunophora* Focke. La subfamilia *Prunoideae* agrupa 200 especies (Mauseth, 1995), entre las que destacan el durazno (*Prunus persica*), la nectarina (mutante de durazno sin pubescencia en el fruto), el ciruelo (*Prunus salicina*), el cerezo (*Prunus avium*), el almendro (*Prunus amygdalus*) y el albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.). El subgénero *Prunophora* Focke está integrado por el ciruelo y el albaricoquero. Se conocen seis especies de albaricoquero, pero la más común es

P. armeniaca (Linneo) también conocida como *Armeniaca vulgaris* (Lamark) (Cronquist, 1981; Ryugo, 1993; Westwood, 1993; Gil, 1999; Avitia y Castillo 2002). La Tabla 2.2 resume la clasificación taxonómica de esta especie.

Tabla 2.2. Clasificación taxonómica del albaricoquero o chabacano

Reino	<i>Plantae</i>
Superdivisión	<i>Traqueophytae</i>
División	<i>Pterophytae</i>
Subdivisión	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicotyledoneae (Magnoliopsida)</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Subfamilia	<i>Prunoideae</i>
Género	<i>Prunus</i>
Subgénero	<i>Prunophora</i> Focke
Especie	<i>P. armeniaca</i> L (Linneo)

(Forte, 1992)

2.1.3.2. Anatomía

El albaricoquero es un árbol de porte globoso que puede alcanzar entre 3 y 7 m. de altura, su tronco es erguido, de corteza parda, rugosa y agrietada, con hojas brillantes y alternas y raíz pivotante. Las hojas pueden ser septadas, ovaladas o elípticas, a menudo en forma de corazón y con largos pecíolos rojizos y de una a cinco glándulas. Las flores son hermafroditas, pero pueden presentar autoincompatibilidad de polen y estigma (principalmente las variedades cultivadas al norte de África) (Egea *et al.*, 1988). Las flores suelen ser de color blanco o ligeramente rosadas, solitarias o reunidas en grupos de dos o tres. El albaricoquero es una planta histeranta, es decir, que la floración precede a la emisión de las hojas a finales del invierno o al comienzo de la primavera (Forte, 1992).

El fruto es una drupa (fruto monocarpelar con epicarpio o piel, mesocarpio carnoso y endocarpio o hueso) de forma esférica u oval dividido por un surco central, con un color amarillo más o menos intenso (Forte, 1992; Font, 2000). La pulpa es de color amarillo y puede estar libre o adherida al endocarpio o hueso. Su peso oscila entre 2 y 25 g en las variedades silvestres; en los cultivares comerciales varía entre 25 y 60 g, aunque ocasionalmente pueden encontrarse frutos de 100 g. El color de la cáscara va de blanco-crema a amarillo y naranja y la epidermis puede ser pubescente o glabra (Sun y Pu, 1982).

2.1.3.3. Fisiología

La longevidad del albaricoquero supera 50 años, aunque comercialmente su cultivo no pasa de 25 a 30 años (Forte, 1992). El albaricoquero es un frutal de clima templado, y se caracteriza por presentar un ciclo anual en su desarrollo, manteniendo la alternancia de periodos de reposo y crecimiento activo, condicionado por las temperaturas.

El periodo de reposo se inicia a finales de otoño y se extiende hasta los últimos días de invierno o principios de primavera (Valentín *et al.*, 2001). Este periodo constituye un mecanismo de defensa en los frutales caducifolios para asegurar la sobrevivencia ante condiciones ambientales adversas, como los inviernos crudos. Durante este periodo el albaricoquero disminuye su metabolismo, lo cual se refleja en la falta de fotosíntesis, de transpiración estomática y translocación de sustancias, lo que afecta su crecimiento general (Baldini, 1992). Este frutal requiere entre 500 a 900 horas de frío (temperaturas de 4 a 7° C) para romper el letargo. Se tiene registrado que esta especie puede tolerar temperaturas entre -30° C y -25° C durante el letargo (Forte, 1992).

El periodo de actividad vegetativa comienza a finales de invierno o a principios de primavera y finaliza en otoño (Valentín *et al.*, 2001). Al romperse el reposo en la planta, el crecimiento activo se reanuda cuando las condiciones ambientales llegan a ser favorables (Kobayashil, 1987). Para muchas especies del género *Prunus*, el periodo de frío (2 a 5° C) en invierno y el incremento en la temperatura en la primavera estimulan el rompimiento del letargo. Casos similares de este fenómeno son observados en la germinación de algunas

semillas y en la brotación de plantas específicas (Ross, 1997), por lo que el periodo de frío en invierno es un factor importante para que el árbol reinicie la brotación cuando éste pasa por un estado de letargo (Küden y Son., 1997; Armas *et al.*, 2000). Particularmente en el albaricoquero se ha encontrado que las yemas vegetativas requieren menos frío que las florales para brotar, por lo que en años con frío ineficiente en invierno, puede ocurrir la pérdida de botones florales y, como consecuencia, pérdidas en el amarre de frutos y baja producción (Gharpade *et al.*, 1995 citado por Mondragón *et al.*, 2004).

La etapa activa en el albaricoquero se realiza durante la estación cálida, donde podemos distinguir dos ciclos importantes (Got, 1958).

- a) **Ciclo vegetativo.** Aquí se lleva a cabo la foliación o aparición de hojas y tiene lugar de cuatro a diez días después de la floración. La foliación varía en función del cultivar. En Chile se tiene reportado que la duración del ciclo vegetativo en albaricoquero es de 190 a 220 días (Ciren-Corfo, 1989).

La caída de las hojas ocurre al terminar la etapa activa del ciclo y se produce cuando éstas viran hacia el tinte otoñal característico; aunque las heladas precoces pueden adelantarla. Durante esta etapa, que abarca de la recolección de fruta a la caída de las hojas, el árbol acumula sus reservas.

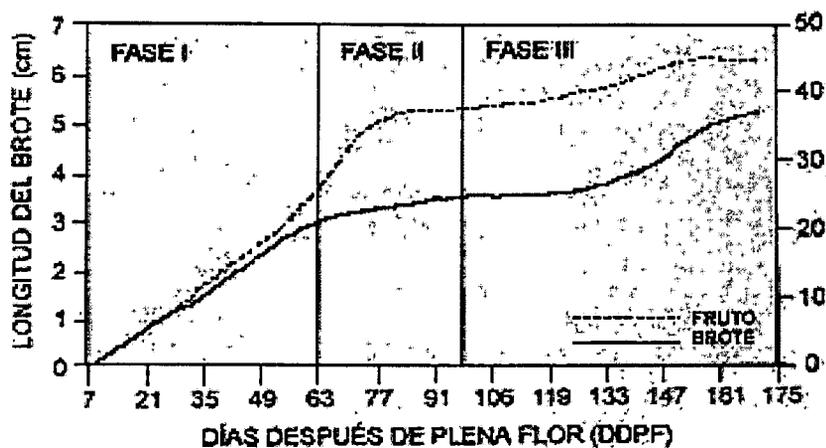
- b) **Ciclo reproductivo.** Este periodo abarca desde la floración o apertura de flores (que dura de uno a tres días), hasta la maduración del fruto. Durante la fructificación se lleva a cabo el engrosamiento del fruto y desarrollo foliar, manifestándose por una gran actividad de crecimiento. La floración varía según el cultivar. Durante este periodo se produce la movilización y utilización de las reservas alimenticias almacenadas en el tronco y las ramas, las células generatrices se multiplican; aparecen las hojas, y los procesos vitales se desarrollan con intensidad.

La Figura 2.2 muestra la curva de crecimiento del fruto que sigue una curva doble sigmoide, característica de los frutales caducifolios de hueso (Richards y Rowe, 1977). Durante el crecimiento del albaricoque se pueden distinguir tres fases:

La fase I se extiende desde la plena floración hasta el inicio del endurecimiento del endocarpio (hueso). En esta etapa el fruto crece rápidamente debido a una activa división celular alcanzando, según la variedad, entre 35 y 45 % de su tamaño final.

La fase II, o período de endurecimiento del endocarpio y desarrollo del embrión; se caracteriza porque el crecimiento del fruto es muy lento (Richards y Rowe, 1977). Esta fase es más larga en las variedades tardías y casi imperceptible en las variedades tempranas.

La fase III abarca el término del endurecimiento del endocarpio y desarrollo completo del embrión hasta la maduración del fruto, el crecimiento se acelera nuevamente debido a la elongación celular, disminuye la firmeza de la pulpa, debido a que la pared celular se hace más delgada, el color de fondo cambia y la concentración de sólidos solubles incrementa.



FASE I: DIVISIÓN CELULAR DEL FRUTO
 FASE II: ENDURECIMIENTO DEL ENDOCARPIO
 FASE III: ELONGACIÓN CELULAR DEL FRUTO

Figura 2.2. Curva de crecimiento de un fruto de duraznero tardío cv. Kakamas (Richards y Rowe, 1977)

2.1.4. Aspectos hortícolas

2.1.4.1. Requerimientos generales del cultivo

Los requerimientos ambientales para el crecimiento del albaricoquero difieren respecto de la acumulación de horas frío de la variedad cultivada, de la temperatura y humedad relativa (HR). El albaricoquero requiere para su crecimiento temperaturas de entre 7 y 28° C, con un óptimo de 20° C. Los requerimientos de HR son de moderados a bajos, aunque el fruto en la madurez es más susceptible a la alta humedad en el ambiente por lo que, en sitios con lluvias tempranas se pueden presentar problemas de agrietado del fruto (Mondragón *et al.*, 2004). Esta especie se cultiva en áreas con condiciones ecológicas especiales donde se puede acumular un mínimo de 250 horas frío (entre 4 y 7° C), aunque las regiones típicas productoras poseen un clima mediterráneo, con lluvias invernales y una acumulación anual entre 600 a 1000 horas frío (Mehlenbacher *et al.*, 1990).

La mayoría de las variedades mejoradas de albaricoque en otros países requiere más de 650 horas frío, razón por la cuál no se adaptan fácilmente a las regiones de México (Mondragón *et al.*, 2004).

2.1.4.2. Adaptación al clima

El albaricoquero se cultiva en todo el mundo, aunque la mayor producción se concentra en la cuenca mediterránea. Este frutal se adapta a regiones templadas y frías, pero también prospera en regiones subtropicales con inviernos definidos, de templado a frío. Las variedades con mayor éxito se ubican en dos regiones climáticas diferentes. La primera, en Asia Central, presenta inviernos largos, fríos y secos; veranos cálidos, secos y con poca HR. Aquí los cambios en la estación son rápidos de invierno a verano y viceversa. La segunda región incluye los climas tipo mediterráneo, donde se registran inviernos templados, muy cortos y secos; con veranos cálidos y secos. Se reporta que en el clima mediterráneo el cambio de una estación a otra es gradual (Mehlenbacher *et al.*, 1990). El cultivo del albaricoquero exige de calor (por encima de 30° C) para la completa maduración de sus frutos y la ausencia de heladas primaverales para la adecuada fecundación de sus flores y formación de los frutos (Ciren-Corfo, 1989; Miklos, 1989; Gharpade *et al.*, 1995). Estos dos factores limitan la extensión de su cultivo a las regiones del norte de Europa (Got, 1958). Las posibilidades de una región para la producción de fruta dependen de la altitud, latitud y del tipo de suelo

(De Santiago, 1999). El árbol puede crecer entre 8° C y 40° C, pero el óptimo para el crecimiento vegetativo y del fruto es de 18° C a 24° C (Ciren-Corfo, 1989).

2.1.4.3. Suelo

Los árboles de *P. armeniaca* desarrollan mejor en suelos de textura franca a gruesa, medianamente profundos (50 a 90 cm), de pendientes suaves; sin embargo, pueden tolerar suelos pedregosos, secos y rocosos, pero no aquellos con mal drenaje. Los árboles no son tolerantes a suelos húmedos en exceso, especialmente los jóvenes. Se considera que el albaricoquero puede resistir sequías; sin embargo, la falta de humedad en el suelo es un factor a considerar (Forte, 1992; Mondragón *et al.*, 2004). El albaricoquero crece en suelos con pH entre 4.3 y 8.7, siendo el rango óptimo de 5.6 a 7.8 (Ciren-Corfo, 1989; Forte, 1992).

Hasta el momento, el único estudio realizado por la Comisión Nacional de Fruticultura (Conafrut, 1980) para el cultivo del albaricoquero estableció que, en el estado de Querétaro, los mejores suelos se localizan en las comunidades de La Cañada, El Marqués, San Juan del Río, Querétaro, Pedro Escobedo y Tequisquiapan, así como en determinadas regiones de los estados de San Luis Potosí, Guanajuato, Aguascalientes, Zacatecas, Coahuila, Chihuahua y Sonora, donde existe infraestructura de riego (Conafrut, 1980). Actualmente, con base a las investigaciones reportadas por Mondragón *et al.* (2004) y realizadas a partir de 1896 en el Campo Experimental Norte de Guanajuato del INIFAP, se establecieron prácticas agronómicas y de manejo de huertos de albaricoquero para la región central de México.

2.1.4.4. Propagación

Existen dos métodos de propagación del albaricoquero: por semilla y por injerto. En la propagación por semilla, se requiere para germinar un determinado periodo de exposición a temperaturas de entre 5 y 8° C, proceso denominado estratificación en frío. En general, la colecta de semillas se realiza a finales de primavera, se estratifican en invierno y se transplantan al germinar. A través de la propagación por semilla en el albaricoquero se obtienen los portainjertos que se requieren para la multiplicación por injerto. Los portainjertos más comunes para el albaricoquero son el durazno, el ciruelo y el propio chabacano criollo (Cossa-Raynaud y Audergon, 1986; Mondragón *et al.*, 2004).

En los últimos años se ha estudiado el método de propagación de los cultivares de albaricoquero a partir de hijuelos (brotes basales que surgen de la corona o de raíces primarias de un árbol) (Mondragón *et al.*, 2001), y micropropagación *in vitro* (Kramarenko, 1999). Este último no se considera benéfico para todos los cultivares porque las plantas regeneradas pueden presentar un sistema radical anormal (crecimiento casi horizontal formando serpientes) al ser transplantadas en el campo (Kramarenko, 1999). Con ambas metodologías se busca mayor uniformidad de las plantaciones, precocidad, reducir problemas de autoincompatibilidad y, por consiguiente, lograr mayores rendimientos (Mondragón *et al.*, 2001).

2.1.4.5. Plagas y enfermedades

El albaricoquero es atacado por insectos, ácaros, virus y hongos; las principales enfermedades se resumen en la Tabla 2.3. Es posible que la cenicilla sea la enfermedad más común, conspicua, ampliamente distribuida y fácil de reconocer en las plantas. La cenicilla afecta a cereales, pastos, hortalizas, plantas de ornato, malezas, arbustos, árboles forestales, árboles de sombra de hoja ancha y árboles frutales (Pataky, 1987; Agrios, 1991). La enfermedad comprende un grupo grande de hongos, integrado por 1100 especies agrupadas en seis géneros: *Erysiphe*, *Microsphaera*, *Phyllactinia*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca* y *Uncinula*. Estos hongos son parásitos estrictos que se desarrollan en el exterior de las plantas infectadas, siendo microorganismos específicos de uno o varios hospederos de un mismo género. En este sentido, la cenicilla afecta al durazno, cerezo, ciruelo, almendro y albaricoque (Ogawa y English, 1991). Actualmente, esta enfermedad se presenta en las zonas de cultivo de albaricoquero de la cuenca del mediterráneo, California, Taiwán y medio Oriente (Benjama, 1997).

En México se tiene conocimiento de que los huertos de albaricoquero establecidos en la región central del país son atacados por cenicilla, lo cual genera pérdidas de 30 a 80 % de la cosecha, según las condiciones climáticas de la región (Pérez, 2001 comunicación personal).

Tabla 2.3. Principales enfermedades de *Prunus armeniaca* L.

Enfermedad		
Tipo	Nombre común	Agente causal
Bacteriana	Cáncer bacteriano	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> van Hall.
	Mancha Bacteriana	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>pruni</i> (Smith) Dye
	Agalla de la corona	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> (Smith & Townsend) Conn.
Fúngica	Pudrición de fruta	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.:Fr) Keissl.
	Pudrición morena o café	<i>Monilinia fruticola</i> (G. Wint.).
		<i>M. laxa</i> (Aderhold & Ruhland).
	Pudrición de fruta en verde	<i>Botrytis cinerea</i> Pers.: Fr. (telemorfo: <i>Botyotinia fuckeliana</i> (de Bary) Whetzel) <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary.
Cenicilla polvorienta	<i>Podospaera clandestine</i> (Wallr.:Fr.) Lev. (anamorfo <i>Oidium</i> sp.).	
	<i>Sphaerotheca pannosa</i> (Wallr.:Fr.) Lév. (anamorfo: <i>O. Leucoconium</i> Desmaz).	
Parásitos	Planta parásita	<i>Phoradendron favescens</i> (Pursh.) Nutt.
Virus	Plum pox o Sharka	<i>Plum pox virus</i> (Potyvirus).

(Ogawa *et al.*, 2003)

2.2. Generalidades de la cenicilla

2.2.1. Factores ambientales que propician la enfermedad

Los tres factores ambientales con mayor influencia sobre el desarrollo de la cenicilla son la temperatura, humedad e iluminación (Marroquín, 1990). En general, el hongo prospera cuando los días son cálidos, las noches frías y hay presencia de rocío en el follaje. Los síntomas de la cenicilla consisten en manchas blancas a grises constituidas por masas de hifas de aspecto polvoriento y mohoso en las partes infectadas. Debido a esta particularidad, se le nombra “cenicilla blanca o polvorienta ” o bien “mal blanco”. La severidad de la enfermedad

depende de varios factores, incluyendo el cultivar involucrado, la edad de la planta, y las condiciones climatológicas. Las plantas más susceptibles son las que se encuentran en crecimiento activo y en sitios sombreados (Pataky, 1987).

De acuerdo con Pataky, (1987) los daños ocasionados por esta enfermedad en las plantas, comprenden:

- 1) Baja eficiencia fotosintética que reduce su crecimiento.
- 2) Aumento de la susceptibilidad de daño en el invierno porque las plantas se debilitan por el desarrollo de la cenicilla.
- 3) Reducción en el valor estético de la planta incluyendo la disminución en la producción de flores y calidad.
- 4) Y eventualmente la muerte de la planta.

2.2.2. Ciclo biológico de la cenicilla

Los hongos que provocan la cenicilla pertenecen a la clase *Ascomycetes*, y la familia *Erysiphaceae*. Éstos se pueden presentar en su estado sexual (o perfecto) y asexual (o imperfecto). Se tienen reportes que dos géneros en su estado sexual son los responsables de esta enfermedad en albaricoquero: *Sphaerotheca pannosa* (Got, 1958; Pataky, 1987; Lichou y Audubert, 1989; Forte, 1992) y diversas especies del género *Podosphaera*. El estado asexual de ambos géneros se reconoce como *Oidium* spp. (Baldini y Scaramuzzi 1988; Benjama, 1997, Ogawa *et al.*, 2003).

Braun *et al.* (2002) asentaron que los géneros *Sphaerotheca* y *Podosphaera* se fusionaron dando origen al nombre *Podosphaera emend*. Esta fusión de géneros se debe a que comparten características moleculares y microscópicas similares. Las características del estado asexual del hongo son la base de la taxonomía genérica de los *Erysiphales*.

Trabajos realizados por Saenz y Taylor (1999) demostraron que *Podosphaera* y *Sphaerotheca* no son formas distintas y concluyen que *Sphaerotheca* spp. puede substituirse por *Podosphaera*. Braun y Takamatsu (2000) examinaron 30 taxas de *Cystotheca*, *Podosphaera*, y *Sphaerotheca* y confirmaron completamente los resultados de Saenz y Taylor (1999).

El hongo se caracteriza por que, en su estado asexual, produce cadenas de esporas (conidios) que se dispersan por vía aérea infectando a plantas susceptibles. Al finalizar el ciclo del cultivo, con la senescencia de las hojas, pueden aparecer en los tejidos infectados cuerpos fructíferos pequeños (ascocarpos) que contienen las esporas sexuales (ascosporas) para la sobrevivencia del hongo (Fig. 2.3) (Agrios, 1991).

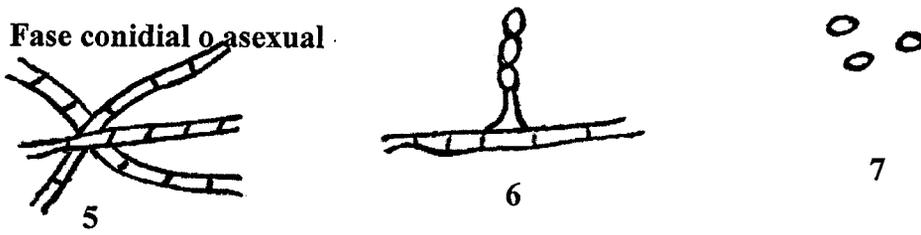
La cenicilla, en su estado imperfecto, forma una capa polvorienta de esporas blancas en la superficie de la hoja, penetrando solamente en la epidermis. Una vez establecida en la planta, extrae sustancias nutritivas, fundamentalmente glucosa y sales minerales, por medio de sus haustorios (órgano absorbente que se origina de la hifa del hongo y que penetra en la célula del hospedante) para su propagación. A medida que la enfermedad avanza, estas manchas van creciendo y cubren todo el aparato vegetativo como son hojas, pedúnculos y tallos.

