

# FENOLOGÍA Y BOTÁNICA DE GENOTIPOS DE PISTACHERO (*Pistacia* spp.) SELECCIONADOS PARA LA FORMACIÓN DE PORTAINJERTOS RESISTENTES AL HONGO

*Phymatotrichopsis omnivora* (DUGGAR)

HENNEBERT

S. H. Tarango Rivero

Campo Experimental Delicias-INIFAP, km 2 carr. Delicias-Rosales,  
Cd. Delicias, Chihuahua, México.

**RESUMEN.** Se evaluó el comportamiento de un ecotipo de *Pistacia texana* Swingle, nativo de una región donde es endémico el hongo *Phymatotrichopsis omnivora*. También se evaluaron *P. integerrima* (Stewart) Rech. y el híbrido espontáneo *P. integerrima* X [*P. vera* X *P. khinjuk*]. El portainjerto estándar *P. atlantica* Desf. fue el testigo. En campo se registró su resistencia al frío, su vigor, su fenología, su condición nutrimental, su compatibilidad de injerto con variedades de *P. vera* L. y su reacción a la presencia de *P. omnivora*; se hicieron mediciones y descripciones morfológicas. En laboratorio se hizo un estudio histológico e histoquímico de raíces de 1 a 2 mm de grosor. Las selecciones de *P. texana* Pt-22 (B&) y Pt-24 (@&) resisten heladas de -9°C, son de vigor intermedio, de brotación temprana, muy precoces a fructificación, responden nutricionalmente bien en suelo calcáreo, muestran compatibilidad inicial con las variedades Sfax, Aegina, Chico y Nazareth, y han sobrevivido por ocho años en un suelo con presencia de *P. omnivora*. Del híbrido espontáneo se seleccionaron dos árboles: Pivk-25 (@&), vigoroso, temprano, precoz, de buen estado nutrimental, compatible; y Pivk-16 (@&), muy vigoroso, tardío, no precoz; ambos son aparentemente poco susceptibles a *P. omnivora*.

**PALABRAS CLAVE:** *Pistacia texana*, germoplasma, resistencia genética, hibridación.

**SUMMARY.** The performance of an ecotype of *Pistacia texana* Swingle, native to a region where the fungi *Phymatotrichopsis omnivora* is endemic, was evaluated. *P. integerrima* (Stewart) Rech and the spontaneous pistachio tree hybrid *P. integerrima* X [*P. vera* X *P. khinjuk*] were also tested. The standard rootstock *P. atlantica* Desf. was used as control. Under field conditions, on every pistachio genotype its phenology, frost resistance, vigor, nutrient foliar concentration, grafting compatibility with *P. vera* L. varieties and reaction to *P. omnivora*; were evaluated. Other measurements and morphological descriptions were also done. In the lab, hystological and hystochemical studies of 1-2 mm thick root were carried out. It was found out that two selections from *P. texana*, Pt-22 (B&) and Pt-24 (@&), resist temperatures down -9°C, have intermediate vigor, sprouts early and are very precocious, have a good nutrient status on calcareous soils, show initial compatibility with varieties Sfax, Aegina, Chico and Nazareth, and have survived eight years in a soil with the presence of *P. omnivora*. Two trees were selected from the spontaneous hybrid: Pivk-25 (@&) is vigorous, sprout early and is precocious, with good elemental nutrient concentration and compatible with *P. vera*; and Pivk-16 (@&) which is vigorous, sprouts late, is not precocious; and apparently both have little susceptibility to *P. omnivora*.

**KEY WORDS:** *Pistacia texana*, germplasm, genetic resistance, hybridation.

## INTRODUCCIÓN

El pistachero *Pistacia vera* L. (Terebintales: Anacardiaceae) es un frutal que crece y fructifica bien en distintas regiones del estado de Chihuahua (Figueroa, 2001; Tarango y Ronquillo, 2001b); asimismo, la calidad de los pistachos que se producen en la entidad es similar a la de países productores de esta nuez, como Irán y Estados Unidos (Ornelas y Anzaldúa, 2001;

Tarango *et al.*, 2001). No obstante, en Chihuahua el pistachero no ha desarrollado como cultivo importante debido a varios factores, entre los que sobresalen dos limitantes agroecológicas (Tarango, 1993a y 1993b): 1) insuficiente acumulación de horas frío en el 40% de los inviernos, y 2) severa incidencia de la enfermedad "pudrición de la raíz" causada por el hongo *Phymatotrichopsis omnivora* (Duggar) Hennebert.

Para la primera limitante ya se tienen dos alternativas de solución: la selección de las variedades más adecuadas para distintas regiones microclimáticas, según su requerimiento de horas frío (Figueroa, 2001; Tarango y Ronquillo, 2001b), y un esquema para el uso del estimulador de la brotación cianamida hidrogenada (Tarango y Martínez, 2001). El problema con *P. omnivora* ha sido muy generalizado dado que los portainjertos utilizados *P. atlantica* Desf., *P. terebinthus* L. y *P. vera* L. son muy susceptibles a este patógeno (Tarango, 1993a). La búsqueda de alternativas para esta segunda limitante inició con la caracterización de la susceptibilidad de los distintos genotipos de *Pistacia* a *P. omnivora*, encontrando que *P. atlantica* es la especie más susceptible, siguiéndole en susceptibilidad sus híbridos *P. atlantica* X *P. integerrima* (UCB-1) y *P. integerrima* X *P. atlantica* (PG-II); *P. integerrima* y el híbrido *P. lentiscus* X *P. integerrima* (F-1) aparecen como menos susceptibles (Tarango, 1993b; Tarango y Ronquillo, 2001a). Actualmente se trabaja en la caracterización de germoplasma, con énfasis en el nativo del norte de México y sur de Estados Unidos, buscando fuentes de tolerancia o resistencia a dicho hongo, de cuyo objetivo general forma parte este estudio particular.

*P. omnivora* es un hongo nativo de los desiertos y planicies del suroeste de Estados Unidos y del norte de México. En estos hábitats distintas especies de la vegetación silvestre hospedan al patógeno en su raíz sin ser dañadas por él (Streets y Bloss, 1973; Lyda, 1978). De esos hábitats también son nativas dos especies de pistachero: *Pistacia mexicana* HBK y *P. texana* Swingle (Henrickson y Johnston, 1997). Al respecto, Dayton *et al.* (1988) establecen que cuando el hospedero y el patógeno son nativos del mismo hábitat, hay mayor probabilidad de que en el primero aparezcan características de resistencia al segundo. También se considera que en las plantas silvestres existe una base genética para el mejoramiento para resistencia a enfermedades (Walker, 1973; Whilhelm, 1981; Agrios, 1985).