2.2.3. Mecanismos de sobrevivencia

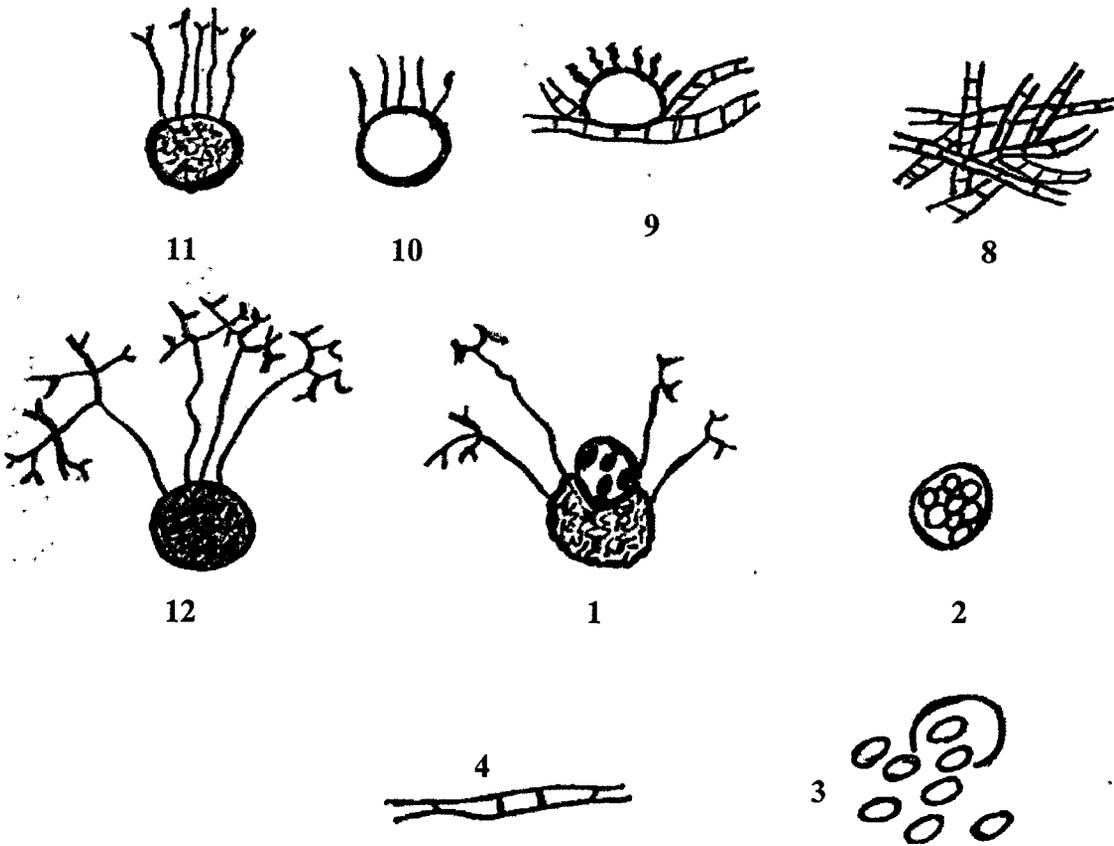
Una forma de sobrevivencia del hongo cuando las condiciones no son óptimas para su desarrollo, es la formación de cleistotecios (cuerpo fructífero, delimitado por una pared propia que permanece cerrada, aunque en la madurez se rompe irregularmente o se disgrega para dejar libres a las ascas; éstas se encuentran distribuidas en el interior de un ascocarpo).

En las hojas mas viejas donde se lleva acabo la infección, el hongo puede producir pequeños cleistotecios esféricos del tamaño de la cabeza de un alfiler, que en principio son de color blanco, más tarde amarillento y finalmente negro (Agrios, 1991). Se ha observado que la época de formación de esta estructura varía en función de las condiciones climáticas de la región. De acuerdo a algunos autores, los cleistotecios son raros de observar en regiones de clima cálido o subtropical, donde sobreviven en forma de conidios (Tores, 1990).

Fase conidial o asexual



Fase perfecta o sexual



1. El cleistotecio dehiscente deja ver el asca (1era infección), 2. Asca con 8 ascosporas., 3. Las ascosporas son liberadas, 4. Infección y formación de micelio., 5. El micelio se multiplica., 6. Formación de conidióforos., 7. Diseminación de conidias por el viento., 8. Formación de micelio denso entrelazado., 9. Formación de cleistotecio amarillos con fulcras., 10. Cleistotecio rosa., 11. El cleistotecio negro con las fulcras en dicotomía., 12. El cleistotecio negro (maduro) libera micelio y se disemina por el viento.

Figura 2.3. Fases de desarrollo de la cenicilla en el albaricoquero
(Benjama, 1997)

2.2.4. Relación patógeno-huésped

En general, las plantas contrarrestan el ataque de los patógenos a través de sus características estructurales y reacciones bioquímicas, las cuales difieren en las interacciones patógeno-huésped. En la planta, los sistemas estructurales actúan como barreras físicas e impiden que el patógeno penetre y se propague en ellas. Algunas estructuras que se relacionan con la resistencia a enfermedades son el grosor de la pared celular de las células de la epidermis y la cutícula, las cuales se incrementan conforme las hojas maduran (Agrios, 1991). En el mismo contexto, las reacciones bioquímicas que tienen lugar en las células o tejidos del hospedero, producen sustancias tóxicas para el patógeno o crean condiciones que inhiben su desarrollo. Por ejemplo, la infección de una planta por un patógeno induce un aumento en compuestos fenólicos (Hachiro, 1994; Harborne, 1997) como mecanismo de protección del tejido dañado. En el hospedero, los compuestos fenólicos y otras sustancias (glucósidos fenólicos, componentes poliinsaturados, ésteres de glucosa y benzoxalinas) pueden inhibir enzimas hidrolíticas del hongo, y de esta manera, restringen su actividad (Goodman *et al.*, 1986).

La resistencia a una enfermedad depende del hospedero, su genotipo, su edad, del tipo de órgano o tejido que invaden, del patógeno, del ambiente y del momento en el cual estos factores interactúan (Robinson, 1985; Bell, 1987; Agrios, 1991). Específicamente, la resistencia se define como la capacidad inherente de las plantas para prevenir, restringir y retardar el desarrollo de una enfermedad o plaga, estando expuesta a una cantidad de inóculo suficiente para provocar la enfermedad (N.A.S, 1978; Bell, 1987). Cuando una planta es infectada por un patógeno que tiene la capacidad de crecer extensivamente sobre su hospedero, la interacción de esta se denomina susceptible (Greenberg, 1997).

2.3. Mejoramiento genético de albaricoquero

Los programas de mejoramiento genético en albaricoquero tienen como principales objetivos la resistencia a enfermedades y la adaptación al clima. En este último punto, los programas buscan la adaptación a un gran número de regiones climáticas distintas a los centros de origen o las grandes regiones productoras con clima mediterráneo, con la idea de desarrollar cultivares, tanto para el consumo en fresco como para su procesado. La adaptación al clima está directamente relacionada con el desarrollo de albaricoqueros, con una floración abundante, justo después de que ha pasado el riesgo de heladas, y la resistencia a enfermedades que contribuye a reducir los costos y los riesgos de producción. Ambos factores determinan las posibilidades de lograr altos rendimientos, pero esto no sería suficiente si no se obtiene la calidad de fruta que los consumidores demandan (Mehlenbacher *et al.*, 1990).

En este sentido, los estudios que evalúan la resistencia a enfermedades deben desarrollarse en poblaciones de plantas que se reproducen sexualmente, de modo que en poblaciones, aun consideradas como variedad, muchos de los individuos pueden tener un genotipo distinto y ocultar en forma heterocigótica algunos caracteres recesivos (Brauer, 1973). En plantas autógamas cultivadas como líneas puras, o bien dentro de un clon, donde por definición no interviene la reproducción sexual, las posibilidades de encontrar resistencia son casi nulas, ya que la constitución genética de todas las plantas es casi idéntica y, por tanto, todas serían susceptibles o resistentes, pero sin más posibilidad de variación genética que la que representa un cruzamiento casual en las autógamas o una mutación somática en los clones (Brauer, 1973). Dado que el albaricoque posee cierto grado de polinización cruzada, es posible predecir cierta variabilidad que conduzca a identificar materiales con diferente grado de resistencia genética.

2.3.1. Métodos clásicos de mejoramiento en albaricoquero

a) **Hibridación intraespecífica.** Éste método se realiza mediante la polinización dirigida entre las variedades que poseen características que deseamos transmitir a la descendencia. Esta técnica se realiza mediante la recolección de polen (progenitor masculino) con la posterior polinización de las flores emasculadas en el progenitor femenino (Socias, 1989).

b) Retrocruzamiento. Esta práctica permite incorporar a una variedad adecuada para el cultivo, ciertos caracteres interesantes de materiales poco adaptados. Esta técnica consiste en una hibridación entre un material donante de un carácter y otro receptor de este carácter con una buena aptitud agronómica. Se realizan sucesivos cruzamientos de los híbridos resultantes con el material receptor, hasta conseguir un material con características similares al progenitor maternal con el carácter a inducir.

Este método suele ser muy efectivo para el caso de caracteres oligogénicos u monogénicos; sin embargo, el largo ciclo de selección del albaricoquero (de cinco a siete años) lo hace un método lento y muy costoso para ser puesto en práctica (Bailey y Hough, 1975).

c) Inducción de mutaciones. Esta técnica en albaricoquero es de gran utilidad, ya que permite generar variabilidad dentro de la especie y obtener así genotipos con características adecuadas, que después, mediante reproducción vegetativa, pueden mantenerse. Sin embargo, su aplicación ha sido muy escasa porque frecuentemente se presentan quimeras, o por falta de control de los agentes mutagénicos (Micke y Donini, 1993) que hacen difícil su aplicación.

En la actualidad se han obtenido mutantes de albaricoque, algunos de ellos de maduración precoz, con variabilidad en cuanto a la calidad del fruto, que podrían ser utilizados comercialmente (Balan, 1993 citado por Rodríguez, 1995).

2.3.2. Criterios de selección

2.3.2.1. Ampliación del calendario de recolección

La adaptación al clima, incluye el conocimiento de las necesidades específicas de la región y de los recursos genéticos disponibles. Para las regiones más frías, es necesario el desarrollo de variedades con largo periodo de desarrollo y floración tardía, para evitar el periodo con mayor riesgo de heladas (Bailey y Hough, 1975). En tanto que, para climas subtropicales, es necesario identificar materiales con bajos requerimientos de frío. Por lo anterior, en algunos países como Estados Unidos y Canadá los genetistas se esfuerzan por obtener selecciones adaptadas de uso local (Layne *et al.*, 1996).

Los programas de mejoramiento en Australia, Sudáfrica y Argentina se han orientado hacia la mejor adaptación local de cultivares para su manipulación o procesamiento. En EE.UU., los estados de California y Washington también se han interesado por el desarrollo de los mejores cultivares para procesarlos y para su envío a largas distancias (Layne *et al.*, 1996).

Se han realizado estudios de selección y adaptación de cultivares precoces de albaricoqueros en algunos países (Kaska *et al.*, 1981; Kaska *et al.*, 1993), poniendo interés en la buena calidad del fruto (Yildi *et al.*, 1997).

2.3.2.2. Mejoramiento de la calidad de la fruta

La calidad del fruto es otro de los criterios fundamentales de selección relacionados directamente con su aptitud comercial. Este criterio engloba diferentes aspectos como calidad organoléptica, tamaño, color de epidermis y de pulpa, resistencia a la manipulación y apariencia externa que considera frutos sin defectos ocasionados por plagas o enfermedades (Egea y Burgos, 1997, citado por Rodríguez, 1995; Mondragón *et al.*, 2004). Particularmente el mercado mexicano prefiere fruta grande, de color amarillo-naranja y dulce (Mondragón *et al.*, 2004), por lo que las investigaciones deben enfocarse a estas características. La genotecnia es, por tanto, una herramienta útil para combinar aquellos cultivares frutales sensibles a enfermedades pero que presentan fruta de buena calidad con materiales resistentes como un carácter heredable adicional (Moore y Janick, 1988).

2.3.3. Resistencia a enfermedades

La resistencia a enfermedades es otro objetivo muy importante en la mayoría de los programas de mejoramiento genético de frutales. La resistencia a una o más enfermedades depende del genotipo y del área de producción; hasta el momento en albaricoquero se ha prestado la mayor atención a la pudrición café, manchas bacterianas, cáncer por *Pseudomonas*, virus de la ciruela, cáncer *Cytospora*, antracnosis, tiro de munición y Sharka (Mehlenbacher *et al.*, 1990). En este contexto, la resistencia a la cenicilla no ha sido investigada.

2.3.3.1. Tipos de resistencia

La resistencia genética puede ser de dos tipos: vertical y horizontal. La primera, también denominada resistencia específica, cualitativa o diferencial, es controlada por uno o algunos cuantos genes “mayores” (de ahí el nombre de resistencia monogénica u oligogénica), y es específica de las razas del patógeno. Este tipo de resistencia en las plantas permite diferenciar claramente entre las razas de un patógeno, ya que es efectiva contra ciertas razas, específicas del mismo e ineficaz contra otras. Al parecer, estos genes controlan una etapa importante de la interacción que se establece entre el patógeno y la planta hospedante. En general, la resistencia vertical inhibe el establecimiento inicial del patógeno (Agrios, 1999).

Por su parte, la resistencia horizontal, comúnmente llamada poligénica o de genes múltiples, está determinado por muchos genes “menores” (quizá docenas o cientos de ellos), es quizá más débil, pero eficaz contra todas las razas de una misma especie del patógeno (Hebert y French, 1980; Agrios, 1991). El gran número de genes que participa en la resistencia horizontal, al parecer controla las diversas etapas de los procesos fisiológicos de la planta, que generan las sustancias y estructuras que constituyen sus mecanismos de defensa. En general, la resistencia horizontal no evita que las plantas sean infectadas (Agrios, 1999).

A principios del Siglo XX aparecieron los primeros estudios generales para tratar de explicar los mecanismos de la herencia a la resistencia a las enfermedades. Walker (1923, citado por Agrios, 1991) postuló la idea de que la resistencia a un patógeno se debía a la presencia de una sustancia tóxica en las plantas hospedantes. Sin embargo, Flor (1947, citado por Goodman *et al.*, 1986), trabajando con la roya del lino, demostró que para cada gen de resistencia en el hospedante había un gen de virulencia correspondiente en el patógeno, una relación gen por gen.

Se ha demostrado que varios tipos de estructuras y sustancias de las células vegetales constituyen el medio por el cual los genes confieren resistencia a las enfermedades en las plantas. La resistencia a enfermedades en muchas interacciones patógeno-planta ha sido atribuida a la producción inducida de compuestos de bajo peso molecular, tales como fitoalexinas (Keen, 1981 citado por Patil *et al.*, 1991) es decir, metabolitos secundarios presentes, aunque no detectables en el hospedero sano, pero que se acumulan hasta alcanzar altas concentraciones en las plantas cuando son atacadas por algún patógeno (Agrios, 1991; Misirli *et al.*, 1999).

2.3.4. Métodos para evaluar la resistencia a enfermedades

Los métodos que existen para evaluar la resistencia genética a enfermedades se identifican a nivel del campo, en árboles jóvenes y adultos, en invernadero o vivero usando plantas o semillas y bajo condiciones *in vitro* en el laboratorio con hojas desprendidas (Jasso, 1988; Cartolaro, 1988; Tores, 1990; McEachern y Stein, 1997).

La inoculación del hospedero se realiza generalmente en suspensión acuosa de esporas a concentraciones conocidas del patógeno, bajo condiciones de infección natural y, ocasionalmente, mediante raspado de conidios. Para el caso particular de la cenicilla no se ha logrado su cultivo en medios artificiales, por ser un parásito obligado, por lo que el patógeno es mantenido sobre la planta hospedera o en hojas separadas. Existe una diversidad de técnicas utilizadas para la inoculación de la cenicilla. En éstas, destaca la transferencia de conidios mediante una lanceta, escalpelo o mediante el uso de una brocha de pelo de camello, espolvoreos a partir de hojas enfermas, suspensiones acuosas de esporas, uso de ventiladores, por soplido y dejando que las plantas se infecten por las esporas transportadas por el viento con inóculo natural del patógeno (Herbert y French, 1980; Adeniji y Coiné, 1983; Jasso, 1988; Tores, 1990; Marroquín 1990; Pérez, 1997).

2.3.4.1. En el campo

Se ha realizado una gran diversidad de estudios para evaluar la resistencia a enfermedades en el campo en diferentes frutales, entre éstos, destaca el trabajo de McEachern y Stein (1997) en el que seleccionan progenies de nogal pecanero (*Carya illinoensis*) resistentes a diferentes razas de roña (*Fusicladium effusum*), sembrando las semillas de los genotipos a evaluar directamente dentro de un huerto infestado.

Brown *et al.* (1999) evaluaron en el campo la resistencia a cenicilla vellosa (*Plasmopara viticola*) en 198 genotipos de vid (*Vitis vinifera* L) obtenidos mediante cruza. Las plantas se transplantaron al campo y después de la inoculación bajo condiciones naturales se evaluó la resistencia a través de una escala visual, registrando el grado de esporulación, de clorosis y necrosis ocasionados por el hongo. En este trabajo encontraron diferencias en la resistencia entre los materiales estudiados en un periodo de 21 días.

Doster *et al.* (1985) evaluaron la resistencia a cenicilla polvorienta (*Uncinula necator*) derivada de la infección natural en el follaje y la fruta de cultivares de vid, estimando el porcentaje de área cubierta por el hongo. Los autores encontraron diferencias en la resistencia a *U. necator* en los cultivares evaluados a los 19 días de haberse iniciado la infección.

En el mismo contexto, Iliev (1974, citado por Marroquín, 1990) estudió en el campo 160 cultivares de durazno y uno de nectarina bajo condiciones naturales de infección por cenicilla (*Sphaerotheca pannosa* var *persicae*), seleccionando dos cultivares de durazno y el de nectarina como materiales resistentes. Este estudio se apoyo en la estimación del porcentaje de daño causado por el hongo en una escala visual del 1 al 5.

2.3.4.2. En el invernadero

Diversos métodos de inoculación para seleccionar materiales resistentes a cenicilla en invernadero fueron descritos por Adeniji y Coiné (1983) quienes aplicaron cuatro técnicas de inoculación en dos genotipos de calabacitas. La mejor forma de inoculación resultó el espolvoreo, seguida por el soplido, aerosol (atomización de esporas) y en condiciones naturales donde el desarrollo del hongo resultó muy lento. Las temperaturas a las cuales se almacenaron las plantas fueron entre 15.6 a 21.1° C. La duración de la evaluación de la severidad fue de un mes. En el mismo sentido, otros estudios mencionan diferencias contrastantes entre materiales evaluados bajo condiciones de infección natural en invernadero, como el realizado por Doster *et al.* (1985) en 19 cultivares de vid, clasificando la resistencia a la cenicilla polvorienta (*U. necator*) en los cultivares evaluados como ligeramente susceptible, medianamente susceptible y muy susceptible a la enfermedad, mediante una escala que implica diferentes porcentajes de daño por el hongo. Las evaluaciones se realizaron en dos ocasiones en los meses de Junio y Julio con un periodo de tiempo de 19 días.

Marroquín (1990) evaluó la resistencia a cenicilla (*S. pannosa*) en cinco genotipos de durazno mediante la aspersión de conidios en suspensión en plantas evaluadas en condiciones de invernadero. Las evaluaciones se realizaron a los siete y 21 días después de la inoculación. Este método no permitió detectar diferencia en las plantas estudiadas.

Otra técnica utilizada por Brown *et al.* (1999) para evaluar la resistencia a cenicilla vellosa (*P. viticola*) de diversas cruza de vid, fue por medio de la inoculación por aspersión de una concentración conocida de conidios sobre una hoja de cada planta evaluada. Cada genotipo se cubrió con una bolsa de polietileno para mantener la humedad relativa alta y asegurar la infección por el hongo a $21 \pm 2^\circ$ C. La evaluación se basó en una escala de 0-5 que describe los daños ocasionados por el hongo después de cinco y siete días de la inoculación. El método empleado permitió identificar materiales susceptibles a cenicilla.

2.3.4.3. En el laboratorio

Aparentemente las evaluaciones de resistencia a cenicilla *in vitro* en la vid (*Vitis vinifera*), han presentado dificultades de inoculación y de conservación del patógeno, (*U. necator*), por ejemplo Cartolaro (1988) sugiere el espolvoreo de conidios y depósito en gotas del patógeno en suspensión sobre discos foliares colocados en una cámara húmeda de 20 a 25° C y 12 horas de fotoperiodo.

Tores (1990) propuso una técnica para inocular cenicilla en *Cucurbitaceae* que consistió en depositar una masa seca de conidios de una hoja o cotiledón infectados por el hongo mediante un escalpelo sobre el órgano de la planta que se desea infectar. Esta técnica dio buenos resultados para determinar la resistencia a cenicilla en melón.

Brown *et al.* (1999) diseñaron una metodología consistente en el empleo de discos foliares para evaluar la resistencia a la cenicilla vellosa (*P. viticola*) *in vitro* de 20 genotipos de vid. La inoculación de los discos de hojas fue realizada por aspersión en toda la superficie y en cámara húmeda, 14 hrs de fotoperíodo e incubación de $22 \pm 2^\circ$ C. Las evaluaciones fueron realizadas a los cuatro y siete días después de la inoculación. Los autores concluyeron que los discos foliares *in vitro* permitieron observar diferencias entre materiales con base en la resistencia a cenicilla.

Marroquín (1990) inició la búsqueda de métodos *in vitro* para determinar la resistencia a cenicilla (*Sphaerotheca pannosa*) en cinco genotipos de durazno, utilizando cortes y hojas enteras desprendidas. El patógeno se inoculó en cinco formas diferentes: (1) suspensión, (2) depósito de gotas, (3) raspado de conidios, (4) inoculación por contacto de una hoja infectada con una sana (5) utilizando una broca para separar los conidios y

colocándolos sobre hojas de durazno libres de cenicilla. No se logró el establecimiento de la infección, ni en hojas desprendidas, ni en los cortes de hojas.

Por su parte, Olmstead y Lang (2000), para evaluar la resistencia a cenicilla (*Podosphaera clandestina*) en cereza dulce (*Prunus avium* L.), utilizaron hojas (emergentes, jóvenes y viejas) en forma de discos desinfectadas con etanol a 70 % por 30 segundos y enjuagadas con agua destilada estéril. Los discos se inocularon por el envés a través de una torre de esporas para simular condiciones de infección natural del patógeno y se almacenaron en cajas de Petri con una solución de sacarosa a 1 % y agua destilada estéril. En este estudio se encontraron condiciones *in vitro* de temperatura entre $22 \pm 2^\circ \text{C}$ y 14 hrs de fotoperiodo para el desarrollo del patógeno. La evaluación de la resistencia a cenicilla se llevó a cabo mediante una escala de 1 a 5, basada en la colonización cualitativa del hongo. Las colonias del hongo se detectaron 14 días después de la inoculación.

2.3.4.4. Métodos combinados propuestos para evaluar la resistencia a cenicilla

Debido a que las selecciones en el campo de poblaciones de plantas requieren de mucho espacio y tiempo para completar una evaluación, se llevan acabo las evaluaciones en invernadero donde pueden mantenerse grandes poblaciones de plantas y en un ambiente controlado. Las evaluaciones en invernadero son usadas para seleccionar materiales resistentes a la cenicilla, antes de establecerse en el campo.

Algunos estudios mencionan que, evaluaciones *in vitro* con discos foliares u hojas completas proveen mayor ahorro de espacio, eficiencia, y reproducen las respuestas de la planta en el campo. Se han realizado estudios en laboratorio e invernadero para ver si la respuesta obtenida es consistente con las condiciones del campo.

Las evaluaciones en invernadero son comparadas con las técnicas basadas en el uso de discos foliares para evaluar la resistencia a enfermedades, así como las evaluaciones en el campo con técnicas *in vitro*. Algunos métodos propuestos permiten discriminar con exactitud entre poblaciones susceptibles y resistentes a cenicilla, en algunos cultivos como vid, calabacita, melón, nogal, cereza dulce y durazno.

Existen trabajos donde se empleó más de una técnica de inoculación a la vez; tales como los reportados por Adeniji y Coiné (1983) donde indicaron que la mejor forma para evaluar diferencias en la resistencia a cenicilla en calabaza fue en invernadero inoculando plántulas, mediante soplido de conidios. Al mismo tiempo, evaluando en el campo bajo condiciones naturales de inóculo de cenicilla no se observaron diferencias en la resistencia entre los materiales evaluados.

Brown *et al.* (1999) compararon distintos procedimientos de campo, invernadero y laboratorio, en vid para seleccionar materiales con base en su grado de resistencia a cenicilla vellosa y usando la misma escala de 0 a 5 que representa el porcentaje de daño ocasionado por el hongo. Ellos concluyen que los discos de hojas inoculados con una suspensión de esporas y colocados en cámara húmeda son buenos pronosticadores de la resistencia observada en el campo evaluada en condiciones de inóculo natural. Las evaluaciones *in vitro*, comparados con las evaluaciones en invernadero, son más prácticas cuando los discos se inoculan por suspensión.

En 12 cultivares de cereza dulce, Olmstead y Lang (2000) realizaron evaluaciones *in vitro* en discos de hojas, los cuales se inocularon con cenicilla (simulando condiciones naturales), e incubaron a $22 \pm 2^\circ \text{C}$ y 14 hrs de fotoperiodo. Al mismo tiempo realizaron evaluaciones en el campo, con los mismos cultivares, bajo condiciones de inóculo natural de cenicilla. Los investigadores concluyeron que los ensayos en discos de hojas fueron buenos predictores de la resistencia a la cenicilla de las evaluaciones realizadas en el campo, y proponen que esta técnica (discos foliares) puede usarse en el mejoramiento de germoplasma de diversas poblaciones.

Actualmente contamos con una gran cantidad de técnicas para evaluar la resistencia a cenicilla que han sido usadas en varios cultivos y específicamente en drupáceas, como cereza dulce y durazno. Sin embargo, no se ha reportado ninguna técnica en albaricoquero para evaluar la resistencia a la enfermedad; esto genera la necesidad de evaluar y establecer, alguna o varias técnicas, específicas para esta especie, ya sea a nivel de laboratorio, invernadero o campo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la diversidad genética de albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.) con base en su grado de resistencia a cenicilla (*Podosphaera emend.*) y determinar sus posibilidades de adaptación a la región central de México y la calidad de su fruta.

Objetivos específicos

1. Proponer una metodología para evaluar la resistencia a cenicilla en albaricoquero.
2. Evaluar diversos genotipos de albaricoquero con base en su grado de resistencia a cenicilla.
3. Establecer las posibilidades de adaptación de albaricoqueros resistentes y susceptibles a la cenicilla a las condiciones climáticas del centro de México.
4. Determinar la calidad del fruto de albaricoqueros resistentes y susceptibles a cenicilla.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características de los sitios experimentales

Las evaluaciones a nivel del campo se realizaron en un banco de germoplasma de albaricoque establecido en el municipio de Huimilpan, Querétaro, localizado a 20°22' Latitud Norte, 100°16' Longitud Oeste y a 2280 msnm. Su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, con una precipitación pluvial media anual de 949 mm y una temperatura media de 15.2° C (INEGI, 2000). La acumulación anual de frío (expresada como número de horas a < 7.2° C) varía de 400 a 569 horas frío, según los modelos propuestos por Weinberger y Da Mota, respectivamente (Pérez, 1993). El banco de germoplasma tiene una superficie de 1,850 m². El suelo presenta una textura franco-limosa y cuenta con 120 árboles plantados a 2 x 1 m.

En el municipio de Querétaro, ubicado a 20°35' Latitud Norte, 100°34' Longitud Oeste y con una altitud de 1823 msnm, se encuentra el Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos (DIPA) de la Facultad de Química en la Universidad Autónoma de Querétaro, donde se realizaron las evaluaciones a nivel de laboratorio (Laboratorio de Bioquímica y Fisiología de Poscosecha de Frutas y Hortalizas) y de invernadero. Durante las evaluaciones realizadas en el invernadero se registró diariamente la temperatura, la cual osciló entre 25.6° (T_{max}) y 12.1° C (T_{min}), con una media de 18.9° C; la humedad relativa (HR) varió de 45 a 98 %, con una media de 68.7 %.

3.2. Estrategia experimental

El presente trabajo se realizó en el periodo de agosto del 2002 a noviembre de 2003 y se dividió en tres partes en función del sitio donde se realizaron las evaluaciones: campo, invernadero y laboratorio (Fig. 3.1).

En el campo, en el año 2003, se trabajó con albaricoqueros establecidos en la región de Huimilpan, Querétaro evaluándose el grado de resistencia a la cenicilla tanto en follaje como en el fruto, así como la adaptabilidad de los árboles a este sitio. Los frutos producidos se cosecharon y se evaluó su calidad. En este trabajo definimos adaptabilidad como la capacidad de un individuo para crecer y multiplicarse en un ambiente particular (proceso irreversible); y se evalúa en términos de materia seca producida por el individuo en un periodo específico

(productividad- fisiológica). En frutales caducifolios la expresión de la adaptación es la floración (época e intensidad) y su efectividad en la formación de frutos (capacidad productiva).

Las evaluaciones realizadas en invernadero fueron enfocadas a determinar el grado de resistencia a cenicilla en plantas juveniles, a excepción de 2002, donde se trabajó con siete genotipos los cuales también se usaron para evaluar su adaptabilidad bajo condiciones de invernadero. Para 2003 se usaron 14 genotipos y dos selecciones de albaricoquero en los cuales solo se evaluó su resistencia a cenicilla.

En el mismo año (2003), se evaluaron en el laboratorio, algunas metodologías *in vitro* para determinar el grado de resistencia a la cenicilla de cinco genotipos (Fig. 3.1).

3.3. Evaluación de la resistencia a cenicilla

3.3.1. Colecta del inóculo

El inóculo se obtuvo a partir de hojas y frutos infectados con cenicilla provenientes de albaricoqueros establecidos en el campo.

3.3.2. Identificación y conservación del patógeno

El patógeno fue identificado por los síntomas típicos que presentó en plantas cultivadas en el invernadero. Se cortaron hojas enfermas y se realizaron observaciones al microscopio estereoscópico (Wesco) y de luz (Carl Zeiss®) en el Laboratorio de Fisiología y Bioquímica de Poscosecha de Frutas y Hortalizas; así como observaciones en microscopio electrónico de barrido (Philips modelo XL30 ESEM) en el Laboratorio de Propiedades Estructurales y Microscopia del CINVESTAV, unidad Querétaro, para identificar características microscópicas del hongo reportadas en la bibliografía (Braun *et al.*, 2002). Posteriormente, el patógeno se conservó en plantas susceptibles del genotipo Pueblito, inoculándolo artificialmente, las plantas fueron utilizadas como fuente de inóculo para las evaluaciones en el laboratorio, invernadero y campo.

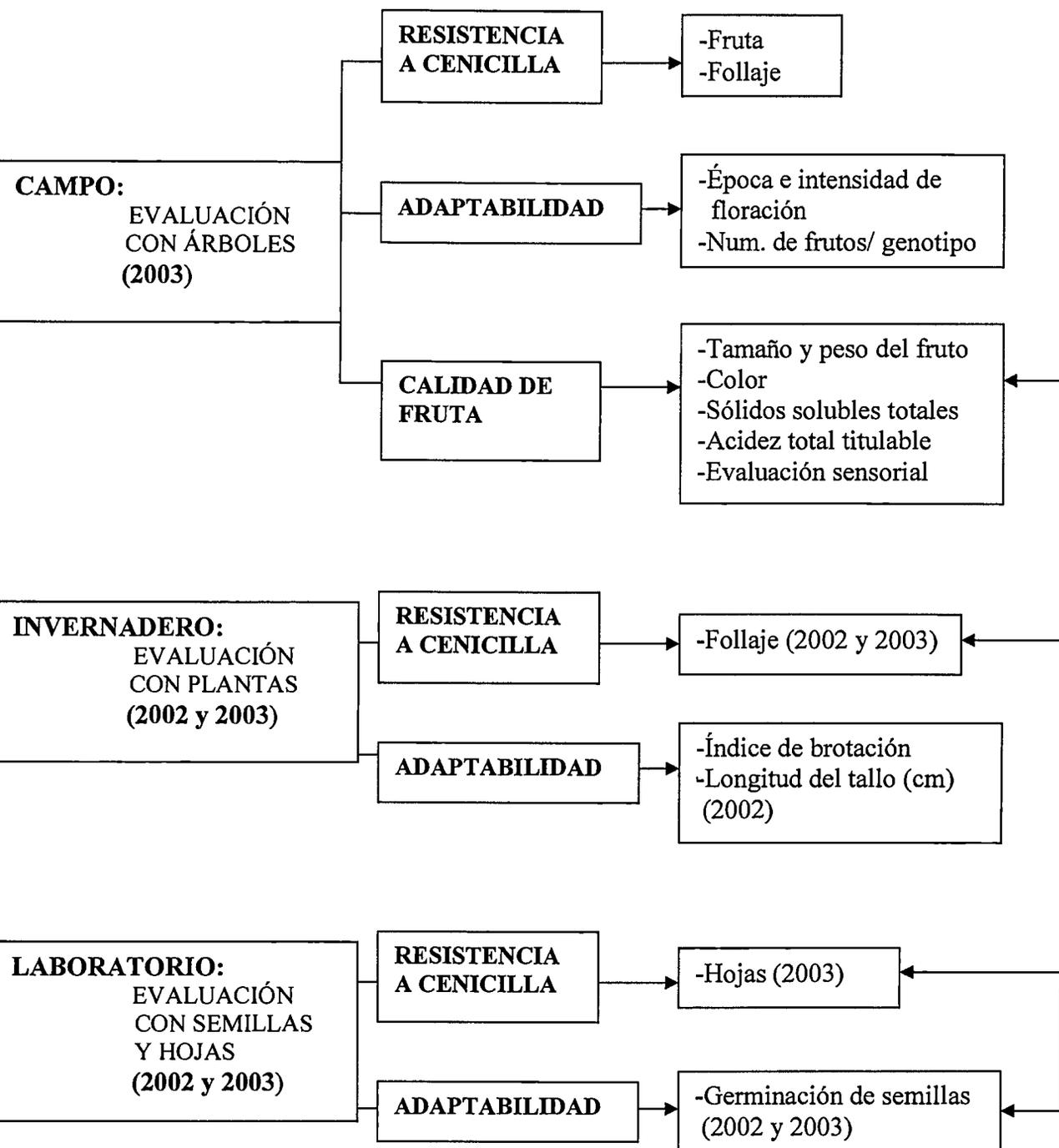


Figura 3.1. METODOLOGÍA GENERAL DE TRABAJO

a) Preparación del inóculo

En un matraz Erlenmeyer con 50 mL de agua destilada se sumergieron las hojas infectadas con cenicilla y después de agitar por 10 min, la suspensión obtenida se filtró a través de una gasa para eliminar los restos de hoja. El filtrado se centrifugó por 10 min a 3000 rpm y la pastilla se resuspendió en 10 mL de agua destilada (suspensión de esporas). La concentración de esporas en la suspensión se estimó mediante conteo en un hematocitómetro Neubauer (Superior Marienfeld Germany) con profundidad de 0.100 mm. El conteo se realizó en cinco cuadros de 1 mm² y el número de esporas totales se multiplicó por 2,000 para obtener el número de esporas/ mL de suspensión (Herbert y French, 1980).

3.3.3. Evaluación en el campo

3.3.3.1. Selección de los árboles *in situ*

Se trabajó con 16 árboles de albaricoquero del banco de germoplasma establecido en Huimilpan, Querétaro (Tabla 3.1). Los árboles se seleccionaron con base en su época de floración, con la finalidad de buscar resistencia a la enfermedad y, por ende, tener las posibilidades de propagar los materiales en el estado y en otras regiones del centro del país. A los albaricoqueros se les aplicó azufre humectable durante la primavera para evitar que se infectaran naturalmente con cenicilla. Después de tres semanas, se inocularon las hojas de dos ramas de cada árbol con una suspensión de 7×10^4 esporas/ mL (Jasso, 1988).

Tomando como referencia los trabajos realizados sobre resistencia en durazno, cereza dulce, vid y calabacita, tanto en campo como invernadero (Adeniji y Coiné, 1983; Doster *et al.*, 1985; Marroquín, 1990; Brown *et al.*, 1999; Olmstead y Lang, 2000; Hernández *et al.*, 2002), los árboles de albaricoque se evaluaron al día siguiente y a los 21 días después de la inoculación. Se realizó una evaluación adicional a los 117 días para corroborar los resultados obtenidos a los 21 días. Para evaluar el grado de daño por cenicilla se estimó el porcentaje de área foliar dañada (severidad), donde 100 % de daño corresponde a la mínima resistencia (materiales altamente susceptibles) hasta 0 % donde no hay evidencia de daño foliar (materiales denominados inmunes).

Tabla 3.1. Características generales de los árboles de albaricoque establecidos en Huimilpan, Qro. y evaluados en 2003

Clave	Origen	Época de floración
H10-26*	Criollo	Muy temprana
H9-1, H12-1, H18-1	Criollos	Temprana
H10-3*, Casa 1 y Casa 2	Sudáfrica	Temprana
H7-3, H20-12	Roma, Italia	Tardía
H7-9, H7-10, H7-14, H10-21, H12-17, H7-12	Sudáfrica	Tardía
H28-4	Criollo	Tardía

* Selecciones

3.3.3.2. Diseño del experimento en el campo

Diseño experimental: Completamente al azar

Unidad experimental: Un árbol

Tratamientos: 16 genotipos

Factores de estudio:

- a) **Incidencia:** Porcentaje de hojas dañadas por cenicilla respecto al total evaluado
- b) **Severidad:** Promedio de daño por cenicilla registrado en las ramas

Análisis de los datos

La severidad, como parámetro subjetivo, es una variable no paramétrica. Para realizar el análisis estadístico de esta variable estimada en porcentaje, se transformó a grados angulares (arco seno \sqrt{X}) (De la Loma, 1966). El análisis de los datos se realizó mediante el análisis de varianza de 'Fisher' y la prueba de medias por Tukey-Kramer ($p \leq 0.05$), usando el programa estadístico JMP versión 4.0.4. (Castaño y Domínguez, 2001). Los datos de la severidad después de haber realizado el análisis se expresan con valores no transformados.

3.3.3.3. Evaluación en los frutos

Para evaluar la resistencia a la cenicilla en el fruto, se trabajó con los 16 genotipos de albaricoquero (Apéndice 1), usando un mínimo de 20 frutos por árbol y registrando la incidencia y severidad de la enfermedad. La severidad por cenicilla se evaluó estimando el porcentaje de daño cubierto por el hongo en cada fruto y del cuál se obtuvo un promedio. La incidencia fue el parámetro que determinó el grado de susceptibilidad a la enfermedad, donde 100 % correspondió a la mínima resistencia (100 % de frutos dañados) hasta 0 % sin daño aparente (la máxima resistencia).

3.3.3.4. Diseño del experimento en frutos

Diseño experimental: Completamente al azar, con un mínimo de 20 repeticiones.

Unidad experimental: Un fruto

Tratamientos: 16 genotipos

Factores de estudio:

- a) **Incidencia:** Porcentaje de frutos dañados respecto al total evaluado/ árbol
- b) **Severidad:** Promedio de daño por cenicilla registrado en los frutos/ árbol

Análisis de los datos

El valor de severidad se transformó a grados angulares (arco seno \sqrt{X}) (De la Loma, 1966). Se obtuvo el promedio de daño en los frutos de cada árbol, expresándose las medias como valores no transformados.

3.3.4. Evaluación de plantas en el invernadero

Se evaluaron 23 genotipos de albaricoquero siete en 2002, y 16 en 2003 (Tablas 3.1 y 3.2). A partir de los árboles se colectaron frutos para extraer su semilla, la cual se escarificó y estratificó en frío entre 5 y 8° C; una vez que las semillas germinaron, se plantaron en macetas de plástico (con un volumen de 400 cc) que contenían suelo de textura franco arenosa con 5 % de materia orgánica. Las macetas se colocaron en el invernadero (T_{\max} de 25.6° y T_{\min} de 12.1° C) y se regaron de dos a tres veces por semana, hasta que las plantas tuvieran de tres a seis meses de edad. Las plantas se fertilizaron mensualmente con ácidos húmicos y fúlvicos (1 %).

Tabla 3.2. Clave y origen de los genotipos de albaricoquero evaluados en 2002

Clave	Procedencia
H7-5, H7-11, H12 (1,7)	Huimilpan, Querétaro
'Poppy'*	California, EE.UU.
Zaragoza, Valencia	Asturias y Valencia, España
Pueblito	Villa Corregidora, Querétaro

* Variedad

3.3.4.1. Inoculación natural

Las plantas de los 23 genotipos se evaluaron bajo condiciones de inóculo natural en el invernadero. Se usó un total de 70 plantas enfermas (del genotipo Pueblito), agitándose continuamente para incrementar las posibilidades de infección; además, el suelo del invernadero se humedeció cada semana para elevar la HR. El daño por cenicilla se evaluó estimando el porcentaje de área foliar dañada (severidad) de 0 a 100 %, donde 100 % de daño corresponde a materiales muy susceptibles al daño por cenicilla hasta 0 % catalogados como materiales inmunes.

3.3.4.2. Inoculación artificial

Los genotipos H9-1, H18-1, H12-1, H10-3, H7-3 (Tabla 3.1) se inocularon artificialmente por el método de aspersión, usando una suspensión de esporas a concentración de 7×10^4 esporas/ mL (Jasso, 1988). Se usaron cinco plantas (repeticiones) por genotipo y el grado de daño por cenicilla se evaluó como en el punto 3.3.4.1., al mismo tiempo, se evaluó el grado de daño por cenicilla en el laboratorio para confirmar los resultados.

3.3.4.3. Diseño del experimento en invernadero

Diseño experimental: Completamente al azar. En el 2002 se evaluó el grado de daño por cenicilla en condiciones de inoculación natural considerando siete repeticiones por genotipo y para el 2003, 13 repeticiones por genotipo, a excepción de H7-3 que solo tuvo cinco repeticiones.

Unidad experimental: Una planta

Tratamientos: siete genotipos

Factores de estudio: Una vez que las plantas manifestaron la infección por el hongo, se registró semanalmente la evolución de la enfermedad durante un mes, registrando

- a) **Incidencia:** Porcentaje de plantas dañadas
- b) **Severidad:** Porcentaje de daño por cenicilla registrado en cada planta

El registro de los datos de incidencia y severidad en el invernadero se continuó mensualmente de agosto a noviembre para los genotipos del 2002 y de septiembre a noviembre para los genotipos evaluados en el 2003.

Análisis de los datos

Para el análisis estadístico, los datos de severidad se transformaron a grados angulares (a arco seno \sqrt{X}) (De la Loma, 1966), pero sus medias se expresan como valores no transformados. Los datos se analizaron mediante el análisis de varianza de 'Fisher' y la prueba de medias por Tukey-Kramer ($p \leq 0.05$), usando el programa estadístico JMP versión 4.0.4 (Castaño y Domínguez, 2001).