Correll y Johnston (1970), Elias (1980), Vines (1986) y Shreve (1990) señalan que *P. texana* se localiza del suroeste de Texas al norte y centro de Coahuila. Es una especie típica de la Meseta Edwards, de las áreas secas del Río Pecos y su junta con el Río Bravo, particularmente del condado Val Verde. Crece en laderas o lechos de arroyos rocosos y calcáreos, con pH de 8.3 o mayor. Y es ésta una de las regiones donde *P. omnivora* se encuentra ampliamente distribuido y en este tipo de suelos donde exhibe su mayor patogenicidad (Streets y Bloss, 1973; Lyda, 1978). *P. texana* es una especie de mucho interés por determinadas características de su raíz: las células de

la peridermis son pequeñas y están dispuestas compactamente, las lenticelas están rodeadas por gruesos abultamientos de corcho, el color de dicho tejido es negro café violáceo, lo cual sugiere alto contenido de súber; además, extractos con metanol de la peridermis retardan el crecimiento micelial de *P. omnivora*, in vitro (Tarango, 1993b).

Relacionando la información anterior, las formaciones vegetales de *P. texana* pueden encontrarse en áreas cuyos suelos alberguen a *P. omnivora*, por lo cual pueden ser fuente de germoplasma para la búsqueda de características de resistencia o tolerancia al hongo, y de otras características botánicas útiles para la formación de portainjertos. De acuerdo con Streets y Bloss (1973), en cuanto a resistencia genética se refiere, el mejoramiento o la selección de plantas debe considerar portainjertos con resistencia morfológica y/o fisiológica a *P. omnivora*, además de ser compatibles y productivos. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue seleccionar plantas de *P. texana* y de otros genotipos de *Pistacia*, que tuviesen características botánicas y fenológicas que sirvieran para la formación de portainjertos de pistachero tolerantes o resistentes a *P. omnivora*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación del estudio.** Se realizó de 1996 a 2004, en Cd. Delicias, Chihuahua, México.

**Propagación de plantas.** En 1992 se adquirieron 30 plantas de *P. texana* de dos años de edad del Native Texas Nursery (Austin, Texas), cuya semilla se recolectó en el Condado Val Verde (P. McNeal, comunicación personal 1992). Durante la época de floración se confinaron en un invernadero; tres plantas femeninas amarraron frutos, que se recolectaron en septiembre de 1992, de los cuales se obtuvieron 68 semillas llenas. En 1995 se recolectaron en un huerto fenológico del Campo Experimental Valle de Juárez-INIFAP cientos de semillas de *P. atlantica*, y del huerto demostrativo de la Dirección de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Chihuahua (DDR-GECH), en Delicias, Chihuahua, decenas de semillas del híbrido espontáneo *P. integerrima* X Chico. La variedad masculina Chico es un híbrido de *P. vera* X *P. khinjuk*. Las semillas se germinaron en enero de 1996 según el método descrito por Tarango (1993a), las cuales se sembraron en charolas de poliestireno de 80 cavidades y con musgo esfagníneo como medio. En mayo, cuando tenían 10 cm de altura en promedio, las plántulas se trasplantaron en macetas de polietileno de 15 cm de diámetro y 40 cm de altura, con azolve de arroyo como medio. Las plantas se mantuvieron en un sombreadero

abierto, con un 50% de sombra. En marzo de 1997 las 30 plantas más vigorosas de cada genotipo se trasplantaron en el campo.

**Establecimiento del experimento.** Fue utilizado el huerto de la DDR-GECH donde habían muerto muchos pistacheros (*P. vera*/*P. atlantica*) de 12 a 14 años de edad, debido al ataque del hongo *P. omnivora*. En un área de 40 X 50 m, los árboles muertos se talaron a 30 cm del piso y su raíz se dejó intacta; el suelo no se disturbó. De esta manera se aseguró la disponibilidad de suelo y tejido vegetal infectado con dicho patógeno, pues como señalan Ratliffe y Neal *et al.* (citados por Streets y Bloss, 1973) los cordones miceliares de *P. omnivora* que quedan sobre las raíces de árboles muertos y los esclerocios que se forman en las raíces gruesas y en el suelo vecino a ellas, permanecen viables por 5 a 7 años y son la fuente más común de inóculo de este hongo. En 1997, a 40 cm del tronco de un árbol muerto se plantó un árbol de *P. atlantica* (testigo susceptible) en el lado este y uno de *P. texana* del lado oeste. Los árboles de *P. integerrima* y los de su híbrido se plantaron en el sitio donde había muerto un pistachero, en la misma área de terreno, pero cuya cepa sí fue removida, y no fueron pareados con un árbol de *P. atlantica*. Se establecieron 30 árboles de cada genotipo, de manera aleatorizada en el área de terreno escogida.

**Conducción del experimento.** Los árboles no fueron podados durante el estudio. Se aplicó la fórmula de fertilización 100-40-40 únicamente los primeros dos años de los árboles en el campo, los cuales recibieron de dos a tres riegos por ciclo vegetativo del primero al sexto años; el séptimo y octavo años no fueron regados. En 2002 se realizó la injertación de los genotipos seleccionados con las variedades Sfax (@&), Aegina (@&), Chico (B&) y Nazareth (B&). Se utilizaron varetas recién cortadas, se injertó en ramas secundarias de la parte media de la copa de los árboles, con el método de astilla; los injertos los hizo la misma persona durante una sola mañana; se hicieron tres repeticiones por variedad.

**VARIABLES EVALUADAS.** En el huerto se colocó una caseta meteorológica con un termómetro de máximas y mínimas; las temperaturas se tomaron diariamente durante el estudio. La reacción a frío se midió el año de la plantación (1997) y siete años después (2003). Cuando un árbol enfermaba y posteriormente moría se cotejaban sus síntomas foliares con la clave descriptiva de Tarango (1993b) para síntomas de daño por *P. omnivora* en pistachero. Se extrajo su raíz y se revisó al estereoscopio Carl Zeiss (20X) para buscar cordones miceliares del hongo, de los cuales se hacían

montajes en portaobjetos y se revisaban al microscopio compuesto Carl Zeiss (400X). Para consignar la muerte por *P. omnivora* se verificaba la presencia de hifas cruciformes, lo cual es una característica muy confiable para identificar a este patógeno (Bloss y Duggar citados por Streets y Bloss, 1973). El prendimiento, crecimiento y condición vegetativa de los injertos se evaluó a los cinco y 15 meses después de realizados. La emisión de racimos florales se revisaba en marzo y abril de cada año. Las fases fenológicas brotación y floración se registraron durante el año 2002, cuando los árboles tenían seis años de edad. El muestreo de hojas para el análisis nutricional se hizo el 15 de agosto de 2002, y al análisis en el laboratorio de UNIFRUT. La descripción botánica de hojas, flores, frutos y tallo se hizo en 2003, en árboles de siete años de edad, usando las claves pictóricas de Cendrero (1976) y descriptivas del IPGRI (1997), en el campo; la mediciones morfológicas de los distintos órganos se hicieron en la planta.