3.3.5. Evaluación en el laboratorio

a) Recolección de hojas

Se colectaron hojas jóvenes del genotipo H12-17. Considerando la sensibilidad a la enfermedad, se tomaron la segunda y tercera hoja a partir del ápice de cada rama (Cartolaro, 1988).

b) Conservación de las hojas *in vitro*

Para evaluar en el laboratorio el grado de daño por cenicilla en las hojas colectadas de albaricoquero, se realizaron tratamientos de desinfección con NaClO (Cloralex®), con la finalidad de conservar las hojas el mayor tiempo posible y así evaluar su resistencia. Para estandarizar la técnica de desinfección de las hojas se utilizaron dos procedimientos:

A. Hojas completas. Las hojas colectadas se trataron con hipoclorito de sodio (NaClO) a concentraciones de 0.5, 1.0 y 2.0 % a diferentes tiempos de exposición (30, 60, 90 y 120 seg.) (Hebert y French, 1980); el NaClO residual se neutralizó con Tiosulfato de sodio (Monterrey®) a 1.0 %. Cada hoja se sumergió en etanol a 70 % por 30 segundos y se enjuagó con abundante agua estéril para evitar su deshidratación (Olmstead y Lang, 2000). Para secar completamente las hojas, éstas se colocaron en corriente de aire en campana de flujo laminar durante 20 minutos. Se acondicionaron cajas de Petri con un soporte constituido por una esponja de 5 mm de espesor cubierta con papel filtro, y se esterilizaron. El soporte se humedeció con 6 mL de agua estéril y sobre él se colocó la hoja con el haz hacia abajo (Cartolaro, 1988). Las cajas se sellaron con papel *parafilm* y se incubaron a $22^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$, iluminadas con luz fluorescente de 100 a 200 Wm^{-2} (Lab-Line®) durante 14 horas diarias (Brown *et al.*, 1999; Olmstead y Lang, 2000).

B. Discos de hojas. Se siguió el procedimiento descrito anteriormente para colectar y desinfectar las hojas. Después de secar las hojas, se cortaron discos de 16 mm de diámetro con ayuda de un horador desinfectado. Los discos foliares fueron depositados en cajas de Petri sobre el soporte humedecido y se almacenaron en las mismas condiciones.

La evaluación de los tratamientos de desinfección se determinó midiendo el porcentaje de daño (muerte-marchitamiento, alrededor del 35 %) presente en la hoja o el disco, mediante el cálculo de área foliar. El mejor tratamiento de desinfección fue aquel que permitió que las hojas fueran conservadas por más tiempo. La evaluación de la desinfección se realizó por triplicado, utilizando controles negativos (testigo sin tratar) en ambos casos.

3.3.5.1. Evaluación de la resistencia a cenicilla *in vitro*

El grado de daño por cenicilla en condiciones de laboratorio se evaluó en la progenie de los genotipos H9-1, H18-1, H12-1, H10-3 y H7-3 para verificar los resultados obtenidos en el invernadero. Semillas de los cinco genotipos se escarificaron y estratificaron para su posterior trasplante en macetas, las plantas se almacenaron en el invernadero hasta su evaluación *in vitro*. Los experimentos de evaluación del grado de daño por cenicilla sobre su hospedero se aplicaron con el mejor tratamiento de desinfección de las hojas analizadas anteriormente.

La inoculación con cenicilla se realizó en el envés de las hojas colocadas en las cajas de Petri en condiciones estériles, mediante suspensión de esporas y por raspado de conidios (Tores, 1990). Se emplearon tres niveles de inóculo: (600, 200 y 50 esporas/ hoja), dejando secar la suspensión del inóculo en la campana de flujo laminar. Las cajas se sellaron y se incubaron a $22^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$ con fotoperíodo de 14 horas (Brown *et al.*, 1999).

Diariamente se registró la incidencia (número de hojas que manifestaran presencia del hongo) y la severidad (porcentaje de daño en las hojas) en cada uno de los genotipos, basándose en el cálculo de áreas foliar colonizada por el hongo.

3.4. Evaluación de las posibilidades de adaptación

3.4.1. Velocidad de la germinación

Las semillas se desinfectaron con una solución de NaClO (hipoclorito de sodio) a 3.5 %, y se lavaron con agua esterilizada, se colocaron en un soporte de servilleta absorbente humedecida con una solución de Captan a 5 % (Funcap 50®) y se acomodaron dentro de bolsas de polietileno (10 x 12 cm), previamente etiquetadas con el nombre del material, # de semillas y fecha. Las semillas fueron depositadas a una distancia aproximada de 1 cm entre ellas, con un mínimo de 10 semillas por bolsa y se estratificaron en un refrigerador doméstico de 5 a 8° C para promover su germinación (Mondragón *et al.*, 2001). La germinación se determinó cuando las radículas de las semillas, alcanzaron de 1 a 2 mm de longitud. Durante el año 2002 se evaluaron un mínimo de 20 semillas de cada genotipo (Tabla 3.3).

En 2003 se evaluó la progenie de los 16 genotipos en el campo tomando un total de 40 semillas por genotipo (Tabla 3.1). Se realizó el registro diario de la germinación para relacionarlo con sus requerimientos climáticos es decir, con la época de floración de sus progenitores, extrayendo las semillas de sus bolsas para su posterior transplante al invernadero.

Tabla 3.3. Número de semillas evaluadas en siete genotipos de albaricoquero en 2002

Genotipo	Número de semillas evaluadas
H7-5	26
H7-11	87
H12 (1,7)	55
Pueblito	115
'Poppy'*	108
Valencia	23
Zaragoza	42

* Variedad

3.4.1.1. Diseño del experimento en la fase de semilla

Diseño experimental: Completamente al azar con un mínimo de 20 semillas (repeticiones) por genotipo para la evaluación del 2002 y 40 semillas por genotipo para la progenie del campo evaluada en 2003.

Unidad experimental: Una semilla

Tratamientos: 23 genotipos

Factores de estudio:

- a) **Días a inicio de germinación:** Tiempo requerido para la germinación de la primera semilla a partir de la estratificación.
- b) **Días a 80 % de germinación:** Tiempo requerido para la germinación de 80 % de la población a partir de la estratificación.
- c) **Periodo de germinación:** Número de días transcurrido entre la primera y última semilla germinada.

Análisis de los datos

Se realizó un análisis de correlación simple por pares entre la época de floración de los árboles adultos (padres) y los días a 80 % de germinación de su progenie, usando el paquete estadístico Statgraphics (Manugistics, Rockville, MD).

3.4.2. Evaluación de las plantas después del primer periodo de reposo

Las semillas germinadas (con una radícula de 1 a 2 mm de longitud) fueron sembradas en una mezcla de suelo esterilizado y humedecido a 2 cm de profundidad. Cada dos o tres días por semana se regaron con agua y, una vez por semana, se fertilizaron con ácidos húmicos y fúlvicos a 1 %. Durante el invierno de 2002, siete plantas de cada genotipo (Tabla 3.3) fueron almacenadas entre 6 y 8° C durante cuatro semanas para satisfacer sus requerimientos de frío durante el reposo. Las plantas fueron defoliadas completamente antes de ser sometidas al frío y, después del almacenamiento, se colocaron a la intemperie entre 8 y 14° C durante la noche y 18° a 28° C, durante el día.

3.4.2.1. Diseño del experimento en la fase de planta

Diseño experimental: Completamente al azar con siete plantas (repeticiones) por cada genotipo.

Unidad experimental: Una planta

Tratamientos: siete genotipos

Factores de estudio:

- a) Índice de brotación (Tabla 3.4)
- b) Longitud del tallo (cm) después de la salida del reposo

Tabla 3.4. Escala del Índice de brotación (IB) en plantas

Escala	Brotación
0	Yemas sin brotar
1	<10 % de yemas brotadas
2	Entre 10 a <50 % de yemas brotadas
3	Entre 50 y 75 % de yemas brotadas
4	>75 % de yemas brotadas

Pérez, 2002 (comunicación personal)

Análisis de los datos

Se realizó el análisis de varianza de Fisher y la prueba de medias de Tukey-Kramer ($p \leq 0.05$) (Castaño y Domínguez, 2001).

3.4.3. Evaluación de árboles en el campo

En árboles de albaricoquero establecidos en el campo (Huimilpan, Qro.) se realizó la evaluación de la adaptabilidad (Tabla 3.1). Se trabajó con 180 genotipos establecidos a los cuales se evaluó la época e intensidad de la floración y la carga de fruta. La época de floración se determinó mediante la escala descrita por Pérez (comunicación personal, 2003) (Tabla 3.5.) y la intensidad de floración se determinó de forma subjetiva usando una escala de 1 a 5, donde 1 corresponde a 20 flores y 5 a > 700 flores (Tabla 3.9). La producción se determinó por conteo de los frutos en cada árbol.

Tabla 3.5. Escala de la época de floración (EF) en árboles de albaricoquero

Época de floración	Periodo
Muy temprana	1 a 20 de enero
Temprana	21 de enero al 15 de febrero
Tardía	16 de febrero al 5 de marzo
Muy tardía	después del 5 de marzo

Pérez, 2003 (comunicación personal)

Tabla 3.6. Escala de evaluación de la intensidad de floración (IF)

Índice de Floración (IF)	~ Número de Flores
1	≤ 20
2	21-100
3	101- 400
4	401- 700
5	> 700

Pérez, 2003 (comunicación personal)

3.4.3.1. Diseño del experimento en árboles establecidos en el campo

Diseño experimental: Completamente al azar.

Unidad experimental: Un árbol (Tabla 3.1)

Variables evaluadas:

- a) **Época de floración** (EF) (Tabla 3.5)
- b) **Intensidad de floración** (Escala de 1 a 5) (Tabla 3.6)
- c) **Producción** (Número de frutos/ árbol)

3.5. Caracterización de la calidad de frutos de albaricoques

Entre mayo y junio del 2003, una vez iniciada la maduración de consumo, se colectaron los frutos de los 16 genotipos. Los frutos se llevaron al laboratorio para analizar su calidad. Para cada fruto se determinó el tamaño, peso y color; además del contenido de sólidos solubles (°Brix) y acidez titulable. Al mismo tiempo, se realizó un análisis sensorial para identificar los frutos más aceptados como fruta fresca.

3.5.1. Tamaño y peso del fruto

El tamaño del fruto se obtuvo midiendo la longitud y ancho de cada uno de cinco frutos usando un vernier y reportando el promedio. El peso se calculó del promedio de 25 frutos por cada genotipo usando una balanza granataria (Sartorius®).

3.5.2. Color

El color de la epidermis se determinó en cinco frutos limpios de cada genotipo. Se tomó la lectura en tres puntos equidistantes de la superficie de cada fruto usando el colorímetro Minolta modelo 2002, con el iluminante A y el observador a 10°, obteniéndose las coordenadas de color L* (luminosidad), a* (verde – rojo) y b* (azul – amarillo). La luminosidad nos indica la oscuridad o claridad del color que depende del flujo luminoso que es transmitido o reflejado por la muestra, sus valores varían desde 0 para el negro hasta 100 para el blanco (McGuire, 1992). Las coordenadas de color a* y b* ubican el color en el espacio en un sistema rectangular de coordenadas perpendicular a L*, cuyo eje es acromático (gris). Los valores de a* (eje x) son negativos, para coloraciones verdes y positivos para rojas.

Por su parte, los valores de b^* (eje y) son negativos para coloraciones azules y positivos para las amarillas. El ángulo de matiz o Hue ($H^\circ = \tan^{-1} (b^*/a^*)$) representa el ángulo entre las coordenadas a^* y b^* (0 - 360 grados) (McGuire,1992).

3.5.3. Sólidos solubles totales (°Bx)

Los sólidos solubles totales se determinaron en el jugo de cada fruto, usando un refractómetro ATAGO N-E1, con una escala de 0 a 32 °Bx, y con una resolución de 0.2°, calibrado previamente con agua destilada.

3.5.4. Acidez total titulable

La pulpa de cinco frutos se homogeneizó y almacenó en recipientes cerrados herméticamente a -20° C hasta su evaluación. Se homogenizaron 10 g de pulpa con 50 mL de agua destilada y se hirvieron durante 1 hora a volumen constante. Las muestras se enfriaron, filtraron y aforaron a 50 mL; la acidez se estimó por titulación con una solución valorada de NaOH 0.1 N (J.T. Baker) y fenoftaleína (Merk) como indicador. La determinación se realizó por triplicado y los resultados se expresaron como porcentaje de ácido málico (porcentaje de ácido málico/100 g de producto), de acuerdo a la siguiente ecuación (AOAC, 1997):

$$\% \text{ác. Málico} = (G * N * F * 100) / W$$

Donde:

N= Normalidad de la solución de NaOH,

F= miliequivalentes de Ácido Málico = 0.067,

W= Peso de la muestra (g),

G= Cantidad, en mL de NaOH 0.1 N gastados a la neutralidad.

3.5.5. Diseño del experimento de la calidad de la fruta

Diseño experimental: Completamente al azar con cinco frutos (repeticiones) por cada genotipo.

Tratamientos: 16 genotipos

Unidad experimental: Un fruto

Factores de estudio:

- a) **Tamaño y peso de fruto**
- b) **Color**
- c) **Sólidos solubles totales (SST)**
- d) **Acidez total titulable (AT)**

Análisis de los datos

Se realizó el análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey- Kramer ($p \leq 0.05$) (Castaño y Domínguez, 2001).

3.5.6. Evaluación sensorial

Con la finalidad de estimar la aceptación por parte del consumidor de los frutos de los genotipos resistentes y susceptibles a cenicilla; se realizó la evaluación sensorial. Para la degustación de las muestras se cortaron los frutos en rebanadas de aproximadamente 2 cm. Antes de iniciar la prueba, a los panelistas se les colocó lentes de color rojo para evitar posibles interferencias en los parámetros que determinan apariencia externa de la fruta. Después de evaluar cada muestra, los panelistas se enjuagaron la boca con agua para evitar sesgos entre los 16 materiales. La evaluación sensorial se realizó con 11 panelistas, utilizando una escala hedónica no estructura descrita por De Santiago (1999). La escala es una línea recta dividida a la mitad y numerada en los extremos desde 1 a 9, donde 1 corresponde al mínimo agrado y el 9 al máximo agrado del fruto por el consumidor (De Santiago, 1999).

Factores de estudio:

- a) **Satisfacción general**
- b) **Sabor**
- c) **Apariencia externa**
- d) **Tamaño**

Análisis de los datos

Se realizó el análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey- Kramer ($p \leq 0.05$). Además, se generó una matriz de correlación para determinar el grado de asociación entre las distintas variables evaluadas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Identificación del estado conidial de la cenicilla

En plantas cultivadas en el invernadero se logró identificar la cenicilla (*Podosphaera emend.*) por los síntomas típicos de la enfermedad. La observación macroscópica evidenció las manchas blancas con aspecto polvoriento y las observaciones en el microscopio estereoscópico, la formación de micelio y esporas hialinas creciendo sobre la superficie de las hojas (Fig. 4.1). Estas características coinciden con lo reportado por Braun *et al.* (2002); Benjama (1997); Agrios (1991) y Pataky (1987).

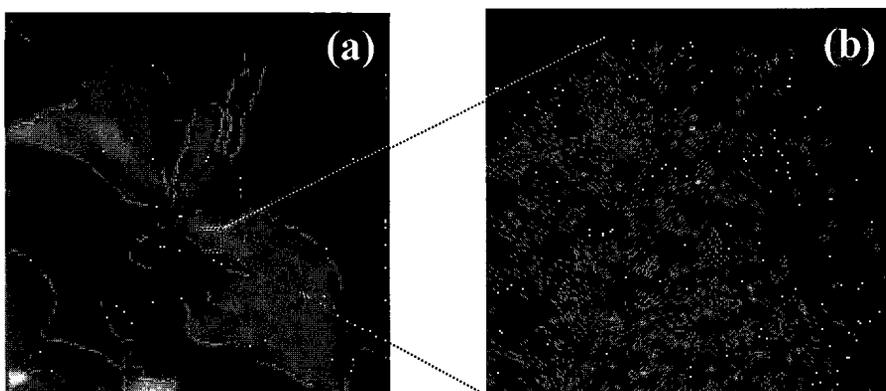


Figura 4.1. Observación macroscópica (a) y estereoscópica (b) de albaricoquero (genotipo Pueblito) susceptible a cenicilla

Además, se observaron e identificaron los conidios, con ayuda del microscopio simple y preparaciones en fresco (portaobjetos y muestra con una gota de KOH a 7 %), los cuales presentaron un tamaño promedio de $15.7 \times 31.7\mu$. Estos conidios pertenecen a la clasificación de hialomelosporas ya que son hialinos y no presentan septos (Fig. 4.2), según la monografía de *Erysiphales* (Braun *et al.*, 2002). Asimismo, se apreciaron los conidióforos septados y hialinos, ramificándose en ángulo recto. Usando el MEB confirmamos lo anterior (Fig. 4.3).

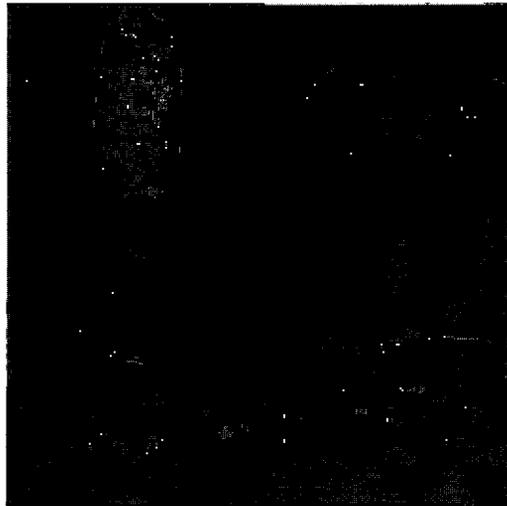


Figura 4.2. Observación microscópica de esporas de *P. emend* (preparación en fresco)

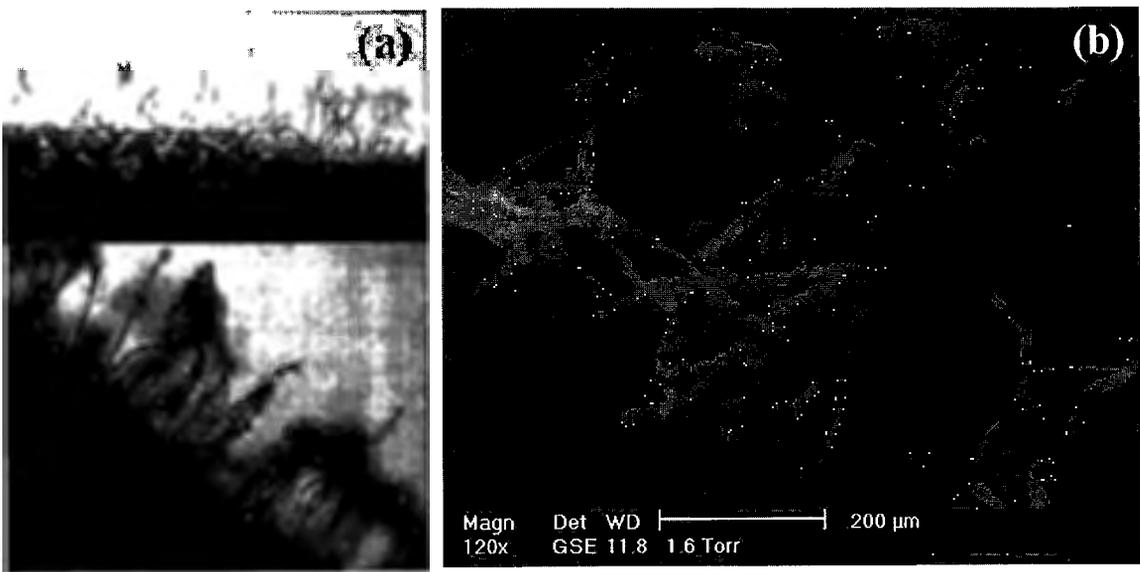


Figura 4.3. Observaciones del desarrollo de los conidios de cenicilla en (a) Estereoscopio y (b) Microscopia electrónica de barrido (MEB) ubicados en ángulo recto respecto de su hospedero

4.2. Determinación de la resistencia a cenicilla

4.2.1. Evaluación en el campo

Durante el mes de evaluación de la resistencia a cenicilla (última semana de abril a la tercera de mayo) ninguna de las hojas inoculadas presentó la enfermedad (manchas blancas con aspecto polvoriento). Sin embargo, los genotipos H7-9, H10-21, H12-17, H7-10, H7-12, H10-3 y H9-1 mostraron pequeñas manchas cloróticas en la mayoría de las hojas al siguiente día de la inoculación, quizá como un síntoma de la susceptibilidad a la enfermedad, las cuales se mantuvieron hasta los 21 días, aunque las diferencias en el grado de daño fueron evidentes después de los tres meses de la evaluación. La Tabla 4.1 muestra el porcentaje de daño por cenicilla de los genotipos evaluados, a través del tiempo.

Tabla 4.1. Porcentaje de daño por cenicilla en hojas de albaricoquero inoculadas con 7×10^4 esporas /mL (2 ramas por árbol)

Genotipo	Inicio	1 día	21 días	117 días
H7-3	0	0	0	0.5
H7-9	0	0**	0**	5
H7-14	0	0	0	2
H10-21	0	0**	0**	10
H10-26*	0	0	0	5
Casa 2	0	0	0	7
H12-17	0	0**	0	6
H18-1	0	0	0	16
H7-10	0	0**	0**	20
H7-12	0	0**	0**	15
H10-3*	0	0**	0**	12
H28-4	0	0	0	17
Casa 1	0	0	0	20
H9-1	0	0**	0**	20
H12-1	0	0	0	40

[†] Basado en escala porcentual de 100 = muy susceptible, ** = Clorosis a 0 = sin daño aparente.