**Estudio histológico e histoquímico.** De cada genotipo se cortaron raíces de 1 a 2 mm de diámetro, en segmentos de 5 cm de longitud; se enjuagaron con agua destilada e inmediatamente se sumergieron en solución fijadora FAA (100 mL de formaldehído + 50 mL de ácido acético + 500 mL de etanol + 350 mL de agua destilada), por varios días. Después de fijadas las raíces se lavaron con agua corriente durante 15 min. Luego se deshidrataron en una serie gradual de alcohol etílico (50-70-96-100%) y de xileno al 100% (con tres cambios). Posteriormente se infiltraron con parafina, en dos cambios de Paraplast regular (Sigma Chemical Co.). Todo el proceso se realizó en un cambiador automático de tejidos 4640-B (Sakura Finetechnical, Tissue-Tek II), y en cada reactivo las raíces permanecieron 3 h. Finalmente el material se incluyó nuevamente en Paraplast utilizando moldes de papel. Los bloques de Paraplast con el material incluido se montaron en un soporte de madera y se hicieron pirámides dejando en el ápice sólo el material incluido. Los cortes se hicieron en un microtomo rotatorio 820 (American Optical), a un grosor de 8  $\mu$ m, los cuales se colocaron en un baño de flotación (agua y grenetina) a una temperatura de 65 $\pm$ 0.5°C. Los cortes extendidos se adhirieron en el portaobjetos y se tiñeron con la coloración diferencial safranina-verde rápido. Para ello se desparafinaron con xileno, tres cambios de 3 min cada uno; luego se hidrataron en etanol 100-96-70-50% 3 min en cada concentración. Se dejaron 24 h con safranina, después de lo cual se lavaron con etanol al 50-70-96%; enseguida se tiñeron con verde rápido por 1 min, para luego deshidratarse con etanol al 96-100% y tres cambios de xileno. Se montaron con resina sintética entre porta y cubreobjetos (Johansen, 1940). Las preparaciones se observaron con un microscopio de luz Carl Zeiss (400X).

Para determinar la presencia de suberina y algún tipo de polifenol en la peridermis y otros tejidos de las raíces se aplicaron varias reacciones en cortes incluidos en parafina. Los cortes desparafinados e hidratados se hicieron reaccionar: para suberina con Sudán IV (Sudán VI a saturación en etanol al 50%); para lignina con Floroglusina-HCl (10 g de Floroglusina en 95 mL de etanol absoluto); para suberina y polifenoles con Azul de toluidina O (Azul de toluidina al 0.25% en agua destilada por 3 min), con permanganato de potasio (permanganato de potasio al 1% en agua destilada por 5-20 min), con Rojo neutro (Rojo neutro al 0.1% en solución de fosfato de potasio con pH 6.5, por 1 min y lavado con agua destilada), con Vainillina-HCl (Vainillina a saturación en etanol al 50%) (Jensen, 1962; Gardner, 1975; Krishnamurthy, 1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tolerancia a frío.** *P. texana* es una especie perennifolia o tardíamente decidua, por lo que el primer criterio de selección fue resistencia a las heladas que ocurren en la meseta chihuahuense. En su hábitat nativo esta planta soporta hasta  $-5^{\circ}\text{C}$  (Shreve, 1990). En el invierno de 1997-98, cuando las plantas del experimento tenían 16 meses de edad y estaban en su primer ciclo de crecimiento en el campo, y el ápice de sus brotes estaba aún succulento, hubo 22 días con helada (de mediados de diciembre a mediados de enero), con cuatro días consecutivos a  $-6^{\circ}\text{C}$ . A principios de enero ocurrió una nevada y la temperatura bajó a  $-5^{\circ}\text{C}$ . Después de estos eventos climáticos se evaluó la reacción de los genotipos al frío, un mes posterior a la brotación (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Susceptibilidad (número de árboles por categoría de daño) al frío de cuatro genotipos de pistachero. Delicias, Chihuahua. 1998.

Genotipo	Grado de daño <sup>1</sup>		
	Bajo <sup>2</sup>	Intermedio <sup>3</sup>	Alto <sup>4</sup>
<i>Pistacia atlantica</i>	30	0	0
<i>Pistacia integerrima</i>	30	0	0
<i>Pistacia texana</i>	10	10	10
P.i. X [P.v. X P.k.] <sup>5</sup>	30	0	0

<sup>1</sup>= Por heladas de 0 a  $-6^{\circ}\text{C}$ .; <sup>2</sup>=sólo se heló la punta de los brotes, <sup>3</sup>=se heló la mitad del tallo, <sup>4</sup>=se heló todo el tallo.

<sup>5</sup>= Se refiere a *P. integerrima* X [*P. vera* X *P. khinjuk*].

**Cuadro 2.** Árboles de cuatro genotipos de pistachero muertos<sup>1</sup> por *Phymatotrichopsis omnivora* por año. Delicias, Chihuahua. 2004.

Genotipo	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<i>Pistacia atlantica</i>	7	1	3	11	1	0	0	0
<i>Pistacia integerrima</i>	-- <sup>2</sup>	0	2	1	1	0	1	2
<i>Pistacia texana</i> 2	0	1	1	0	0	0	0	0
P.i. X [P.v. X P.k.] <sup>3</sup>	0	0	0	2	1	0	1	1

<sup>1</sup>De 30 plantas establecidas.

<sup>2</sup>Árboles plantados hasta 1998.

<sup>3</sup>Se refiere a *P. integerrima* X [*P. vera* X *P. khinjuk*].

*P. atlantica* es resistente al frío, por lo que es la referencia para la evaluación de esta variable (Ferguson *et al.*, 1991). Se encontró que únicamente *P. texana* fue dañada por el frío ocurrido, aunque 10 individuos soportaron muy bien el clima de su primer invierno en campo; tales plantas aún estaban con su follaje activo cuando se presentaron las heladas y el grado de daño que sufrieron fue similar al de *P. atlantica*, por lo que fueron marcadas para la siguiente prueba. Varios inviernos después, a los siete años de edad de los árboles, a mediados de diciembre de 2003, ocurrió una helada de  $-9^{\circ}\text{C}$ , afectando de manera diferencial a las plantas de *P. texana* que habían sido identificadas por su tolerancia al frío en 1998; dicho evento sirvió para depurar la selección por esta variable, eliminando a un individuo que había soportado  $-6^{\circ}\text{C}$  pero no  $-9^{\circ}\text{C}$ .