* Selecciones

Los estudios de resistencia a cenicilla, ya sea en condiciones de invernadero o de campo, en durazno, uva y calabacita, solamente se realizaron durante 21 días, después de la inoculación (Adeniji y Coiné 1983; Marroquín, 1990; Brown, *et al.*, 1999; Hernández, *et al.*, 2002). Para nuestro estudio, en el campo, se realizó una evaluación adicional a los 117 días (julio), lo cual nos permitió detectar que los genotipos mostraron

algún grado de daño, incluso en las ramas no inoculadas. Esta evaluación resultó interesante debido a que nos permitió observar que genotipos como H12-1 y el H9-1 que a los 21 días no mostraron daño aparente; a los 117 días de la evaluación presentaron un 40 % y 20 % de daño, respectivamente; denotando de esta manera susceptibilidad a la enfermedad. Además esta última evaluación permitió observar que en los demás genotipos se incrementó ligeramente el daño por cenicilla que se evidenció a los 21 días, lo cual indica su grado de resistencia. Los genotipos fueron por lo tanto agrupados con base a su grado de resistencia como materiales muy resistentes, resistentes, medianamente resistentes y susceptibles a cenicilla (Brown, *et al.*, 1999). Los resultados observados en la Tabla 4.1 muestran que los genotipos catalogados como muy resistentes a cenicilla fueron H7-3, H7-14, H7-9, H10-26, H12-17, Casa 2 y H10-21 los cuales presentaron daños menores a 10 %; seguidos de H10-3 y H18-1 (materiales resistentes) con daños entre 11 y 16 %. El genotipo H12-1 fue catalogado como susceptible con 40 % de daño. El resto de los materiales manifestaron entre 17 a 20 % de daño (medianamente resistentes).

Estos resultados concuerdan con los reportados por Jasso (1988) para el caso de durazno. Aunque dicho autor realizó la evaluación (15 días después de la 1era observación) bajo condiciones de infección natural, encontró diferencias en la resistencia a la enfermedad entre los materiales, tanto en el follaje como en el fruto. Nosotros observamos que los daños en el follaje fueron mínimos durante la primavera (abril) y se acentuaron en el verano (julio); sin embargo, también observamos que los frutos de los genotipos evaluados presentaron daños por cenicilla en condiciones de inóculo natural, justo antes de la maduración de los mismos. Estas observaciones concuerdan con las realizadas por Benjama (1997) en Marruecos quien determinó que los frutos de albaricoque son más afectados por la cenicilla que las hojas. Basados en estas observaciones decidimos evaluar la fruta de los 16 genotipos.

4.2.1.1. Evaluación en la fruta

La evaluación de resistencia a la cenicilla en la fruta permitió detectar diferencias entre materiales bajo condiciones de infección natural. Para este caso, la resistencia se evaluó considerando la incidencia (I) y la severidad (S) de la enfermedad (Tabla 4.2). Los materiales fueron denominados con base en su grado de resistencia a la cenicilla como inmunes, muy resistentes, resistentes, medianamente resistentes, susceptibles y muy susceptibles. Se

seleccionó a la incidencia como el parámetro más importante para determinar la resistencia a la enfermedad debido a que puede ser determinante en términos de productividad del árbol. Los resultados de la incidencia (porcentaje de frutos dañados respecto al total evaluado), muestran que ninguno de los frutos del genotipo H7-9 presentó daño (I = 0 %), por tal motivo se le denominó como inmune. Los genotipos más resistentes fueron H7-14 y H10-21 los cuales presentaron menos del 10 % de frutos dañados; los resistentes fueron H28-4 y Casa 1, que presentaron valores entre 14 y 16 %; los genotipos H10-26, H7-3 y H10-3 con valores entre 31 y 45 % de daño, fueron ubicados como materiales susceptibles; mientras que los genotipos H9-1 y H20-12 con 74 y 95 % de incidencia fueron catalogados como muy susceptibles. El genotipo Casa 2 presentó una incidencia de 17 % y daños de 11.8 % por tal motivo fue catalogado como material medianamente resistente. El resto de los materiales (medianamente resistentes) manifestó una incidencia intermedia de entre 20 y 30 % de frutos dañados. Llama la atención que los frutos de los genotipos más resistentes a la cenicilla presentaron una época de floración tardía (H7-9, H7-14, H10-21, H28-4); estos genotipos provienen de Sudáfrica, a excepción de H28-4, que proviene de Palmas Altas, Zacatecas.

Tabla 4.2. Incidencia y severidad de cenicilla en frutos de albaricoque evaluados bajo condiciones de inóculo natural

Genotipo	Incidencia¹ (%)	Severidad²
H7-9	0	0
H7-14	3.6	5
H10-21	9.5	6.5
H28-4	14.3	2.7
Casa 2	16	5.2
Casa 1	17	11.8
H12-1	19	8.4
H18-1	21.1	4.8
H7-10	27.3	3.8
H12-17	28.8	4.8
H7-12	29	6.4
H10-26	32.5	9.8
H7-3	33.3	9.6
H10-3	44.9	7.4
H20-12	74	8.2
H9-1	94.3	33.3

¹ Numero de frutos dañados entre el total evaluado / árbol

² Porcentaje de daño promedio por cenicilla registrado en cada genotipo

El resto de los materiales evaluados, no se encuentra bien definido con base al grado de resistencia y el lugar de procedencia, debido a que este parámetro fue variable entre los demás genotipos.

Por lo que respecta a la severidad, la Tabla 4.2 muestra el promedio de frutos dañados por la cenicilla en cada genotipo. El genotipo H9-1 fue el más susceptible con una severidad de 33 % de daño en los frutos, denotando de esta manera su extremada susceptibilidad a la enfermedad. Los materiales con menor daño fueron H28-4, H7-10, H12-17 y H18-1; con daños mínimos entre 2.7 y 4.8 %, a excepción de H7-9 que fue prácticamente inmune ya que no presentó frutos dañados. Los genotipos restantes presentaron valores de severidad entre 5.0 y 12 % de daño, respectivamente.

En estudios realizados por Doster *et al.* (1985) en vid se observó que la severidad en la fruta estaba correlacionada de manera significativa con la severidad en las hojas, lo cual contrasta en nuestro estudio con las evaluaciones realizadas en albaricoqueros, ya que la infección en follaje no se observó de manera severa, aunque sí pudieron detectarse diferencias en los frutos evaluados.

4.2.2. Evaluación de resistencia en plantas cultivadas en el invernadero

4.2.2.1. Infección con inóculo natural

A pesar de que el daño por cenicilla se evaluó en invernadero en condiciones de infección natural, la concentración del patógeno resultó suficiente para detectar diferentes grados de susceptibilidad y resistencia en los genotipos evaluados en 2002 y 2003 (Tabla 4.3 y Tabla 4.6).

4.2.2.1.1. Evaluación de plantas en invernadero en 2002

Las Tablas 4.3 y 4.4 muestran los resultados obtenidos en el grado de daño por cenicilla en las plantas evaluadas en el invernadero bajo condiciones de inoculación natural. En los siete materiales evaluados durante agosto de 2002 se observaron diferencias significativas en el porcentaje de daño por cenicilla ($p \leq 0.05$). Los valores fluctuaron entre 5.0 % y 42.1 % de daño. Las diferencias en los genotipos se manifestaron a partir de la segunda semana después de haberse iniciado la evaluación. Sin embargo, se observó que, a la tercera semana, la población se uniformizó respecto al daño por cenicilla y, a la cuarta semana

(1er mes), se observaron diferencias notorias entre los siete genotipos evaluados. La incidencia (I) de los materiales al mes de evaluación muestran los valores mas bajos para H7-5 y H12(1,7) con I = 42.9 % equivalente a 3 plantas enfermas de un total de siete, mientras que H7-11 registró una I = 71.4 % equivalente a cinco plantas enfermas de siete. El resto de los materiales mostró 100 % de incidencia. Los resultados al mes de la evaluación muestran que los genotipos mas resistente fueron H7-5 y H12(1,7) con daños menores a 10 % e I de 42.9 %, seguido de H7-11 con daños menores a 10 % e I de 71.4 %. Los genotipos Poppy, Zaragoza y Valencia presentaron daños entre 20 y 31 % con una I de 100 %; según el análisis estadístico, estos materiales no presentaron diferencias significativa ($p \leq 0.05$) en el daño por cenicilla debido a la variabilidad interna de cada grupo. El genotipo más susceptible fue Pueblito ya que presentó el mayor daño por cenicilla (42 %) y su I fue de 100 %.

Tabla 4.3. Porcentaje de daño¹ por cenicilla en plantas de albaricoquero evaluadas con inóculo natural durante cuatro semanas

Genotipo	1er semana	2da semana	3era semana	4ta semana
'Poppy'	2.1	13.3 ^{bc}	23.6 ^{cd}	30.7 ^{ab}
H7-11	0	2.1 ^{ab}	4.3 ^{abc}	7.9 ^a
Valencia	0	10.7 ^{bc}	22.9 ^{cd}	31.4 ^{ab}
Pueblito	0	12.1 ^c	25.0 ^d	42.1 ^b
Zaragoza	0	4.3 ^{abc}	15.7 ^{bcd}	20.7 ^{ab}
H7-5	0	2.1 ^{ab}	2.9 ^{ab}	5.0 ^a
H12(1,7)	0	0 ^a	0 ^a	6.4 ^a
"F" (D.M.S)	2.3 n.s (4.9)	6.1 ** (14.0)	7.3 ** (18.1)	4.9 ** (24.9)

¹ Datos transformados a grados angulares para su análisis y expresados en términos de la variable original
 Letras distintas indican diferencias significativas, usando prueba de Tukey-Kramer

** = Diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$)

* = diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

ns = no significativo

Para corroborar los resultados obtenidos durante el primer mes de evaluación, se decidió continuar la evaluación durante los dos meses siguientes y verificar si los materiales mantenían su comportamiento al término de la misma. Durante el segundo y tercer mes se confirmó que los siete materiales estudiados solo agudizaron sus diferencias en el daño por cenicilla (Tabla 4.4), pues tanto los materiales con mayor y menor daño se mantuvieron como tales a lo largo de todo el periodo de evaluación.

La incidencia (I) en los materiales al finalizar el registro de los datos (tres meses) fue del 100 %, excepto para el genotipo H7-5 que mostró una I de 85.7 %.

Los diferentes grados de daño a cenicilla encontrados en los siete genotipos evaluados de agosto a noviembre de 2002 nos permitieron clasificarlos como materiales medianamente resistentes, susceptibles y muy susceptibles al daño por cenicilla (Tabla 4.4). El menor grado de daño (materiales medianamente resistentes) se registró en el genotipo H7-5, seguidos de H7-11, H12(1,7) y Zaragoza catalogados como materiales susceptibles. Los genotipos Valencia, Pueblito y 'Poppy' fueron los más susceptibles al daño por cenicilla.

Tabla 4.4. Porcentaje de daño¹ por cenicilla en plantas de albaricoquero evaluadas con inóculo natural durante tres meses

Genotipo	septiembre	octubre	noviembre
'Poppy'	30.7 ^{ab}	58.0 ^{bc}	76.4 ^c
H7-11	7.9 ^a	17.6 ^a	41.4 ^a
Valencia	31.4 ^{ab}	41.4 ^{abc}	61.4 ^{abc}
Pueblito	42.1 ^b	62.0 ^c	75.7 ^{bc}
Zaragoza	20.7 ^{ab}	24.6 ^{ab}	45.0 ^{abc}
H7-5	5.0 ^a	14.5 ^a	30.0 ^a
H12(1,7)	6.4 ^a	15.1 ^a	38.6 ^{ab}
"F" (D.M.S)	4.9 ** (24.9)	8.0 ** (21.4)	5.4 ** (27.7)

¹ Datos transformados a grados angulares para su análisis y expresados en términos de la variable original

Letras distintas indican diferencias significativas, usando prueba de Tukey-Kramer

** = Diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$)

Las diferencias observadas en este estudio pueden tener un origen genético ya que las plantas se encontraban bajo las mismas condiciones ambientales dentro del invernadero; tal como lo mencionaron Robinson (1985); Bell (1987) y Dayton *et al.* (1988).

En la Tabla 4.5 se muestra el porcentaje de distribución del daño por cenicilla en cada uno de los genotipos evaluados. Al realizar una comparación en el 1er y 3er mes de evaluación, se observó nuevamente que el genotipo Pueblito, proveniente de la región de Querétaro, fue el más susceptible a la enfermedad (más de 70 y 86 % de plantas dañadas, respectivamente).

Tabla 4.5. Distribución del daño ocasionado por cenicilla en plantas de albaricoquero evaluadas con inóculo natural en el invernadero durante tres meses

Genotipo	Porcentaje de plantas en cada nivel de severidad					
	0 % (sin daño)	1-10 %	11-20 %	21-30 %	31-49 %	≥ 50 %
'Poppy'						
1er mes	28.6	0	14.29	14.29	28.6	14.29
2do mes	0	0	0	57.14	14.29	28.6
3er mes	0	0	0	14.29	42.86	42.86
H7-11						
1er mes	28.6	14.29	28.6	28.6	0	0
2do mes	0	14.29	14.29	57.14	14.29	0
3er mes	0	14.29	14.29	14.29	42.86	14.29
Valencia						
1er mes	0	0	28.6	14.29	42.86	14.29
2do mes	0	0	14.29	28.6	42.86	28.6
3er mes	0	0	0	0	42.86	57.14
Pueblito						
1er mes	0	0	0	14.29	71.43	14.29
2do mes	0	0	0	0	14.29	85.71
3er mes	0	0	0	0	14.29	85.71
Zaragoza						
1er mes	0	0	14.29	57.14	28.6	0
2do mes	0	0	0	71.43	28.6	0
3er mes	0	0	0	14.29	71.43	14.29
H7-5						
1er mes	57.14	0	28.6	14.29	0	0
2do mes	14.29	14.29	28.6	28.6	14.29	0
3er mes	14.29	0	0	28.6	42.86	14.29
H12(1,7)						
1er mes	57.14	0	28.6	0	14.29	0
2do mes	0	0	42.86	42.86	14.29	0
3er mes	0	0	0	42.86	28.6	28.6

Los genotipos Valencia, Zaragoza y 'Poppy', provenientes de España y California, respectivamente, mostraron gran susceptibilidad a cenicilla al terminó de la evaluación, la mitad de la población presentó más de 50 % de daño, a excepción de Zaragoza que el 71 % de su población mostró daños entre 31 y 49 %. Podemos apreciar que el genotipo 'Poppy', a pesar de que manifestó diferentes grados de daño en el primer mes, el 27 % de su población estaba libre de cenicilla. Sin embargo, al finalizar el periodo de estudio, todas las plantas estaban enfermas y la mitad de ellas incluso con un daño severo (más del 50 %). Estos resultados indican que este genotipo, en particular, presenta una gran susceptibilidad a

cenicilla. En el mismo contexto, en el primer mes se registró que el menor grado de daño a cenicilla lo presentaron los materiales H7-5, H12(1,7) y H7-11 con menos de 10 % de daño en la mitad de la población; a los tres meses todas las plantas enfermaron con diferentes grados de daño, a excepción del genotipo H7-5 donde 14 % de su población no enfermó. Esta variabilidad en cuanto al grado de daño por cenicilla nos puede sugerir el grado de susceptibilidad o resistencia de sus progenitores; es decir aquellas plantas que finalmente enfermaron pueden provenir de padres también susceptibles.

Con base en estos resultados, se eligieron plantas individuales que destacan por su alto grado de resistencia al daño por cenicilla para que puedan ser utilizados en evaluaciones en diversos ecosistemas representativos del centro del país.

4.2.2.1.2. Evaluación de plantas en invernadero en 2003

Durante la evaluación en invernadero de los 16 genotipos de albaricoquero en el periodo de septiembre a noviembre de 2003, se encontraron diferentes grados de daño a cenicilla, aún cuando los genotipos fueron evaluados en condiciones de inóculo natural (Tabla 4.6). Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los materiales más resistentes y susceptibles desde la primera semana; sin embargo, los daños por cenicilla se uniformizaron en la segunda y cuarta semana de evaluación. En la sexta y octava semana se manifestaron diferencias contrastantes entre los materiales más resistentes y susceptibles a la enfermedad. Al terminó de la evaluación (octava semana) los genotipos fueron ubicados como inmunes, resistentes, medianamente resistentes, susceptibles y muy susceptibles a cenicilla (Brown, *et al.*, 1999). El genotipo H7-3 fue catalogado como inmune, debido a que no mostró daños por el hongo a lo largo de toda la evaluación. El menor grado de daño (materiales resistentes) se observó en los genotipos H10-21, H12-17, Casa 1, H12-1 y H20-12 que registraron una severidad de 11 a 16 % de daño y una incidencia (I) entre 7.7 a 15.4 %, a excepción de H12-17, que mostró una I de 31 %. Los genotipos más susceptibles a cenicilla fueron H9-1, H18-1 con un daño entre 85 y 98 % y con una I superior al 80 % (Apéndice 2). El resto de los materiales mostraron resistencia intermedia con daños entre 20 y 30 %.

Tabla 4.6. Porcentaje de daño¹ por cenicilla en plantas de albaricoquero evaluadas con inóculo natural durante dos meses

Genotipo	1er semana	2da semana	3era semana	4ta semana	5ta semana	6ta semana	7ma semana	8va semana
H7-3	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^{ab}	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
H12-17	0.2 ^a	1.1 ^{ab}	1.8 ^a	2 ^{ab}	1.8 ^a	3.4 ^a	4.3 ^{ab}	12.7 ^{ab}
H10-21	0.07 ^{ab}	0.3 ^{ab}	1.2 ^a	1.2 ^{ab}	1.6 ^a	2.5 ^a	7.2 ^{ab}	16.6 ^{ab}
Casa 1	0.02 ^a	0.2 ^a	0.3 ^a	0.5 ^{ab}	1.9 ^a	7.2 ^{ab}	11.5 ^{abc}	16.1 ^{ab}
H12-1	0.2 ^{ab}	0.5 ^{ab}	2.4 ^{ab}	2.3 ^{ab}	2.5 ^a	5.1 ^{ab}	10 ^{abc}	22.7 ^{abc}
H20-12	0 ^a	1.9 ^{ab}	4.2 ^{ab}	4.8 ^{ab}	5.0 ^{ab}	6.3 ^{ab}	14.5 ^{abcd}	24.6 ^{abc}
H7-14	0.02 ^a	0.1 ^a	0.3 ^a	0.3 ^a	0.3 ^a	1.9 ^a	14.2 ^{abc}	27.9 ^{abc}
H28-4	0.2 ^{abc}	1.3 ^{ab}	6.2 ^{abc}	6.4 ^{ab}	4.8 ^{ab}	5.6 ^{ab}	17.4 ^{abcd}	30.7 ^{abc}
H7-9	0.1 ^{abc}	0.3 ^a	1.4 ^a	1 ^{ab}	0.2 ^a	1.5 ^a	19.8 ^{abcd}	40.8 ^{bcd}
H10-26	0.4 ^{bcd}	6.1 ^c	12.9 ^c	1.6 ^{ab}	2.9 ^a	4.3 ^{ab}	27.2 ^{bcde}	45.4 ^{bcd}
H7-12	0.2 ^{abc}	0.5 ^{ab}	0.6 ^a	0.9 ^{ab}	3.2 ^a	6.2 ^{ab}	10.7 ^{ab}	60.1 ^{cde}
H10-3	0.08 ^a	0.3 ^{ab}	2.6 ^a	2.8 ^{ab}	3.7 ^a	11.5 ^{ab}	39.2 ^{cdef}	71.2 ^{de}
H7-10	0.1 ^{ab}	0.4 ^{ab}	0.6 ^a	4.3 ^{ab}	8.4 ^{ab}	15.4 ^{ab}	42.5 ^{def}	75.8 ^{ef}
Casa 2	0.2 ^{abc}	0.4 ^{ab}	2.7 ^{ab}	8.4 ^{ab}	13.4 ^{ab}	25.1 ^{bc}	51.6 ^{efg}	79.2 ^{ef}
H18-1	0.5 ^{cd}	1.7 ^{ab}	4.7 ^{ab}	14.3 ^b	27.6 ^b	38 ^c	74.6 ^g	93.9 ^f
H9-1	1.1 ^d	2.7 ^{bc}	10.5 ^{bc}	9.8 ^b	11.6 ^{ab}	23.5 ^{bc}	66.1 ^{fg}	97.7 ^f
(D.M.S)	7.5**(2.4)	6.6**(5.2)	5.8**(9.4)	2.7**(12.1)	3.7**(15.1)	6.6**(16.8)	14**(20.9)	22.4**(24.6)

Datos transformados a grados angulares para su análisis y expresados en términos de la variable original
 Letras distintas indican diferencias significativas, usando prueba Tukey- Kramer

* = Diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$)

Según Moore y Janick (1988), las posibilidades de que algún cultivar posea alguna forma de resistencia se observa cuando el cultivar aparece frecuentemente con baja incidencia. Por ello, en nuestro estudio, se consideró que los genotipos H7-3, H10-21, y Casa 1, con valores de I entre 0 a 15.4 % deben seguirse estudiando, ya que dichos genotipos podrían constituir una base genética importante en futuros programas de mejoramiento genético.

4.2.2.2. Inoculación artificial

Para esta evaluación, se trabajó con plantas de cinco genotipos seleccionados. Los resultados en el grado de daño de las plantas inoculadas artificialmente con una suspensión de esporas de cenicilla fueron muy similares a los observados cuando se inocularon naturalmente.

Las plantas inoculadas con cenicilla registraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) respecto a la severidad de la enfermedad a partir de la segunda semana de evaluación

(Tabla 4.7). Sin embargo, se observó que a la tercera y a la cuarta semana la población se uniformizó respecto al daño por cenicilla. Los resultados al mes de evaluación mostró que el genotipo H7-3 resultó inmune debido a que no mostró daño aparente de la enfermedad. Los genotipos H12-17 (resistente), H10-3 y H18-1 (susceptible) presentaron daños de 11 %, 34 % y 47.4%, respectivamente. El genotipo más susceptibles fue H9-1 con 73.8 % de daño. Al finalizar la evaluación (un mes) la I fue de 100 % en todos los materiales excepto para el genotipo H7-3 que mostró una I de 0 %, es decir, todas las plantas resultaron libres de daño por cenicilla. Durante la evaluación realizada observamos que, en condiciones de inoculación artificial, no es conveniente seguir evaluando los materiales después de un mes, ya que solo se confirman los resultados obtenidos.