**Reacción a *P. omnivora*.** Los cordones miceliarios de *P. omnivora* que quedan sobre las raíces de árboles muertos y los esclerocios que se forman en las raíces gruesas y en el suelo vecino a ellas, permanecen viables por 5 a 7 años y son la fuente más común de inóculo de este hongo (varios autores citados por Streets y Bloss, 1973). Las plantas de este estudio se plantaron en sitios de un huerto donde murieron pistacheros de 10 a 12 años de edad debido al ataque de *P. omnivora*; las raíces y el suelo no fueron disturbados. De esta manera, las plantas trasplantadas a 40 cm del tronco de un árbol muerto tuvieron una alta probabilidad de establecer contacto con el patógeno. Como se muestra en el Cuadro 2 la especie más susceptible a este hongo fue *P. atlantica*, usada como testigo.

*P. integerrima* y el híbrido *P.i. X [P.v. X P.k.]* resultaron susceptibles al hongo, pero en grado sustancialmente menor que el portainjerto estándar *P. atlantica*. Por otra parte, se ha reportado que plantas de *P. texana* han sobrevivido en suelos infestados con *P. omnivora* (L.W. Shreve, comunicación escrita, 1991). En este estudio el 16% de las plantas de *P. texana* murió por ataque de *P. omnivora* durante los primeros cuatro años (Cuadro 2). Es decir, esta especie de pistachero no es inmune al patógeno, y los resultados anteriores sugieren que si hubiese en *P. texana* genes de resistencia a *P. omnivora*, la presencia de éstos sería distinta entre ecotipos y entre árboles de un mismo ecotipo. Significa, además, que tendrían que evaluarse el mayor número posible de colectas e individuos para encontrar aquellos que tuviesen la característica buscada.

Por lo anterior, la preselección de plantas con posibilidad de resistencia a *P. omnivora* dependió de y estuvo influenciada por dos factores metodológicos: 1) la manera en que se colocaron las plantas en contacto con el inóculo potencial (ver materiales y métodos), lo cual las puso en alta probabilidad de infectarse, como lo demuestra el 76% de mortalidad en el testigo susceptible *P. atlantica* (Cuadro 2); y 2) la preselección de las plantas cuyo testigo susceptible murió por ataque del hongo el año del establecimiento (1997), lo cual significa que sí había inóculo y que la planta escogida sobrevivió y vegetó bien durante ocho años en un suelo con presencia del patógeno.

**Vigor.** Esta variable se midió como altura de los árboles a los seis años de edad. Se observa en el Cuadro 3 que en los cuatro genotipos hay una variabilidad amplia en el tamaño de sus arboles. En promedio, *P. integerrima* es la especie más vigorosa, seguida de *P. atlantica*. *P. texana* es el genotipo con menor porte de planta, un 22% menos que el patrón estándar *P. atlantica*, lo cual sugiere que al usarse como portainjerto formaría árboles más compactos, los cuales tendrían que plantarse a menor distancia y su manejo cultural sería más fácil.

Hasta esta parte y tiempo del estudio, de acuerdo a su reacción al frío y a la presencia de *P. omnivora* y a su vigor, se preseleccionaron cuatro individuos. Dos árboles de *P. texana*: Pt-22 (macho) de 3.19 m de altura y Pt-24 (hembra) de 2.96 m de altura; dos árboles de *P.i. X [P.v. X P.k.]*: Pivk-25 (hembra) de 4.23 m de altura y Pivk-16 (hembra) de 4.70 m de altura.

**Fenología.** Un árbol frutal injertado es un sistema, en el cual el portainjerto y la variedad injertada ejercen influencias recíprocas, lo que modifica el comportamiento total del árbol (Hartmann y Kester, 1980; Rom, 1987; Ferguson y Brown, 1990). Por lo tanto, es necesario conocer el comportamiento fenológico básico de un potencial portainjerto o de posibles progenitores formadores de éste. En el Cuadro 4 se muestran las fechas de brotación y en el Cuadro 5 las de floración de los árboles preseleccionados, en comparación con los patrones comerciales *P. atlantica* y *P. integerrima*.

**Cuadro 3.** Tamaño de árboles de cuatro genotipos de pistachero a los seis años de edad. Delicias, Chihuahua. 2002

Genotipo	Altura (m)	
	Rango	Promedio
<i>Pistacia atlantica</i>	3.20 a 4.24	3.79
<i>Pistacia integerrima</i>	2.44 a 4.70	3.83
<i>Pistacia texana</i>	2.23 a 3.45	2.95
<i>P.i. X [P.v. X P.k.]</i> <sup>1</sup>	2.34 a 4.70	3.56

<sup>1</sup>Se refiere a *P. integerrima X [P. vera X P. khinjuk]*.

**Cuadro 4.** Fechas de brotación de seis genotipos de pistachero, de árboles de seis años de edad. Delicias, Chihuahua. 2002

Genotipo	Brotación		
	Inicio	Plenitud	Fin
<i>Pistacia atlantica</i>	24 feb	1 mar	2 mar
<i>Pistacia integerrima</i>	26 mar	29 mar	29 mar
Pt-22	25 feb	1 mar	3 mar
Pt-24	25 feb	3 mar	6 mar
Pivk-25	4 mar	10 mar	12 mar
Pivk-16	14 mar	20 mar	20 mar

*P. atlantica* es un portainjerto de brotación temprana, lo que sugiere que es de bajo requerimiento de frío (Tarango, 1993a). Los árboles preseleccionados de *P. texana* prácticamente exhiben el mismo patrón de brotación que *P. atlantica* (Cuadro 4). El que Pt-22 y Pt-24 sean genotipos de baja necesidad de enfriamiento invernal es muy conveniente, dado que el invierno de la meseta chihuahuense es del tipo benigno, y esa característica del patrón atenuaría el requerimiento de horas frío de la variedad que se injertase en ellos (Young y Werner, 1984). Por su parte, *P. integerrima* es el portainjerto de brotación más tardía. Su híbrido Pivk-25 adelanta notablemente (en 22 días) su fecha de inicio de brotación, mientras que Pivk-16 lo hace en 12 días, lo cual refleja la influencia de su progenitor masculino, la variedad temprana Chico (*P. vera* X *P. khinjuk*).

A los seis años de edad los árboles de *P. atlantica* aún no habían diferenciado yemas florales. En la fase de floración *P. integerrima* resultó el genotipo más tardío, en consonancia con su fecha de brotación. Se encontró que el periodo de receptividad de estigma de los genotipos Pt-24 y Pivk-25 puede ser bien cubierto con polen del árbol Pt-22 (Cuadro 5), lo cual permitiría el cruzamiento entre dichas preselecciones. El interés en el árbol tardío y muy vigoroso Pivk-16 es para hibridarlo con Pt-22, por lo que la fecha de su floración tendría que adelantarse, lo cual podría hacerse con dosis bajas de cianamida hidrogenada (Tarango y Martínez, 2001).

**Precocidad.** Una función importante de las raíces de un árbol frutal es la síntesis y transporte de hormonas, las cuales influyen marcadamente en su desarrollo total (Rom, 1987). De esta manera, en el pistachero la juvenilidad o precocidad del portainjerto afecta dichas características en la variedad injertada (Crane y Forde, 1976), al igual que en otros frutales (Hartmann y Kester, 1980). En el Cuadro 6 se presenta la precocidad a primera floración de los genotipos evaluados.

Los árboles de *P. atlantica* exhiben un largo periodo juvenil, de al menos 10 años (Tarango y Ronquillo, 2001a). En el presente estudio, a los ocho años de edad este genotipo aún no ha diferenciado yemas florales. *P. integerrima* y su híbrido con la variedad Chico son medianamente precoces, con la mitad de sus árboles floreciendo a los seis años de edad. Todas las plantas de *P. texana* comenzaron su floración a los dos años de edad, y a los tres años la formación de panículas fue abundante, tanto en árboles femeninos como masculinos, incluidas las preselecciones Pt-22 y Pt-24. El árbol Pivk-25 emitió sus primeros racimos florales a los cinco años de edad y a los seis floreció abundantemente; el Pivk-16 comenzó su floración hasta los ocho años de edad.

Una observación interesante fue el hecho de que los injertos sobre Pivk-25 diferenciaron yemas florales al año de edad, de manera abundante en las

**Cuadro 5.** Fechas de floración de seis genotipos de pistachero, de árboles de seis años de edad. Delicias, Chihuahua. 2002

Genotipo	Floración		
	Inicio	Plenitud	Fin
<i>Pistacia atlantica</i>	-- <sup>1</sup>	--	--
<i>Pistacia integerrima</i> <sup>2</sup>	25 mar	28 mar	30 mar
<i>Pistacia integerrima</i> <sup>3</sup>	25 mar	28 mar	4 abr
Pt-22	12 mar	16 mar	27 mar
Pt-24	14 mar	18 mar	26 mar
Pivk-25	19 mar	23 mar	27 mar
Pivk-16	24 mar <sup>4</sup>	28 mar	30 mar

<sup>1</sup>No ha florecido.

<sup>2</sup>Planta femenina.

<sup>3</sup>Planta masculina.

<sup>4</sup>Datos tomados el año 2004.

**Cuadro 6.** Porcentaje de plantas de cuatro genotipos de pistachero que emitieron sus primeros racimos florales según su tiempo de desarrollo. Delicias, Chihuahua. 2003

Genotipo	Edad en años				
	2	3	4	5	6
<i>Pistacia atlantica</i>	0	0	0	0	0
<i>Pistacia integerrima</i>	0	0	0	13	36
<i>Pistacia texana</i>	100	—	—	—	—
P.i. X [P.v. X P.k.] <sup>1</sup>	0	0	0	13	36

<sup>1</sup>Se refiere a *P. integerrima* X [*P. vera* X *P. khinjuk*].

variedades Sfax y Aegina y moderada en Chico y Nazareth; al segundo año Sfax y Aegina ya formaron frutos llenos y al tercer año la presencia de yemas florales es abundante en los injertos de las cuatro variedades. Por su parte, Pt-22 y Pt-24 lo hicieron con Chico al primer año, y al segundo año formaron yemas florales Sfax y Nazareth. Esto es, aparentemente la precocidad del patrón puede ser transmitida al injerto.

En varias especies frutales la precocidad a fructificación comúnmente está asociada a portainjertos que dan porte bajo. Árboles de menor tamaño producen menos, pero como se pueden plantar a menor distancia el rendimiento por hectárea es mayor (Hartmann y Kester, 1980). En pistachero los árboles de tamaño compacto son convenientes porque su manejo cultural y su cosecha son más fáciles (Whitehouse, 1957).

**Compatibilidad.** Una de las características obligadas de un buen portainjerto frutal es que permita la compatibilidad de injertación con las variedades de interés (Simons, 1987). De acuerdo con Hartmann y Kester (1980), los principales síntomas asociados a combinaciones patrón-injerto incompatibles son: a) bajo porcentaje de prendimiento; b) muerte prematura del injerto (a uno o dos años de establecido); c) amarillamiento y caída temprana del follaje; d) crecimiento excesivo de la unión del injerto, o arriba o debajo de ella; e) mala salud del árbol; y f) ruptura lisa del árbol en el punto de unión.

Con respecto al porcentaje de prendimiento de injertos resultó notorio que tres de los genotipos

preseleccionados (Pt-22, Pt-24 y Pivk-25) tuviesen de 90 a 100% de injertos prendidos, como promedio de dos variedades femeninas (Sfax y Aegina) y dos masculinas (Chico y Nazareth) de *P. vera* (Cuadro 7). Dicho prendimiento fue sustancialmente mayor que en los patrones tradicionales *P. atlantica* y *P. integerrima*. Por otro lado, a los tres años de hecha la injertación los injertos de las cuatro variedades aparecen sanos y sin variegaciones anormales en sus hojas, con una supervivencia de 100%. En otra prueba, injertos de Pt-22, Pt-24, Pivk-25 y Pivk-16 sobre *P. atlantica* tuvieron un prendimiento de 100% y a los cuatro años de realizados han vegetado con buen vigor y sanidad, también con una supervivencia de 100%.

Lo anterior indica que de acuerdo a los criterios de prendimiento y supervivencia temprana de los injertos, Pt-22, Pt-24 y Pivk-25 muestran posibilidades como patrones.

Otro criterio importante de compatibilidad es el crecimiento del injerto. La longitud del brote del injerto a los cuatro meses de realizado fue notablemente mayor en Pivk-25, intermedia en Pt-22 y corta en Pt-24, *P. atlantica* y *P. integerrima* (Cuadro 8). A los 15 meses después de la injertación los últimos dos patrones mostraron mayor vigor de sus injertos. Cabe señalar que los injertos se hicieron en ramas secundarias de la parte media de la copa, en árboles sin fertilizar y con riego deficitario. Si la injertación se hiciese en árboles más jóvenes (2 o 3 años de edad), en el tallo principal y con manejo cultural adecuado, el vigor del injerto podría ser mayor que el mostrado en el Cuadro 8.