Tabla 4.7. Porcentaje de daño por cenicilla¹ observada en plantas juveniles de cinco genotipos de albaricoquero inoculadas en el invernadero con 7×10^4 esporas /mL

Genotipo	1er semana	2da semana	3er semana	4ta semana
H7-3	0 ^{ns}	0 ^a	0 ^a	0 ^a
H12-17	0.4 ^{ns}	0.4 ^{ab}	3.4 ^{ab}	11.0 ^{ab}
H10-3	0.5 ^{ns}	1.0 ^{ac}	15.0 ^{ab}	34.0 ^{ab}
H18-1	4.9 ^{ns}	2.3 ^{bc}	47.4 ^b	47.4 ^{ab}
H9-1	2.4 ^{ns}	5.6 ^c	52.5 ^b	73.8 ^b
"F" (D.M.S)	2.9 *(9.5)	6.4 *(8.3)	4.3 *(46.8)	4.6* (50.8)

¹ Datos transformados a grados angulares para su análisis y expresados en términos de la variable original

Letras distintas indican diferencias significativas, usando prueba de Tukey-Kramer

* = diferencias significativas al nivel de $p \leq 0.05$

ns = diferencias no significativas

4.2.3. Evaluación de la resistencia a cenicilla en el laboratorio

4.2.3.1. Conservación de hojas *in vitro*

a) Tratamientos de desinfección en hojas completas

Para evaluar el grado de daño por cenicilla en las hojas de albaricoquero en el laboratorio se trabajó con hojas sanas. Sin embargo, durante las evaluaciones preeliminares se observó el desarrollo de la flora nativa, lo que disminuyó el tiempo de conservación de las hojas. Para poder conservarlas por más tiempo, las hojas se trataron con soluciones de NaClO para disminuir la carga microbiana, otras se enjuagaron con agua destilada estéril y otras se dejaron sin tratamiento, como control.

Las hojas sin tratamiento se conservaron por 15 días, mientras que las hojas enjuagadas se conservaron ocho días más (23 días). En los tratamientos realizados con soluciones de NaClO se observó que la exposición por 30, 60 y 90 segundos (s) a concentraciones de 1 y 2 % fueron efectivas para prolongar la vida útil de las hojas (Tabla 4.8); por otro lado, la exposición de las hojas por 30 s en NaClO a 0.5 % prolongaron por más tiempo la vida útil de las hojas (23 días) que una exposición por 60 s en la misma concentración (15 días). Tanto el enjuagado de las hojas con agua destilada como la exposición a 0.5% de NaClO por 30 s conservan a las hojas por el mismo tiempo.

El mejor tratamiento de desinfección fue el de NaClO a 2 % durante 90 s, ya que logró conservar las hojas por un periodo de hasta 35 días (Tabla 4.8). En los tratamientos con NaClO a 1 % se observó que, a medida que se incrementó el tiempo de exposición, se incrementó también la conservación de las hojas; es decir, la exposición de las hojas por 30 s las conservó por 11 días; mientras que a 60 y 90 s las hojas se conservaron por 27 y 31 días, respectivamente. Esta tendencia fue similar en los tratamientos de NaClO a 2 %; sin embargo, con 60 s de exposición, la conservación de las hojas fue de solo 15 días, comparado con el tratamiento a 30 s (23 días) y 90 s (35 días). Por el contrario, en los tratamientos con NaClO a 0.5 % se observó que durante 30, 60 y 90 s se presentó un efecto inverso en la conservación de las hojas; mientras a 30 s se logró conservar las hojas por 23 días, a 60 s se conservaron por 15 días y a 90 s solo 7 días.

Los tratamientos de desinfección con NaClO a 1 y 2 % por 60 y 90 s son más efectivos que a 30 y 120 s. El tratamiento de las hojas con NaClO a 0.5 y 1 % por 120 s dañaron el tejido foliar de manera importante ya que solo se logró conservarlas por 3 y 7 días, sin embargo, la exposición en NaClO a 2 % las conservó por 23 días. En este caso suponemos que la exposición prolongada del tejido foliar al NaClO generó un daño irreversible que puede atribuirse a un estrés osmótico en las paredes de la hoja, acompañado por la deshidratación ocasionada por el etanol tal como lo mencionan Pearsall *et al.* (1983).

El desarrollo de hongos fue la principal causa que no permitió continuar con las evaluaciones; uno de los géneros más comunes fue *Alternaria* sp.

Tabla 4.8. Porcentaje de muerte de hojas de albaricoquero desinfectadas con NaClO en función del periodo de exposición

Tratamiento [% de NaClO]/ tiempo en seg	Número de días transcurridos después del tratamiento												
	1	3	7	11	15	19	23	27	31	35	39	43	
[0.5]/120s	10.6	13.9	69.1										
[0.5]/90s	14.0	18.5	31.4	45.7									
[0.5]/60s	7.6	7.6	26.3	31.7	33.4	45.8							
[0.5]/30s	0	1.9	7.8	8.33	9.1	20.3	35.6	73.0					
[1]/120s	1.7	13.9	30.5	54.0									
[1]/90s	0	0	0.5	10.7	10.7	10.7	20.3	24.2	34.8	41.9			
[1]/60s	0	2.11	3.1	4.36	13.3	18.8	20.7	34.5	44.4				
[1]/30s	0	0	1.6	27.2	70.2								
[2]/120s	0	2.8	3.7	10.0	19.4	26.7	31.4	47.3					
[2]/90s	0	0	2.1	8.43	13.5	14.4	18.6	25.3	29.8	35.6	39.5	40.5	
[2]/60s	0	6.0	6.0	25.3	35.0	61.5							
[2]/30s	0	1.8	5.3	8.41	11.3	20.1	29.9	42.4					
Enjuague	0.42	0.4	0.4	5.13	11.0	19.2	34.2	65.7					
Sin enjuagar	0	4.9	15.6	24.0	33.4	43.1							

En estudios previos realizados por Marroquín (1990) para conservar hojas enteras de durazno, los mejores resultados de desinfección se obtuvieron con NaClO a 0.1 %, logrando conservar las hojas con vida hasta 25 días antes de que se registraran ataques por *Alternaria* sp.

Tratamientos de desinfección en discos de hojas

En la desinfección de discos foliares bajo las mismas condiciones de desinfección de hojas enteras, se observó que solo fue posible conservarlos por 19 días (datos no reportados), casi la mitad del tiempo que se logró con hojas enteras. Estos resultados posiblemente se deben al daño mecánico causado por el horador al momento del corte de la hoja, además los discos foliares mostraron oxidación en los bordes el mismo día del tratamiento.

La evaluación del grado de daño por cenicilla *in vitro* se realizó en hojas enteras desinfectadas con NaClO a 2 % por 90 s. La inoculación de cenicilla mediante suspensión de esporas y por raspado de conidios presentó diferentes respuestas en los materiales evaluados, resultando mejor la técnica de inoculación de raspado de conidios. Con la inoculación por suspensión, el único genotipo donde la enfermedad desarrolló fue el H9-1, lo cual confirma su

extremada susceptibilidad. En los genotipos H7-3, H10-3, H12-17 y H18-1, no se logró desarrollar la cenicilla, con lo que podríamos suponer que se trata de materiales resistentes. Sin embargo, al realizar la evaluación de la técnica de raspado de conidios se observaron notables diferencias entre los materiales estudiados (Tabla 4.9). Como era de esperarse, en el genotipo H9-1, el desarrollo de la enfermedad se evidenció a los siete días con 9.5 % de desarrollo, mientras que, los genotipos H12-17 y H18-1, presentaron solo 1.9 y 1.4 %, respectivamente. Al final de la evaluación (41 días) los genotipos más susceptibles fueron H12-17, H9-1 y H18-1 con un área de crecimiento de cenicilla de 33, 21 y 15 % sobre la hoja, y los genotipos más resistentes fueron H7-3 y H10-3, que no mostraron desarrollo alguno de la enfermedad.

Tabla 4.9. Porcentaje acumulado del desarrollo de cenicilla en hojas juveniles completas inoculadas por raspado de conidios

Genotipo	Numero de días transcurridos después de la inoculación					
	7	18	21	23	25	41
H7-3	0	0	0	0	0	0
H9-1	9.5	9.5	19	21.1	21.1	21.1
H10-3*	0	0	0	0	0	0
H12-17	1.92	11.8	18.1	18.1	20	32.96
H18-1	1.41	1.41	4.42	6.62	9.22	15

Bajo condiciones *in vitro* y de invernadero se observó que, el genotipo H7-3 no desarrollo la enfermedad, por lo que fue catalogado como inmune, mientras que, los materiales más susceptibles, fueron H9-1 y H18-1. Solo los genotipos H10-3 y H12-17 no presentaron el mismo comportamiento en ambas condiciones (Tabla 4.7).

4.3. Determinación de las posibilidades de adaptación de genotipos de albaricoquero

4.3.1. Evaluación durante la germinación de las semillas

Durante 2002 y 2003 se registraron diferencias contrastantes en el número de días para germinar y alcanzar 80 % de la germinación en los 23 genotipos evaluados. La germinación de las semillas se ha relacionado con los requerimientos de frío de sus progenitores en algunos frutales, tal como lo reportan Pérez (1990) y Guzmán (2004) para el caso de duraznero. En este trabajo, los resultados muestran que el tiempo para la germinación de las semillas de albaricoquero fue variable en los genotipos evaluados, desde cinco días para H7-5 hasta 30 días para H12-17, lo que sugiere diferencias en los requerimientos de frío.

Las semillas del genotipo Zaragoza que provienen de progenitores con requerimientos de frío mayores a 700 horas frío (Hf), requirieron más tiempo para iniciar su germinación (22 días), que los genotipos H7-11 y H12(1,7) (ocho y nueve días, respectivamente), que son selecciones realizadas en Huimilpan, Querétaro y que provienen de progenitores con requerimientos menores a 570 Hf. Además, para lograr 80 % de semillas germinadas, el primero requirió de 58 días y los segundos de 10 a 12 días. Por otro lado, las semillas de 'Poppy', proveniente de California, y de requerimientos con más de 700 Hf iniciaron su germinación a los ocho días, pero requirieron de 60 días para alcanzar 80 % de semillas germinadas.

Las diferencias registradas en la velocidad de germinación entre todos los materiales evaluados permitió integrar a los genotipos en tres grupos (Tabla 4.10): el primero incluye a los materiales que requirieron menos de 10 días para iniciar su germinación, como H12(1,7), 'Poppy', Casa 1, H7-3, H7-5 y H7-11; el segundo grupo incluyó a Pueblito, Valencia, H7-14, Casa 2, H12-1, H10-26, H7-9 y H18-1 que requirieron entre 10 y 20 días; y el tercer grupo se integró por los genotipos H20-12, H28-4, H9-1, H10-21, H10-3, H7-10, H7-12, H12-17 y Zaragoza que requirieron entre 22 y 30 días.

El tiempo transcurrido desde que la primera semilla germinó hasta alcanzar 80 % de germinación (periodo de germinación), varió de dos días hasta 52 días. Los materiales con menor periodo de germinación (inferior a diez días) fueron los correspondientes a la progenie de H7-11, H12(1,7), H12-17, Pueblito, H7-10 y H9-1, lo que sugiere que provienen de padres con los mismos requerimientos de frío (bajo) o que se trata de materiales homocigotos. Por otro lado, los genotipos correspondientes a la progenie H28-4, H7-14, H12-1, H18-1,

H7-5, Casa 2, H7-9 y Valencia requirieron entre 16 y 20 días, y entre 33 y 52 días para los genotipos Casa 1, 'Poppy' y Zaragoza, lo que hace suponer que provienen de padres con diferentes requerimientos de frío; es decir, que puedan tener un origen híbrido, ya que la amplitud del periodo de germinación sugiere el grado de contraste con los requerimientos de frío entre los progenitores (Pérez, 1990).

Tabla 4.10. Germinación y periodo para alcanzar el 80 % de semillas germinadas en genotipos de albaricoquero a 5-7° C

Genotipo	Germinación (días)		Periodo de germinación (días)
	Inicio ¹	80 %	Del inicio al 80 % ²
H7-11	8	10	2
H12(1,7)	9	12	3
Pueblito	16	22	6
H7-5	5	24	19
H10-26	15	26	11
H9-1	23	30	7
Valencia	16	32	16
H7-14	16	33	17
H10-21	24	34	10
Casa 2	15	35	20
H12-1	17	35	18
H18-1	17	35	18
H7-12	22	35	13
H7-10	27	36	9
H20-12	22	37	15
H12-17	30	37	7
H28-4	22	38	16
H10-3	25	38	13
H7-9	20	40	20
Casa 1	9	42	33
Zaragoza	22	58	36
'Poppy'	8	60	52
H7-3	9	-	-

¹ Tiempo requerido para lograr la germinación de la primera semilla a partir de la estratificación.

² Tiempo transcurrido a partir de la primera semilla germinada hasta alcanzar el 80 % de germinación.

La época de floración, al igual que el tiempo de germinación, son parámetros que permiten elucidar los requerimientos de frío (Guerrero y Scalabrelli, 1985; Pérez, 1990 y Guzmán, 2004). A pesar de que no se tiene la época de floración de todos los genotipos evaluados, sí se pudo realizar el análisis de correlación con algunos de ellos. El análisis de

correlación entre la época de floración de los progenitores evaluados en el campo y el tiempo necesario para lograr 80 % de germinación de sus semillas mostró que estas dos variables están directamente relacionadas con los requerimientos de frío y a su vez con las posibilidades de adaptación ($r = 0.6$) (Tabla 4.11 y Fig. 4.4). El genotipo H10-26 es de floración muy temprana y sus semillas lograron 80 % de germinación a los 26 días. Los materiales de floración intermedia, tales como H12-1 y H18-1, necesitaron de 35 días y los de floración tardía como H7-9 y H28-4 requirieron de 38 a 40 días para lograr 80 % de germinación. Estos resultados concuerdan con algunos trabajos realizados en especies de *Prunus*, como almendro (Kester *et al.*, 1977), y durazno (Guerrero y Scalabrelli, 1985; Pérez ,1990 y Guzmán 2004), en los cuales se reporta una correlación entre la época de floración de los padres y el número de días requeridos para alcanzar 80 % de germinación. Particularmente, Guzmán (2004) reportó una correlación significativa, ($r = 0.87$), en durazneros criollos e híbridos. Por su parte, Pérez (1990) reportó una correlación significativa, ($r = 0.7$), en durazneros locales e introducidos del extranjero, ($r = 0.87$). Por lo tanto, existe una correlación positiva entre los requerimientos de frío de la floración parental y los requerimientos de frío de las semillas para germinar.

Tabla 4.11. Época de floración parental y número de días requeridos para alcanzar 80 % de germinación en genotipos de albaricoquero

Genotipo	Época de Floración¹	Días a 80 % de germinación
H10-26	1	26
H7-12	2	35
H9-1	2	30
H10-3	2	38
H12-1	2	35
H18-1	2	35
Casa 2	2	35
H7-9	3	40
H7-10	3	36
H20-12	3	37
H12-17	3	37
H28-4	3	38

¹ Escala 1= Muy temprana 2= Temprana y 3 = Tardía.

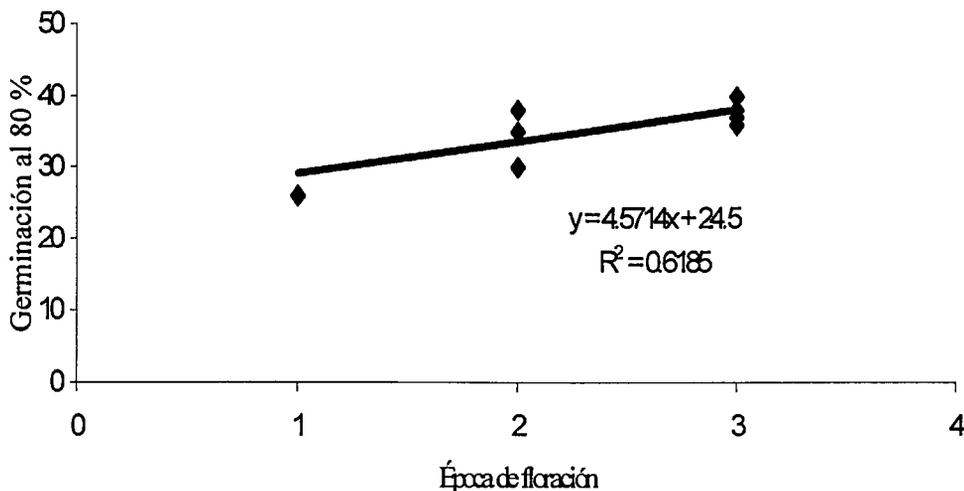


Figura 4.4. Correlación entre la época de floración de albaricoqueros y el tiempo de germinación de 80 % de sus semillas

4.3.2. Determinación de los requerimientos de frío a nivel de plantas

Las plantas de los genotipos evaluados en el invernadero en el 2002 mostraron diferencias significativas en la capacidad de las yemas para brotar y su crecimiento correspondiente, después de haber sido sometidas a frío durante el primer periodo de reposo invernal (Tabla 4.12). El índice de brotación (IB) se calculó como el porcentaje de yemas brotadas en una escala de 0 (yemas sin brotar) al 4 (>75 % de yemas brotadas) y el crecimiento se determinó por diferencia de la longitud (cm) de cada planta en cada evaluación respecto al valor inicial. El mayor IB y posterior crecimiento de la planta se registraron en los genotipos H12(1,7) y H7-5 con valores en el IB de 3.9 y un crecimiento de 7.4 y 6.8 cm, respectivamente. Las plantas de Zaragoza y 'Poppy', provenientes de zonas frías de Zaragoza, España y California, EE.UU, respectivamente, fueron incapaces de brotar (IB = 0) y, por tanto, no manifestaron crecimiento, esto sugiere la influencia de su origen genético y geográfico, ya que posiblemente las condiciones de la evaluación no lograron completar sus requerimientos de frío. Los genotipos H7-10, Valencia y Pueblito mostraron un IB de 1.6, 2.9 y 3.3, y un crecimiento de 3.4, 5.2 y 3.6 cm, esto hace suponer que sus requerimientos de frío son menores que Zaragoza y 'Poppy', pero que tampoco fueron completados.

Tabla 4.12. Longitud de brote e índice de brotación de genotipos de albaricoquero después de cuatro semanas después de extraídas del tratamiento de frío (5 a 7° C)

Genotipo	Índice de brotación (0-4) ¹	Longitud promedio del nuevo crecimiento (cm)
'Poppy'	0 ^a	0 ^a
Zaragoza	0 ^a	0 ^a
H7-10	1.6 ^b	3.4 ^b
Valencia	2.9 ^c	5.2 ^{bc}
Pueblito	3.3 ^{cd}	3.6 ^b
H7-5	3.9 ^d	6.8 ^c
H12(1,7)	3.9 ^d	7.4 ^c
"F" (D.M.S)	26.5 ** (0.94)	9.69 ** (2.7)

¹ Basado en la escala de 0 = sin brotación a 4 ≥ 75 % de yemas brotadas en la planta

* Letras diferentes denotan diferencias significativas

** = Diferencia altamente significativa (p ≤ 0.01)

Con base en los resultados anteriores, podríamos suponer que los genotipos que mostraron serias deficiencias en sus requerimientos de frío podrían adaptarse a regiones con mayor altitud o zonas con mayor acumulación de frío al norte del país.

4.3.3. Evaluación de la adaptación de árboles en el campo

Recordando que la adaptación es una expresión de la floración (época e intensidad), así como de la efectividad que tiene un individuo en la formación de frutos (producción); observamos que en los árboles evaluados en el municipio de Huimilpan se registraron amplias diferencias entre estas dos variables. Con base en la época de floración, se identificaron diferencias en los materiales con un rango de casi dos meses entre el primero (floración muy temprana) y el último genotipo en florecer (floración tardía) (Tabla 4.13). Por ejemplo, la selección H10-26 se clasificó como muy temprana debido a que inició su floración desde la segunda semana de enero; Mondragón *et al*, (2004) reportó que los requerimientos de frío de esta selección varía entre 250 y 300 Hf. Por el contrario los genotipos H28-4 y H7-3, fueron tardíos ya que florecieron hasta principios de marzo.

En los 16 genotipos de cuatro años de edad, se registraron diferencias en la producción, lo que permitió agruparlos como materiales de baja, intermedia y alta producción. Los materiales con baja producción fueron H28-4 y H7-3, con < de 30 frutos/ árbol; así como H7-9 y H7-14, con 47 y 68 frutos/ árbol, respectivamente. Los genotipos con más de

240 frutos/ árbol fueron agrupados como materiales de producción alta, tales como H10-26 (251 frutos), H10-21 (240 frutos), Casa 2 (297 frutos), H18-1 (503 frutos) y H9-1 (510 frutos). El resto de los materiales presentaron una producción intermedia con mas de 180 frutos y menos de 240 frutos/ árbol.

Los genotipos de floración mas tardía, como H28-4, H7-3, H7-9, H7-10 y H7-14, presentaron más problemas en la producción, a diferencia de los genotipos H12-17 y H10-21, que también son de floración tardía, pero que su producción varió entre 219 y 240 frutos /árbol, respectivamente. La baja producción de algunos materiales puede deberse a que sus requerimientos de frío no fueron satisfechos durante el invierno lo cuál afectó la floración. Una alternativa para estos materiales sería llevarlos a zonas con mayor latitud o altitud para satisfacer sus requerimientos de frío. Por el contrario, los genotipos identificados con una alta producción, podrían promoverse en Huimilpan como materiales promisorios o bien, en zonas climáticas similares a éste lugar.