**Cuadro 7.** Porcentaje de prendimiento de cuatro variedades de Pistacia vera injertadas en árboles de cinco genotipos. Delicias, Chihuahua. 2002

Genotipo patrón	Variedad injertada			
	Sfax	Aegina	Chico	Nazareth
Pistacia atlantica	66	66	66	66
Pistacia integerrima	66	100	66	66
Pt-22	100	66	100	100
Pt-24	100	100	100	100
Pivk-25	100	66	100	100

**Cuadro 8.** Longitud de brote (cm) del injerto de cuatro variedades de Pistacia vera sobre árboles de cinco genotipos. Delicias, Chihuahua. 2003

Genotipo patrón	Sfax		Aegina		Chico		Nazareth	
	C <sup>1</sup>	Q <sup>2</sup>	C	Q	C	Q	C	Q
Pistacia atlantica	3	24	3	28	1	22	1	30
Pistacia integerrima	3	23	3	43	1	13	1	25
Pt-22	5	27	3	14	4	21	5	15
Pt-24	2	29	2	14	2	13	4	10
Pivk-25	51	71	17	70	26	48	20	38

<sup>1</sup>C= a los cuatro meses de la injertación.

<sup>2</sup>Q= a los 15 meses de la injertación.

En general, se aprecia una relación entre el vigor del árbol utilizado como portainjerto (Cuadro 3) y el crecimiento del brote del injerto a los 15 meses de realizado (Cuadro 8). En ambas variables el mayor vigor es para el genotipo Pivk-25 y el menor para los árboles de *P. texana*, particularmente Pt-24. Al respecto, Shreve (1990) considera que *P. texana* como patrón puede formar árboles de porte bajo. Dicha característica es uno de los atributos más buscados en la formación de portainjertos para varias especies frutales (Hartmann y Kester, 1980; Simons, 1987).

Un sobrecrecimiento del escudete en el primero y segundo año de la injertación puede indicar cierto grado de incompatibilidad (Simons, 1987). Sin embargo, Hartmann y Kester (1980) aclaran que cuando éste es el único síntoma en el injerto es poco probable que se trate de un efecto de incompatibilidad. En el Cuadro 9 se observa que el grosor del tejido que une al escudete con el patrón fue muy diferente entre variedades sobre un mismo portainjerto y en la misma variedad sobre distintos patrones.

El mayor grosor de la soldadura del escudete resultó en los portainjertos estándares *P. atlantica* y *P. integerrima* y el menor en los árboles de *P. texana*.

Tampoco se observa una relación entre grosor de la unión del injerto y vigor de su brote, pues el patrón que dio los mayores crecimientos de injerto fue Pivk-25, cuyo grosor de soldadura fue intermedio (Cuadros 8 y 9). Aunque en Pt-22 y Pt-24 el grosor de la unión notablemente menor puede deberse al menor crecimiento de los árboles; no obstante, a los tres años de hechos los injertos el tejido de soldadura ha seguido creciendo y uniéndose normalmente al patrón, a una tasa más lenta que en los otros patrones.

**Concentración foliar de nutrimentos.** Se ha determinado en el pistachero que el portainjerto influye en la concentración foliar de nutrimentos de la variedad injertada (Brown *et al.*, 1994; Brown y Ferguson, 1991). Por ello, es importante seleccionar el patrón que tenga mejor comportamiento en cuanto a la absorción de nutrimentos, particularmente de aquéllos que pudieran ser limitantes en el suelo donde se hiciese la plantación (Tarango, 1993a). El suelo donde se estableció el presente estudio es arcilloso y calcáreo (34% de  $\text{CaCO}_3$ ), los árboles no han sido fertilizados en los últimos seis años y sólo recibieron 2 a 3 riegos al año. En los Cuadros 10 y 11 se presenta el estado nutrimental de los árboles de los distintos genotipos, a los seis años de edad, en las condiciones mencionadas.

**Cuadro 9.** Grosor (mm) del tejido de soldadura de la base del escudete de injertos de cuatro variedades de Pistacia vera sobre árboles de cinco genotipos de pistachero. Delicias, Chihuahua. 2003

Genotipo patrón	Sfax	Aegina	Chico	Nazareth
Pistacia atlantica	5.2	6.7	8.5	6.5
Pistacia integerrima	10.1	6.9	7.1	5.0
Pt-22	4.4	1.3	4.3	2.1
Pt-24	2.6	3.2	2.9	1.9
Pivk-25	6.6	6.0	4.2	4.3

**Cuadro 10.** Concentración foliar (%) de macronutrimentos de árboles de cinco genotipos de pistachero. Delicias, Chihuahua. 2002

Genotipo	N	P	K	Ca	Mg
Pistacia atlantica	1.87	0.07	0.90	1.49	0.32
Pistacia integerrima	2.51	0.09	0.75	3.12	0.35
Pt-22	1.96	0.08	1.10	1.08	0.20
Pt-24	1.78	0.16	1.30	0.95	0.20
Pivk-25	2.51	0.11	0.70	1.04	0.21

Es evidente que los datos anteriores resultarían más o menos modificados al fertilizar y regar adecuadamente a los árboles. *P. integerrima* y su híbrido Pivk-25 fueron los que más N absorbieron; los árboles de *P. texana* se comportaron similares a *P. atlantica*. En concentración de P sobresale el árbol Pt-24, seguido de Pivk-25; Pt-22 aparece con prácticamente el mismo valor que los patrones estándares. Los árboles de *P. texana* mostraron sustancialmente más contenido de K en sus hojas, en cambio fueron los que menos Ca y Mg absorbieron, elementos en los que *P. atlantica* y sobre todo *P. integerrima* son más eficientes.

En suelos calcáreos, arcillosos y pobres en materia orgánica los elementos que comúnmente son limitantes en la nutrición del pistachero son B, Cu y Zn (Brown *et al.*, 1994).

*P. atlantica* ha sido encontrado como eficiente en absorber Zn, mientras que *P. integerrima* y sus híbridos comerciales como ineficientes (Brown y Ferguson, 1991). Pt-24 y Pivk-25 aparentemente son más eficientes que *P. atlantica* en absorber este nutrimento, en cambio Pt-22 se comporta similarmente a *P. integerrima* (Cuadro 11). En concentración de Cu la mayoría de los genotipos resultan similares, aunque Pt-24 exhibe un mayor valor; en este elemento se considera que *P. atlantica* es eficiente. En contenido de B, Fe y Mn los árboles Pt-22 y Pt-24 presentan valores sustancialmente menores, particularmente si se compara con el patrón estándar. No obstante, en cuanto al B se encuentran arriba del límite mínimo del rango normal de la variedad Kerman (Maranto y Crane, 1988), y el hecho de que no absorban tanto de este nutrimento pudiera ser una ventaja en regiones cuyos suelos y aguas tengan exceso de boro. En Fe y Mn sí aparecen como deficientes. Por su parte, el genotipo Pivk-25 parecer ser más eficiente en absorber micronutrientos de manera balanceada, en relación a los valores estándares (Maranto y Crane, 1988).

**Histología e histoquímica.** Como referencia, las características anatómicas y químicas más comúnmente asociadas con la resistencia a patógenos

de la raíz son: grosor de la peridermis, suberización y lignificación de la peridermis y buen contenido de polifenoles (Perry, 1980; Esau, 1984; Beckman, 2000). De manera específica, *P. omnivora* primero coloniza la superficie radical, luego lisa la peridermis para entrar a la médula y en los elementos vasculares (Lyda, 1978). En el nogal el hongo penetra la raíz principalmente por las lenticelas y las rupturas de la peridermis (Brinkerhoff y Streets citados por Lyda, 1978). Peltier observó que las células del parenquima radical son degradadas por *P. omnivora*, pero no las células de corcho. Bloss y Gries encontraron que compuestos fenólicos de la raíz inhiben el crecimiento de este patógeno (citados por Streets y Bloss, 1973).

En el presentetrabajo no se pudo determinar el número de capas de células de corcho de la peridermis debido a que éstas se comprimieron durante el proceso de microtomía. El grosor de dicho tejido (colapsado) fue igual en *P. atlantica*, *P. integerrima* y Pivk-25, y ligeramente menor en Pt-22 y Pt-24. Al respecto, Tarango (1993b) observó que la peridermis de distintos genotipos de pistachero mostraba diferencias a permanecer intacta durante el proceso de microtomía, característica que sugiere diferencias en la resistencia mecánica de dicho tejido. Las observaciones del presente estudio concuerdan con las de este autor, de que la peridermis de *P. texana* y *P. integerrima* exhibe una resistencia a dicho proceso de intermedia (Pt-22 y *P. integerrima*) a alta (Pt-24 y Pivk-25), en comparación con el notorio disturbio que se aprecia en *P. atlantica* (fotos no presentadas).

La corteza radical de los distintos genotipos apareció constituida por un número similar de capas de células de parénquima, las cuales no contenían sustancias ergásticas, como almidón, cristales o polifenoles. El periciclo de Pt-24 fue el más grueso, con tres capas de células, en cuyo interior se detectó la presencia de polifenoles.

Histoquímicamente la presencia de suberina en la peridermis fue poca, pero no se detectaron polifenoles ni lignina. Esto resulta un tanto raro en *Pistacia*, dado que el complejo suberina-lignina es común en este tejido

**Cuadro 11.** Concentración foliar (ppm) de micronutrientos de árboles de cinco genotipos de pistachero. Delicias, Chihuahua. 2002

Genotipo	Zn	Cu	B	Fe	Mn
<i>Pistacia atlantica</i>	11.5	2.5	131	76	19
<i>Pistacia integerrima</i>	10	3.5	165	71	33
Pt-22	10.5	3.0	76	40	25
Pt-24	15	5.5	62	44	26
Pivk-25	13	3.5	180	60	48

de otras especies arbóreas (Biggs citado por Lulai y Morgan, 1992).

En el floema se encuentran los canales resiníferos típicos del género *Pistacia*, y además es notoria la presencia de fibras, aisladas, en grupos o en capas. En Pivk-25 se observaron tres capas continuas de fibras, mientras que los demás genotipos poseen muy pocas. En el interior de algunas fibras, y particularmente en las células taníferas, se encontraron polifenoles. En otras células del floema se detectaron cristales cuadrangulares, los cuales fueron abundantes en Pt-24. El almidón sólo se encontró en *P. integerrima* y Pt-22. Dichas características son importantes dado que las fibras (por el grosor y lignificación de sus paredes) pueden ser una barrera al avance de patógenos; los polifenoles son antimicrobianos; el almidón interviene en la síntesis de polifenoles; y los cristales también pueden participar metabólicamente en procesos de defensa (Beckman, 2000).

**Características botánicas.** Se presenta una descripción botánica breve de la apariencia de los genotipos preseleccionados, y de *P. atlantica* y *P. integerrima* como referencia, usando en parte los descriptores para *P. vera* (IPGRI, 1997) y las claves pictóricas de Cendrero (1976).

*P. atlantica.* Árbol erecto, de copa compacta. Hojas imparipinnadas, de 9.5 a 13.7 cm de largo; con 7 a 11 folíolos lanceolados u oblongo lanceolados, de consistencia herbácea, de 1.2 a 2.8 cm de ancho y 3.2 a 5.2 cm de largo. Follaje de color verde azulado. Corteza del tallo de color café grisáceo, con ritidoma estriado gris oscuro.

*P. integerrima.* Árbol erecto, de copa compacta. Hojas paripinnadas, de 18.6 a 25.5 cm de largo; con 12 a 14 folíolos lanceolados, de consistencia herbácea, de 2 a 2.7 cm de ancho y 5.6 a 8.5 cm de largo. Follaje de color verde claro. Cuando el estigma está receptivo sus papilas se dividen completamente y se colorean de rosa intenso. El número de frutos por racimo varía de 60 a 267; la drupa es de forma globular aplanada, con un diámetro ecuatorial de 5.5 a 6.4 mm, con pericarpio de color azul verde intenso en la madurez. La corteza del tallo es de color castaño claro, con ritidoma muy levantado castaño ocre.

*Pivk-25.* Árbol femenino, de porte semierecto y copa abierta. Hojas predominantemente paripinnadas, de 17 a 25.7 cm de largo; con 12 a 14 folíolos lanceolados, de consistencia coriácea, de 2 a 2.5 cm de ancho y 5 a 8 cm de largo. Follaje de color verde

intenso. Cuando está receptivo el estigma separa completamente sus tres papilas y se torna de color rosa intenso. El número de frutos por racimo varía de 22 a 103; la drupa es de forma globular aplanada, con un diámetro ecuatorial de 6.6 a 7.7 mm, con pericarpio azul verdoso en la madurez. Es un árbol vigoroso, precoz a floración, de fenología más temprana que sus progenitores. La corteza de su tallo es de color castaño, con ritidoma estriado castaño grisáceo. Una observación interesante es que este árbol ha producido frutos en los tres años de registro, mientras que los de *P. integerrima* de su edad ya alternaron. Fenotípicamente se asemeja más a su progenitor femenino.

*Pivk-16.* Árbol femenino, de porte semierecto y copa abierta. Hojas predominantemente imparipinnadas, de 19.1 a 28.5 cm de largo; con 7 a 11 folíolos lanceolados, de consistencia semicoriácea, de 3 a 4.2 cm de ancho y 7.3 a 9.5 cm de largo. Follaje de color verde claro y brillante. Cuando está receptivo el estigma separa completamente sus tres papilas y se torna de color verde claro con los márgenes rosados. El número de frutos por racimo varía de 31 a 139; la drupa es de forma globular aplanada, con un diámetro ecuatorial de 9 a 11 mm, con pericarpio amarillo pajizo en la madurez. Es un árbol muy vigoroso, tardío a floración, de fenología similar a la de sus progenitores. La corteza de su tallo es de color gris castaño, con abundantes lenticelas café ocre, con ritidoma incipiente y grisáceo. Fenotípicamente se asemeja más a su progenitor masculino (la variedad Chico), y las características del estigma y del fruto recuerdan a *P. vera* (progenitor femenino de la variedad Chico).