Tabla 4.13. Época de floración y producción de diversos materiales de albaricoque establecidos en Huimilpan, Oro.

Genotipo	Época de Floración	ÍF¹	No. de frutos/ árbol
H10-26	Muy temprana	3	251
H7-12	Temprana	3	224
H9-1	Temprana	5	510
H10-3	Temprana	4	242
H12-1	Temprana	3	183
H18-1	Temprana	5	503
Casa 1	Temprana	4	223
Casa 2	Temprana	3	297
H7-3	Tardía	2	27
H7-9	Tardía	2	47
H7-10	Tardía	3	119
H7-14	Tardía	2	68
H10-21	Tardía	4	240
H20-12	Tardía	3	186
H12-17	Tardía	3	219
H28-4	Tardía	2	21

¹Índice de floración (IF) basado en una escala de 1 ≤ 20 flores a 5 > 700 flores.

Una de las ventajas de contar con materiales con diferencias en la floración, es que se puede tener frutos en un periodo comercial más amplio a la temporada tradicional. Esto es uno de los objetivos por los que se llevan a cabo colecciones de recursos genéticos donde se evalúan los requerimientos de cultivo y su posible adaptación en un lugar determinado (Will *et al.*, 1983). En el país conviene que se cultiven variedades de floración temprana para lugares con menor riesgo de heladas y de floración tardía para lugares más fríos, para poder proveer el mercado nacional.

Tabla 4.14. Época de floración, producción y resistencia del fruto a la cenicilla de diversos materiales de albaricoquero

Genotipo	Época de Floración	No. de frutos/ árbol	Incidencia
H7-9	Tardía	47	0
H7-14	Tardía	68	3.6
H10-21	Tardía	240	9.5
H28-4	Tardía	21	14.3
Casa 2	Temprana	297	16
Casa 1	Temprana	223	17
H12-1	Temprana	183	19.5
H18-1	Temprana	503	21
H7-10	Tardía	119	27.3
H12-17	Tardía	219	28.8
H7-12	Temprana	224	29
H10-26	Muy temprana	251	32.5
H7-3	Tardía	27	33.3
H10-3	Temprana	242	44.9
H20-12	Tardía	186	74
H9-1	Temprana	510	94.3

Los materiales mejor adaptados a Huimilpan, Qro, fueron H18-1, Casa 2 y Casa 1, (Tabla 4.14), que presentaron una floración temprana, con producción alta a intermedia (223 - 503 frutos/ árbol) y, que además, sus frutos manifestaron una resistencia considerable a la cenicilla ($I < 20\%$); por su parte el genotipo H10-21 presentó una floración tardía, buena producción (240 frutos/ árbol) y mayor resistencia ($I < 10\%$) a cenicilla. Estos materiales son propuestos para su propagación.

Los genotipos H7-9, H7-14 y H28-4 fueron los más resistentes a la cenicienta ($I \leq 14$ %); sin embargo, presentaron una baja producción (< de 70 frutos/ árbol). Una alternativa para incrementar su producción sería plantarlos en regiones frías (con más de 500 horas de frío anual), pero se tendría que evaluar si siguen conservando su resistencia a la enfermedad.

4.4. Evaluación objetiva de la calidad de la fruta

La evaluación objetiva de la calidad del fruto de albaricoque mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) (Tabla 4.15) en el tamaño, sólidos solubles totales (SST) y acidez total titulable. En lo que respecta al tamaño de fruta, los frutos más grandes fueron de H28-4, Casa 1 y Casa 2, con pesos de 49.9, 40.6 y 39.3 g, respectivamente, y los más pequeños fueron H18-1 y H9-1 con pesos de 15.4 y 10.1 g, respectivamente. El resto de los frutos mostraron pesos entre 35 y 23 g.

El contenido de sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) y acidez total titulable (% de ácido málico) variaron significativamente ($p \leq 0.01$) entre los frutos evaluados. Los frutos de los genotipos H9-1 y H20-12 presentaron el mayor contenido de $^{\circ}$ Bx (21.6 y 19.1 $^{\circ}$ Bx, respectivamente) lo que se reflejó en su sabor dulce; los frutos menos dulces fueron de los genotipos H18-1 y Casa 1, que mostraron valores respectivos de 10.3 a 11.4 $^{\circ}$ Bx. El porcentaje de acidez total en los frutos varió desde 0.27 % de ácido málico (genotipo H7-3) hasta 0.76 % (genotipo H9-1). Es interesante observar que el genotipo H9-1 registró el mayor contenido de sólidos solubles y de acidez titulable, lo que sugiere que se trata de dos caracteres genéticamente independientes. Al asociar estas dos variables en la relación SST/ acidez, encontramos más diferencias en el sabor entre los frutos; es decir, un valor alto de esta relación indica mejor sabor y valores bajos sugieren frutos insípidos. La relación más baja de SST/ acidez (< 20) se registró en Casa 1, H18-1 y H12-17 mientras que la relación más alta (60.2 y 50.9) la presentaron H20-12 y H7-3. Los frutos del genotipo H20-12 presentaron una relación SST/ acidez de 60.2, lo que lo hace un genotipo sobresaliente y con excelentes posibilidades para la industria de alimentos.

Tabla 4.15. Peso, largo x ancho , sólidos solubles (SST), y acidez total titulable (AT) en diversos genotipos de albaricoquero

Genotipos	Peso unit. (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	SST (°Brix)	AT (% ácido málico)	SST/AT
H7-9	29.1 ^{bcd}	3.45 ^{bcd}	3.65 ^{bcd^{ef}}	13.8 ^{abc}	0.44 ^d	31.1
H7-14	28.3 ^{bcd}	3.5 ^{cde}	3.8 ^{cdefg}	13.5 ^{abc}	0.39 ^{cd}	34.3
H10-21	27.5 ^{bcd}	3.31 ^{bc}	3.4 ^{bcd}	15.4 ^{bcd}	0.38 ^c	40.7
H28-4	49.9 ^e	4.35 ^f	4.48 ^g	16.1 ^{dc}	0.42 ^d	38.8
Casa 2	39.3 ^{cde}	3.91 ^{cdef}	4.2 ^{efg}	13.5 ^{abc}	0.57 ^f	23.7
Casa 1	40.6 ^{de}	4.03 ^{cdef}	4.39 ^{fg}	11.4 ^{ab}	0.67 ^h	17.1
H12-1	30.9 ^{bcd}	3.58 ^{cde}	3.8 ^{cdefg}	14.0 ^{abc}	0.59 ^{fg}	23.8
H18-1	15.4 ^{ab}	2.88 ^{ab}	2.98 ^{ab}	10.3 ^a	0.56 ^f	18.3
H7-10	33.7 ^{cd}	3.84 ^{cdef}	4.1 ^{efg}	15.0 ^{bcd}	0.44 ^d	33.9
H12-17	38.9 ^{cde}	4.07 ^{ef}	3.97 ^{cdefg}	14.4 ^{abc}	0.63 ^g	19.3
H7-12	24.2 ^{abc}	3.34 ^{bc}	3.6 ^{bcde}	15.7 ^{bcd}	0.48 ^e	32.2
H10-26	32.1 ^{cd}	3.63 ^{cde}	3.85 ^{cdefg}	14.9 ^{bcd}	0.75 ⁱ	23.3
H7-3	23.3 ^{abc}	3.53 ^{cde}	3.29 ^{bc}	13.6 ^{abc}	0.27 ^a	50.9
H10-3	35.6 ^{cde}	4.1 ^{ef}	4.11 ^{defg}	13.8 ^{abc}	0.56 ^f	24.9
H20-12	32.9 ^{cd}	4.03 ^{cdef}	3.76 ^{bcdef}	19.1 ^{de}	0.32 ^b	60.2
H9-1	10.1 ^a	2.55 ^a	2.39 ^a	21.6 ^e	0.76 ⁱ	28.5
“F” (D.M.S)	10.0 ^{**} (16.1)	17.8 ^{**} (0.6)	14.5 ^{**} (0.77)	10.4 ^{**} (4.3)	412.2 ^{**} (0.04)	

Letras diferentes indican diferencias significativas, usando prueba de Tukey-Kramer

** = Diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$)

Se realizó una evaluación subjetiva del sabor (datos mostrados en el inciso 4.4.2. Evaluación sensorial), con la finalidad de evidenciar cuál de los parámetros (acidez, SST y la relación SST/ acidez) se relacionaba más con el gusto de los consumidores. Los resultados mostraron que no hubo correlación alguna entre el sabor y la acidez ($r = 0.44$), ni entre el sabor y los SST ($r = 0.33$). Sin embargo, entre el sabor y la relación SST/ acidez se encontró una correlación positiva ($r = 0.57$, $p \leq 0.05$), lo que confirma que estos dos parámetros influyeron en los consumidores para aceptar o rechazar la fruta.

En los estudios realizados por Will *et al.* (1983) en Sydney Australia, se evaluaron frutos de dos cultivares de albaricoquero, que registraron pesos entre 46 y 49 g, el porcentaje de acidez titulable fue de 0.44 y 0.77 % de ácido málico y el contenido de SST de 12.5 y 11 °Bx, respectivamente. Estos cultivares son de importancia económica y de buena calidad en Australia. Los resultados obtenidos en los materiales evaluados en este estudio fueron similares a los obtenidos por Will, *et al* (1983); es decir que en México se cuenta con cultivares promisorios y que podrían competir en el mercado.

4.4.1. Evaluación del color del fruto

El análisis de color de los albaricoques muestra diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en las cuatro variables evaluadas (a^* , b^* , L^* y H°) para los 16 genotipos. De forma general, la variable L^* registró valores desde 54.9 a 71.6, lo cual indica que los frutos tienden a no ser brillantes. El rango en el ángulo de matiz varió desde 64.9 a 75°. La coordenada de color a^* varió desde 12 hasta 22 y b^* desde 36.3 hasta 56.2. Los frutos del genotipo H9-1 registraron los valores más bajos tanto de a^* (12) como de b^* (36.3), lo que indica que sus frutos son de color claro (amarillo verdoso) y además poco brillantes ($L^* = 58.7$); mientras que los frutos del genotipo H20-12 fueron de color naranja ya que registraron valores de $a^* = 21.9$ y de $b^* = 47$ y también poco brillantes; sin embargo el valor de H° fue de 64.9, lo que indica una mayor tonalidad naranja (Tabla 4.16).

Tabla 4.16. Evaluación del color en frutos de diversos genotipos de albaricoque

Origen	Genotipos	L^*	a^*	b^*	H°
Sudafricano	H7-9	59.6 ^{abcd}	16.9 ^{abcdef}	42.9 ^{bcd}	68.5 ^{abc}
Sudafricano	H7-14	66.3 ^{efgh}	20.2 ^{de}	51.5 ^{efg}	68.7 ^{abc}
Criollo	H28-4	61.0 ^{bcdefg}	13.1 ^{ab}	43.2 ^{bcd}	73.4 ^{cd}
Sudafricano	H7-10	71.6 ⁱ	14.2 ^{ab}	52.8 ^{fg}	75.0 ^d
Sudafricano	H7-12	69.2 ^{hi}	17.0 ^{abcde}	56.2 ^g	73.1 ^{cd}
Sudafricano	Casa2	61.6 ^{bcdef}	16.1 ^{abcd}	42.2 ^{bc}	69.1 ^{abc}
Sudafricano	H10-21	61.4 ^{bcdef}	19.5 ^{cde}	47.4 ^{cdef}	67.6 ^{ab}
Criollo	H18-1	63.9 ^{defg}	13.1 ^{ab}	47.6 ^{cdef}	74.6 ^d
Sudafricano	H12-17	64.7 ^{efgh}	16.4 ^{abcd}	48.5 ^{def}	71.3 ^{bcd}
Sudafricano	Casa 1	63.7 ^{cdefg}	15.0 ^{abc}	40.9 ^{ab}	69.9 ^{abcd}
Italiano	H7-3	54.9 ^a	16.2 ^{abcd}	38.6 ^{ab}	67.2 ^{ab}
Sudafricano	H10-3	67.8 ^{ghi}	16.5 ^{abcd}	51.7 ^{efg}	72.3 ^{bcd}
Italiano	H20-12	58.5 ^{ab}	21.9 ^e	47.0 ^{cde}	64.9 ^a
Criollo	H12-1	61.3 ^{bcde}	21.9 ^e	47.3 ^{cdef}	64.9 ^a
Criollo	H10-26	66.4 ^{fgh}	17.9 ^{bcde}	49.9 ^{ef}	70.2 ^{abcd}
Criollo	H9-1	58.7 ^{abc}	12.0 ^a	36.3 ^a	71.9 ^{bcd}
"F" (D.M.S)		19.4 ^{**} (4.9)	8.9 ^{**} (5.1)	23.8 ^{**} (5.6)	8.5 ^{**} (5.4)

Letras diferentes indican diferencias significativas, usando prueba de Tukey-Kramer

** = Diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$)

"L"= luminosidad, "a"= verde-rojo., "b"= azul- amarillo, H° = arc tang b/a

Con base en los resultados anteriores se puede decir que el color de la fruta de albaricoque varió desde colores relativamente claros, como el registrado en H9-1, a amarillos con tonalidades muy parecidas, como en H12-17, H18-1, Casa 1, H7-9, H7-3, H28-4 y Casa 2, hasta amarillos mas intensos como H7-12, H7-10, H10-3, H10-26, H7-14 y H10-21. Los materiales que mostraron coloraciones amarillo-naranja fueron H12-1 y H20-12, estos genotipos pueden resultar más atractivos para el mercado en fresco por su color característico, que podría denotar una mayor dulzura; de hecho, los frutos del genotipo H20-12 resultaron de los más dulces. Mondragón *et al.* (2004) mencionan que el mercado mexicano prefiere frutos dulces con coloraciones amarillo-naranja. Por su parte, De Santiago (1999), en una evaluación regional en nuestro estado, mostró que en 18 variedades de albaricoque, el consumidor prefirió frutos amarillo-claro a naranja.

4.4.2. Evaluación sensorial de los frutos

La evaluación sensorial de los frutos de 16 genotipos de albaricoquero se realizó usando la escala hedónica no estructurada descrita por De Santiago (1999). La evaluación de la satisfacción general y del sabor no mostró diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en los frutos evaluados, pero sí se observaron diferencias en el tamaño y la apariencia externa (Tabla 4.17). Los valores obtenidos en el sabor fluctuaron entre 5.8 a 3.6, mostrando que los genotipos H28-4 y H7-14 presentaron la mejor aceptación ya que sus valores fueron de 5.8 y 5.6, respectivamente; mientras que los frutos de los genotipos H7-12, H7-3, H20-12, H10-26 y H12-1 tuvieron una aceptación intermedia con valores entre 5.3 y 5.0. Los frutos que no gustaron fueron los de los genotipos H18-1 y H7-9 con valores de 3.6 y 3.8, respectivamente.

Tabla 4.17. Evaluación sensorial¹ de 16 genotipos de albaricoque ordenados con base en su incidencia a cenicilla

Genotipos	Satisfacción general	Sabor	Tamaño	Apariencia externa
H7-9	4.4	3.8	5.4 ^{abcde}	5.4 ^{abcde}
H7-14	6.5	5.6	5.9 ^{abcd}	6.5 ^{abc}
H10-21	5.1	4.6	5.3 ^{abcde}	4.4 ^{abcde}
H28-4	6.2	5.8	7.1 ^a	7.2 ^a
Casa 2	5.2	4.3	5.9 ^{abcd}	5.8 ^{abc}
Casa 1	4.5	3.9	6.9 ^{ab}	6.9 ^{ab}
H12-1	4.4	4.9	7.0 ^{ab}	5.7 ^{abcd}
H18-1	4.7	3.6	3.2 ^{ef}	4.4 ^{bcde}
H7-10	5.3	4.9	5.9 ^{abcd}	6.7 ^{ac}
H12-17	4.5	4.2	6.2 ^{abc}	4.9 ^{abcde}
H7-12	6.4	5.3	5.8 ^{abcd}	6.1 ^{abc}
H10-26	5.7	5.1	3.8 ^{def}	4.3 ^{cde}
H7-3	5.8	5.2	4.1 ^{cde}	4.3 ^{cde}
H10-3	4.4	4.2	6.7 ^{ab}	5.4 ^{abcde}
H20-12	5.4	5.1	4.9 ^{bcde}	3.3 ^{de}
H9-1	4.4	4.3	1.83 ^f	2.9 ^e
"F" (D.M.S)	1.8 n.s (2.6)	1.4 n.s (2.7)	10.5 * (2.3)	5.9 *(2.6)

¹ Basado en la escala de 1= mínimo agrado a 9 = máximo agrado (De Santiago., 1999)

Letras diferentes indican diferencias significativas, usando prueba de Tukey-Kramer

* = diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

n.s = no significativo

La satisfacción general de los frutos fue buena, sin embargo, los valores fluctuaron entre 6.5 y 4.3. Como era de esperarse, los frutos que presentaron una mayor satisfacción general fueron aquellos de los genotipos H7-14, H7-12 y H28-4 con valores de 6.5, 6.4 y 6.2, respectivamente. Esto sugiere una relación directa entre el sabor y la satisfacción general de la fruta. Al generar la matriz de correlación que determina el grado de asociación entre cada una de las variables evaluadas observamos que la satisfacción general y el sabor muestran una correlación positiva ($r = 0.77$) (Fig. 4.5).

Con respecto a la apariencia externa, las calificaciones más altas fueron para los frutos de los genotipos H28-4, H7-10 y H7-14 con valores de 7.2, 6.7 y 6.5, respectivamente, estos materiales resultaron ser de los más grandes, con un color más amarillo y con menor daño por cenicilla. Los frutos de menor apariencia externa fueron de los genotipos H9-1 (calificación = 2.9), H10-3 y H7-3 (calificación = 4.3). En la Figura 4.5 se muestra la correlación positiva entre el tamaño y la apariencia externa ($r = 0.58$).

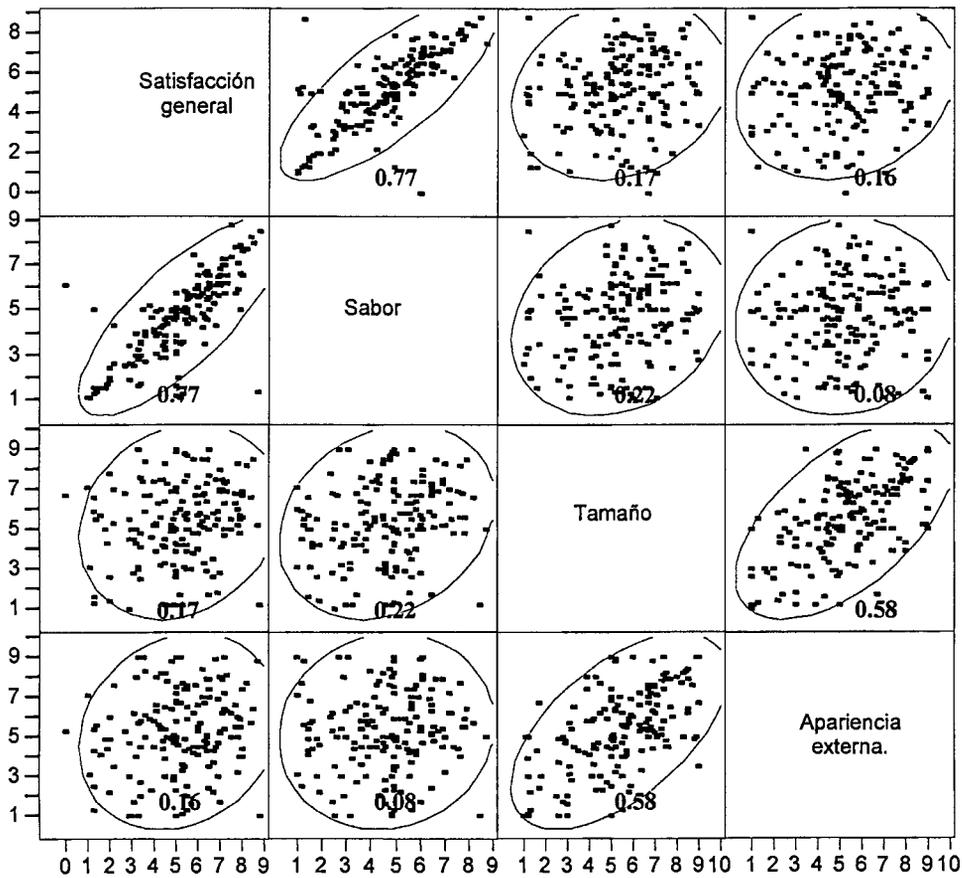


Figura 4.5. Asociación entre las variables evaluadas en 16 genotipos de albaricoque

En el estudio de calidad realizado por De Santiago (1999), se determinó que el tipo ideal de albaricoque deberá reunir los siguientes atributos: fruta grande, color amarillo-naranja, firme, dulce (>14 °Brix) y jugoso, para satisfacer las exigencias del mercado regional. El único material que en el presente estudio cumple con dicha descripción es el genotipo H28-4 que posee la fruta más grande (49.9 g), mayor contenido de azúcares (16.1 °Bx) y acidez relativamente baja (0.42 % de ácido málico). Es importante destacar que en la evaluación sensorial este genotipo fue el que obtuvo las más altas calificaciones y que en la evaluación de la resistencia a cenicilla fue el que presentó un daño bajo a cenicilla (I < 15 %). Sin embargo, se trata de un genotipo con baja producción (22 frutos/ árbol). Mientras en el otro extremo se encontró el genotipo H9-1 que su fruta fue catalogada de baja calidad y además fue extremadamente susceptible a cenicilla (I de 94 %).

V. CONCLUSIONES

Resistencia

En las evaluaciones en el campo, los frutos de albaricoquero fueron más sensibles que las hojas al ataque de cenicilla, por lo que deberán evaluarse los frutos cuando se pretenda estudiar resistencia entre materiales.

Los frutos evaluados en el campo que presentaron mayor resistencia a cenicilla correspondieron a los genotipos H7-14, H10-21 y H28-4, mientras que los más susceptibles fueron H19-1, H20-12 y H10-3. El genotipo H7-9 no presentó síntoma alguno de la enfermedad.

A nivel de invernadero, para evaluar diferencias en el daño por cenicilla debe trabajarse con plantas juveniles e inoculadas bajo condiciones naturales.

El genotipo H7-3 se mostró inmune en la evaluación de sus plantas en invernadero y bajo condiciones tanto de inóculo natural como artificial.

La evaluación de las plantas en invernadero y bajo condiciones de inóculo natural evidenció que los genotipos más resistentes al daño por cenicilla fueron H7-3 (inmune), H12-17, H10-21, 7-5, H12(1,7) y Casa 1; mientras que los más susceptibles fueron 'Poppy', Pueblito, Valencia, H9-1 y H18-1.

Los genotipos con menor grado de daño por cenicilla pueden ser utilizados en evaluaciones en diversos ecosistemas representativos del centro del país.

El mejor tratamiento de desinfección para conservar hojas enteras de albaricoquero fue NaClO a 2 % por 90 s, ya que permitió prolongar la hoja por un periodo de 35 días.

La evaluación de la resistencia a cenicilla *in vitro* con hojas de plantas inoculadas con raspado de conidios es mejor que la inoculación por suspensión de esporas.

La evaluación de la resistencia a cenicilla *in vitro* con hojas de plantas inoculadas con raspado de conidios permitió confirmar que los materiales más susceptibles fueron H12-17, H18-1, H9-1, y H7-3 inmune.

Adaptabilidad

La época de floración de los genotipos evaluados en el campo y el tiempo necesario para lograr 80 % de germinación de sus semillas está correlacionada positivamente ($r = 0.6$) con los requerimientos de frío y con sus posibilidades de adaptación.

Los genotipos mejor adaptados a Huimilpan, Qro. fueron H18-1, Casa 2, H10-3, H10-26 y H10-21 con una producción ≥ 240 frutos/ árbol; mientras que los genotipos H7-3, H28-4, H7-9 y H7-14 fueron los menos adaptados ya que su producción fue menor a 70 frutos/ árbol.

Calidad de la fruta

El peso de los frutos de los genotipos evaluados varió entre 10 y 50 g, destacando los frutos de los genotipos H28-4 (50 g) y Casa 1 (40.6 g).

El color de la fruta varió ampliamente, desde materiales con tonalidades amarillo claro (H9-1) a tonalidades naranja (H12-1 y H20-12), siendo las coordenadas a^* y b^* las que mejor describen el color.

El contenido de sólidos solubles totales (SST) varió desde 10.3 a 21.6 °Bx y, el de acidez titulable (AT), desde 0.27 a 0.76 % de ácido málico, no encontrándose una correlación entre ellos y el sabor ($r = 0.33$) y ($r = 0.44$), respectivamente.

No existe correlación entre los SST y el sabor ni en la relación SST y acidez titulable.

La relación SST/ acidez es un buen indicativo de la aceptación por parte de los consumidores en la fruta de albaricoque, y se propone como un criterio a ser considerado en estudios sobre la calidad de la fruta.

La evaluación sensorial mostró una correlación positiva entre la satisfacción general y el sabor ($r = 0.77$).

Los genotipos con la mayor aceptación en cuanto a la satisfacción general y el sabor del fruto, fueron para H28-4 y H7-14.

Los panelistas prefirieron los frutos libres de daño o escasamente dañados por cenicilla como H28-4, H7-10 y H7-14 rechazando los frutos dañados como H9-1, H10-3 y H7-3.

La selección que cumple con las exigencias del mercado regional de Querétaro fue H28-4, pues mostró la mayor aceptación (satisfacción general, sabor, tamaño, apariencia externa); además de ser resistente a cenicilla, aunque su producción fue relativamente baja.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adeniji, A. A., and D. P. Coiné.** 1983. Genetics and nature of resistance to powdery mildew in crosses of Butternut with calabaza squash and "Seminoles Pumpkin". *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 108 (4): 360-368.
- Agrios N. G.** 1991. *Fitopatología*. 5ta reimpression. Ed Limusa, S.A. de C.V. pp. 12-13.
- Agrios N. G.** 1999. *Fitopatología*. 2da edición. Ed Limusa, S.A. de C.V. pp. 119- 126.
- AOAC.** 1997. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*.
- Armas, R. R., A. J. Rodríguez, L. T. Colinas, L. C. Trejo, S. E. Cárdenas, y G. G. Alcántar.** 2000. Influencia de temperaturas y de estimulantes de brotación en la caída de yemas florales de chabacano (*Prunus armeniaca* L.) selección CP 90- 4C. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 23:29-36.
- Avitia, G. E., y G. A. Castillo.** 2002. *Taxonomía y nomenclatura de especies frutales*. Departamento de fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo, México. p. 61.
- Badenes, M. L., J. Martínez-Calvo, y G. Yacer.** 1998. Analysis of apricot germoplasm from the European ecogeographical group. *Euphytica*. 102: 93-99.
- Bailey, C. H., and L. F. Hough.** 1975. Apricots. *In: Advances in fruit Breeding*. J. Janick and J.N. Moore (Eds.). Purdue University Press; West Lafayette, Indiana. pp. 367-386.
- Baldini, E.** 1992. Latencia o dormición de las yemas. *En: Arboricultura general*. Ed. Multi-prensa. Madrid, España. p.230
- Baldini, E., e F. Scaramuzzi.** 1988. Micosi, Mal bianco. L'Albicocco. *Frutticoltura anni 80*. Reda adizioni per l'agricoltura. pp. 131-132.
- Bell, A. A.** 1987. Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables. Interacción de las plagas de las plantas con el ambiente adverso y mejoramiento para la resistencia a las plagas: *En: Enfermedades de las plantas*. Cheistiansen M. N. y Lewis, Ch. F. (Eds.) Ed. Limusa, México. p. 391-424.
- Benjama, A.** 1997. L'oïdium de l'abricotier au Maroc: cycle biologique du champignon et perspectives de lutte. *Fruits*. 52 (2):117-125.
- Brauer, H. O.** 1973. Origen de la resistencia. *En: Fitogenética aplicada*. 1era edición. Ed. Limusa. México. pp. 176- 179.

- Braun, U., R. T. A. Cook, A. J. Inman, and H. D. Shin.** 2002. A comprehensive Treatise. *In: The Powdery Mildews.* Bélanger R., Bushnell R. W. Dik J.A. and Carver T. (Ed.). The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA. pp.13-55.
- Braun, U., and S. Takamatsu.** 2000. Phylogeny of *Erysiphe*, *Microsphaera*, *Uncinula* (*Erysipheae*) and *Cystotheca*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca* (*Cystothecaceae*) inferred from DNA ITS sequences- Some taxonomic consequences, *Schlechtendalia*. 4:1-33.
- Brown, V. M., J. N. Moore, P. Fenn, and R. W. McNew.** 1999. Comparison of Leaf Disk, Greenhouse, and field Screening Procedures for Evaluation of Grape Seedlings for Downy Mildew Resistance. *HortScience*. 34 (2): 331-333.
- Cartolaro, P.** 1988. Méthodes d'infection de disques de feuilles de vigne en survie pour apprécier l'action des fongicides contre L'Oidium. 2éme Conférence Internationale sus les Maladies des Pruniers. Tome II. Burdeos, Francia. pp. 1525-1529.
- Castaño, T. E., y D. J. Domínguez.** 2001. Experimentos para el Desarrollo y Mejora Industrial. Jit Press. México. pp. 72, 312.
- Ciren-Corfo.** 1989. Requisitos de clima y suelo, frutales de hoja caduca. CIREN-CORFO, Santiago de Chile, Chile.
- Conafrut.** 1980. Proyecto de inversión agrícola chábacano. Plantación comercial agroindustria. pp. 4-5.
- Cronquist, A.** 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia Press, EE.UU. pp. 281-293.
- Crossa-Raynaud, P., y J. M. Audergon.** 1986. Rootstocks for fruit crops. *In: Apricots* Rom, R. and Carlson R. F. (Eds.). Wiley-InterScience. pp. 295-320.
- Dayton, D. F., R. L. Bell, y E. B. Williams.** 1988. Resistencia a enfermedades, fuentes de resistencia genética, Determinación del grado y tipo de resistencia, Mecanismos de resistencia. En: *Métodos Genotécnicos en Frutales.* (Ed.). Moore, J. N. y Janick, J. 1era. edición en español. Purdue University Press, West Lafayette, Indiana. pp.253-281.
- De la Loma, J. L.** 1966. Experimentación agrícola. 2da edición. (Ed.). Hispano Americana UTEHA. México. pp. 192-193.

- De Santiago, S. S.** 1999. Determinación del concepto de calidad en fruta de albaricoque (*Prunus armeniaca* L.) en base a parámetros físicos, químicos y sensoriales. Tesis de Maestría. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Doster M. A., and W. C. Schinathorst.** 1985. Comparative Susceptibility of Various Grapevine Cultivars to the Powdery Mildew Fungus *Uncinula Necator*. American Journal of Enology and Viticulture. 36: 101-104.
- Egea, L., J. E. García, J. Egea, y T. Berenguer.** 1988. Origen, situación y características de las variedades de albaricoquero en Murcia. Anales de Edafología y Agrobiología. 47: 999-1011.
- FAO 2000.**FAOSTAT. Internet: <http://apps.fao.org>.
- FAO 2003.**FAOSTAT. Internet: <http://apps.fao.org>.
- Font, P. Q.** 2000. Diccionario de Botánica. Ed. Península Barcelona. p. 349.
- Forte, V.** 1992. El albaricoquero. Origen, Caracteres, Cultivo y Comercialización. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. p.176.
- Gharpade, V. M., Hanna M. A., Kadam, S. S.** 1995. Apricot. *In: Handbook of fruits and vegetables. Production, storage and processing.* 1: 335-361.
- Gil, S. F.** 1999. El potencial productivo. Crecimiento vegetativo y diseño de huertos y viñedos. Fruticultura .2da edición. Ed. Alfaomega, México. pp. 21-25.
- Goodman, N. R., Z. Király, and R. N. Wood.** 1986. Resistance to Fungal Infections. *In: The biochemistry and Physiology of Plant Disease.* University of Missouri Press, Columbia. EE.UU. pp.389-391.
- Got, N.** 1958. El albaricoquero. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 24-25.
- Greenberg, J. T.** 1997. Programmed cell death in plant-pathogen interactions. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 48: 525-45.
- Guerriero, R., and G. Scalabrelli.** 1985. Effect of stratification duration on seed germination of several peach line rootstocks. Acta Horticulturae. 173: 211-221.
- Guzman, P. L.** 2004. Correlación entre los requerimientos de frío y la velocidad de germinación de la progenie de genotipos de duraznero (*Prunus persica* L. (Batsch)). Tesis de licenciatura. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Hachiro, O.** 1994. Plant Pathogeneses and Disease Control. (Ed.). CRC Press, EE.UU. p. 193.

- Harborne, J. B.** 1997. Recent advances in chemical ecology. *Natural Products Reports*. 14: 83-98.
- Hebert, T. T., y E. R. French.** 1980. Cantidad de inóculo en contaje. En: *Métodos de investigación fitopatológica*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José Costa Rica. p. 176.
- Hernández, S. E., H. M. Soto, A. J. Rodríguez, y L. T. Colinas.** 2002. Contenido de fenoles y actividad enzimática asociada con el daño provocado por cenicilla en hojas de durazno. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25 (2): 153-159.
- INEGI.** 1998. Cultivos perennes de México. VII Censo Agropecuario. p. 51
- INEGI.** 2000. Carta topográfica 1:50 000. Coordenadas geográficas y altitud de cabeceras municipales. Marco Geoestadístico 2000. Inédito. pp. 293-294.
- Jasso, A. J.** 1988. Mejoramiento genético del durazno para resistencia al ataque de Cenicilla *Sphaerotheca pannosa* (Walls Les). Tesis de maestría. Centro de Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, Edo. de México.
- Kaska, N., C. Onur, S. Onur, and A. Cinar.** 1981. Early apricot cultivars for the Mediterranean Region of Turkey. Project no. 12. Final report. (Abstr.).
- Kaska, N., A. Yildiz, H. Ayanouglu, M. Saglamer, and M. K. Gungor.** 1993. Apricot adaptation studies in the Mediterranean Coastal Region in Turkey. *Acta Horticulturae*. 384: 67-71.
- Kester, D. E., R. Raddi, and R. Assay.** 1977. Correlation of chilling requirement for germination, blooming and leafing within and among seedling populations of almond. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 102: 145-148.
- Kobayashil, D. K.** 1987. Mechanisms of Rest and Dormancy. *In: Introduction*. Symposium paper and authors. *HortScience*. 22 (5): 816.
- Kramarenko, A. L.** 1999. Micropropagation of Apricot and field performance of *in vitro* propagated plants. *Acta Horticulturae*. 488: 417-420.
- Küden, A. B., and L. Son.** 1997. Effects of different pruning treatments on the yield and quality of apricots. *Acta Horticulturae*. 441:221-224.
- Layne, R. E. C., C. H. Bailey, and L. F. Hough.** 1996. Apricots *In: Fruit breeding. Tree and Tropical Fruits*. Janick, J. and Moore, J.N. Vol. I. Chapter 2. (Eds.) John Wiley & Sons, Inc. New York. p. 79- 108.

- Lichou, J., et A. Audubert.** 1989. Description des maladies, L' Oidium. L'albricotier. CTIFL. France. p. 316.
- Lichou, J., et A. Audubert.** 1992. L'albricotier. Ed. CTIFL. Paris. p.128.
- Marroquín, M.** 1990. Búsqueda de métodos *in vitro* e invernadero para la determinación del tipo de resistencia en durazno a la cenicilla. Tesis de maestría. Centro de Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, Edo. de México.
- Mauseth, D. J.** 1995. Botany. Introduction to Plant Biology. (2nd Ed.). Saunders College Publishing. Orlando, Florida. p. 729.
- McEachern, R. G., and L. A. Stein.** 1997. The USDA Pecan Breeding Program. *In: Texas Pecan Handbook.* Texas Agricultural Extension Service. Texas. pp. 19-23.
- McGuire, R. G.** 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience.* 27: 1254-1255.
- Mehlenbacher, S. A., V. Cociu, and L. F. Hough.** 1990. Apricots (*Prunus*). *In: Genetic Resources of Temperature Fruit and Nuts Crops.* (Eds.). Moore, J. M. and Ballington, J. R. *Acta Horticulturae.* 290: 63- 109.
- Micke, A., and B. Donini.** 1993. Induced mutations. *In: Plant breeding. Principles and prospects.* (Ed.). M.D. Hayward, N. O. Bosemark y I. Romagosa. Champman & Hall, London. pp.42-63.
- Miklos, F.** 1989. Physiology of Temperate zone fruit Tree. (Ed.). Wiley, United States. p. 191.
- Misirli, A., R. Gulcan, and R. Sefer.** 1999. Determination of phenolic compounds in resistant and susceptible apricot hybrids to *Sclerotinia laxa*. *Acta Horticulturae.* 488: 691
- Mondino, P.** 2001. Manejo de resistencia a fungicidas. Material de apoyo a la docencia en Cursos de Protección Vegetal Hortícola y Protección Vegetal Frutícola. Departamento de Protección vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. p. 1-2.
- Mondragón, C., R. Fernández, y S. Pérez.** 2001. Desinfección y Estratificación de la semilla. Tipos de injerto. En Propagación de plantas de durazno, chabacano y manzano. Folleto para productores No. 1. INIFAP. CIR-Centro. San Luis de la Paz, Guanajuato, México. p. 5-8, 16.

- Mondragón, J. B., M. R. Fernández, y G. S. Pérez.** 2004. El chabacano o albaricoque. ALTERNATIVA FRUTÍCOLA para la región central de México. Folleto Técnico No.1. INIFAP. Campo Experimental Norte de Guanajuato. pp. 5-33.
- Moore, J., y J. Janick.** 1988. Métodos genotécnicos en frutales. 1era edición. AGT Editor, S.A. pp.253-281.
- N.A.S (National Academy of Sciences).** 1978. Control de plagas de plantas y animales. Desarrollo y control de las enfermedades de las plantas. Vol. 1. Ed. Limusa. México.
- Ogawa, J. M., J. K. Uyemoto, and B. A. Jaffee.** 2003. The American Phytopathological Society (APSnet). 1994-2003. Common Names of Plant Diseases. Diseases of Apricot.
- Ogawa, J. M., and H. English.** 1991. Disease of Temperate Zone Tree Fruit and Nut Crops. Okland, California. p. 461.
- Olmstead, J. W., and G. A. Lang.** 2000 . A Leaf Disk Assay for Screening Sweet Cherry Genotypes for Susceptibility to Powdery Mildew, HortScience. 35(2):274-277.
- Pataky, R.** 1987. Report on Plant disease. Powdery mildews of ornamentals. RPD No. 617. Department of crop sciences. University of Illinois. Urbana-Champaign. pp. 1,3.
- Patil, S. A., Ouchi, Mills and C. Vance.** 1991. Molecular Strategies of Pathogens and Host Plant. Springer- Verlag. p. 165.
- Pearsall, N. N., W. E. Nester, E. C. Roberts, E. M. Lidstrom, and T. M. Nester.** 1983. Microbiology. 3rd Edition. Saunders College Publishing. EE.UU. p. 142.
- Pérez, G. S.** 1990. Relationship between Parental Blossom Season and Speed of Seed Germination in Peach. HortScience. 25 (8): 958- 960.
- Pérez, G. S.** 1993. Regionalización multivariada para el desarrollo frutícola de Querétaro. En: Horas frío calculadas mediante modelos propuestos por Weinberger, Da Mota con ajustes basados en la altitud. Revista: Avances UAQ. Año IV. Numero 16. p.28.
- Pérez, G. S.** 1995. Apricot germoplasma and breeding strategies for the Mexican tropical highlands. Acta Horticulturae. 384:61-63.
- Pérez, G. S.** 1997. Breeding peaches for Powdery Mildew (*Sphaerotheca pannosa*) resistance in the subtropical regions of central México. Acta Horticulturae. 441:87-92.

- Richards, D., and R. Rowe.** 1977. Effects of roots restriction, root pruning and 6-benzylamino-purine on the peach seedling. *Annual Botany*. 41: 729-740.
- Robinson, R. A.** 1985. Apuntes del curso: Manejo del hospedante en patosistemas agrícolas. México. p. 500.
- Rodríguez, A. J.** 1995. El chabacano su selección y su mejora genética. Curso teórico practico de frutales. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX. Coatepec Harinas, México. pp. 9-11.
- Ross, J. D.** 1997. Dormancy Breakage By Chilling: Phytochrome, Calcium and Calmodulin *In: Plant Dormancy. Physiology, biochemistry and molecular biology.* Chapter 10. (Ed.). G. A. Lang. CAB International. pp. 157-158.
- Ryugo, K.** 1993. Fruticultura. Ed. Ciencia y arte. AGT, S.A, México. p. 60.
- Saenz, G. S., and J. W. Taylor.** 1999. Phylogeny of the Erysiphales (powdery mildews) inferred from internal transcribed spacer (ITS) ribosomal DNA sequences. *Canadian Journal of Botany*. 77: 150-169.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA).** 2000. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los E.U.M (Estados Unidos Mexicanos) por cultivo. Resumen nacional de cultivos perennes. pp. 704-705.
- Socias, R.** 1989. La mejora genética de frutales. *Revista: Fruticultura Profesional* 21: 73-81.
- Stansfield, D. W.** 1985. Genética cuantitativa. 2da edición. Ed. Mc Graw Hill. México. pp. 226-232.
- Sun, S. and C. Pu.** 1982. A new botanical variety of apricot. *Acta Horticulturae*. 9: 58.
- Tores, M. J.** 1990. Oidio en Cucurbitáceas. En: Cuadernos de Fitopatología 1er trimestre. Estación experimental "La Mayora". Consejo superior de Investigaciones Científicas. España. p. 28.
- Valentín, G., L. E. Arroyo, y R. Uviedo.** 2001. Posibilidades de perjuicios en la producción de Durazno y Nectarina en el NE de la provincia de Buenos Aires, ocasionados por las condiciones de frío invernal durante el año 2001. GT Fruticultura y Suelos y Agrometeorología 2001. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. pp. 1-5.

- Walnut, Creek.** 1995. California Apricot Advisory Board (CAAB). Apricots and apricot processing. EE.UU. p. 93.
- Westwood, N. M.** 1993. Temperate-zone pomology. Physiology and culture. 3rd Edition. Timber Press. Portland, Oregon. EE.UU. p. 523.
- Will, R. B. H., F. M. Scriven, H. Greenfield.** 1983. Nutrient Composition of Stone Fruit (*Prunus* spp.) Cultivars: Apricot, Cherry, Nectarine, Peach and Plum. Journal of the Science of Food and Agriculture. 34:1383 -1389.
- Yildi, A. A., A. Yildiz, N. Kaska, and S. Caglar.** 1997. Developing new table apricot cultivars. Acta Horticulturae. 441: 419.

VII. APÉNDICE

Apéndice 1. Número de frutos/ genotipo evaluados en albaricoquero

Genotipo	Número de frutos
H7-3	27
H20-12	23
H10-3*	29
Casa 1	117
Casa 2	113
H7-9	22
H7-10	22
H7-14	28
H10-21	157
H12-17	52
H7-12	34
H10-26*	77
H9-1	53
H12-1	185
H18-1	57
H28-4	21

* Selecciones



Apéndice 2. Evaluación de 2 genotipos contrastantes en la resistencia a cenicilla H7-3 (inmune) y H9-1 (susceptible) bajo condiciones de inóculo natural en invernadero