*Pt-22.* Árbol masculino, multiramificado desde la base del tallo, de vigor intermedio. Hojas predominantemente imparipinnadas, de 6.6 a 8.7 cm de largo; con 13 a 15 folíolos espatulados y mucronados, de consistencia semicoriácea, de 6 a 9.2 mm de ancho y 1.2 a 2.1 cm de largo. Follaje de color verde seco, con el ápice del brote rojizo marrón cuando está creciendo. Corteza del tallo lisa, de color castaño grisáceo. Muy precoz a floración, prolífico productor de polen, de panículas pequeñas pero muy abundantes.

*Pt-24.* Árbol femenino, multiramificado desde la base del tallo, de vigor intermedio. Hojas predominantemente imparipinnadas, de 7.2 a 9.4 cm de largo; con 11 a 13 folíolos espatulados y mucronados, de consistencia semicoriácea, de 8 a 10.2 mm de ancho y 1.6 a 2.3 cm de largo. Follaje de color verde claro y brillante, con el ápice del brote rojizo amarillento cuando está creciendo. Cuando el estigma está receptivo las papilas se separan ligeramente y son de color verde claro, teñidas en los bordes de un rosa claro. Produce abundantes racimos pequeños, que tienen de 14 a 34 frutos, la forma de la

drupa es lenticelar, con un diámetro ecuatorial de 3.8 a 4.7 mm, con pericarpio de color púrpura oscuro cuando madura. Muy precoz a floración. La corteza del tallo es de color café grisáceo, con ritidoma incipiente.

**Cruzamientos posibles.** Después de ocho años de evaluación se seleccionaron como progenitores para la formación de portainjertos a los árboles Pt-22 y Pt-24 de *P. texana* y a los híbridos espontáneos de *P. integerrima* X [*P. vera* X *P. khinjuk*] Pivk-25 y Pivk-16. Las posibles cruza entre estos individuos tendrían como objetivo obtener progenies que sirvan como patrones para la región semiárida del este, centro y sur del estado de Chihuahua, por: resistencia a frío, adaptación a suelos calcáreos, vigor intermedio, compatibilidad con las variedades de bajo requerimiento de horas frío y tolerancia o resistencia a *P. omnivora*. Podrían formarse portainjertos con potenciales características como:

#### Pt-24 X Pt-22

*P. texana* X *P. texana*; podrían obtenerse árboles perennifolios o semidecuidos, de mediano vigor, de progenie uniforme, resistentes a frío, de brotación temprana, precoces a floración, adecuados para suelos calcáreos y resistentes a *P. omnivora*.

#### Pivk-25 X Pt-22

[*P. integerrima* X (*P. vera* X *P. khinjuk*)] X *P. texana*; podrían obtenerse árboles deciduos o semidecuidos, de vigor intermedio, de progenie variable, resistentes a frío, de brotación temprana, precoces a floración, adecuados para suelos calcáreos y resistentes a *P. omnivora* y *V. dahliae*.

#### Pivk-16 X Pt-22

[*P. integerrima* X (*P. vera* X *P. khinjuk*)] X *P. texana*; podrían obtenerse árboles deciduos o semidecuidos, de intermedio a alto vigor, de progenie variable, resistentes a frío, de brotación intermedia, de mediana precocidad a floración, adecuados para suelos calcáreos y resistentes a *P. omnivora* y *V. dahliae*.

### CONCLUSIONES

Se seleccionaron dos genotipos de *Pistacia texana*, Pt-22 y Pt-24, por: resistencia a frío, vigor intermedio, de bajo requerimiento de horas frío, precoces, compatibles con variedades de *P. vera*, adecuados para suelos calcáreos y resistentes en campo a *Phymatotrichopsis omnivora*.

Se seleccionaron los híbridos Pivk-25 y Pivk-16 de *P. integerrima* X [*P. vera* X *P. khinjuk*], por: resistencia a frío, vigor alto, de bajo y mediano

requerimiento de horas frío, de precocidad alta y mediana, compatibles con variedades de *P. vera*, adecuados para suelos calcáreos y de baja susceptibilidad en campo a *P. omnivora*.

No se encontraron diferencias histológicas o histoquímicas sutanciales entre las raíces de los pistacheros evaluados, por lo que no pudo plantearse un posible mecanismo de tolerancia o resistencia de los genotipos seleccionados a *P. omnivora*.

Se estableció un banco de germoplasma con los genotipos Pt-22, Pt-24, Pivk-25 y Pivk-16, para conservar el material genético y realizar los cruzamientos posibles.

El estudio debe continuar, produciendo semilla de los cruzamientos posibles, evaluando su resistencia a *P. omnivora* 'in vivo' y su desempeño en campo injertados con variedades de *P. vera*.

### AGRADECIMIENTOS

Al Sivilla-Conacyt y a la Fundación Produce Chihuahua por haber financiado parte de esta investigación. A Gildardo Ronquillo A. por el apoyo en la propagación de las plantas y establecimiento y conducción del experimento. A Carlos Pérez F., Manuel Martínez F. y Guerrero Campos G. por su ayuda en el trabajo de campo y toma de datos. A Enrique Tovanche R. por el trabajo de injertación. A la Dra. Elizabeth Cárdenas S., del IFIT-CP, por su apoyo en el trabajo de histología y revisión del manuscrito. Al Dr. Álvaro Anchondo N., de la FCAF-UACH, por la revisión y sugerencias al manuscrito y la traducción del resumen al inglés.

### LITERATURA CITADA

- Agrios, G.N. 1985. Fitopatología (tr. Manuel Guzmán). Limusa. México. 530 p.
- Beckman, C.H. 2000. Phenolic-storing cells: keys to programmed cell death and periderm formation in wilt disease resistance and in general defense responses in plants? *Physiol. and Molec. Plant Pathol.* 57:101-110.
- Brown, P. and Ferguson, L. 1991. Nutritional aspects of pistachio rootstocks. *Ann. Rept. Crop Year 1990-91. California Pistachio Industry.* P.113-115.
- Brown, P.H.; Zhang, Q. and Ferguson, L. 1994. Influence of rootstock on nutrient acquisition in pistachio. *J. Plant Nutrition* 17(7):1137-1148.
- Cendrero C., O. 1976. Botánica. 11a. ed. Porrúa Hnos. México. 326 p.

- Correll, D.S. and Johnston, M.C. 1970. Manual of the vascular plants of Texas. Texas Research Foundation. P.987.
- Crane, J.C. and Forde, H.I. 1976. Effects of four rootstocks on yield and quality of pistachio nuts. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101(5):604-606.
- Dayton, D.F.; Bell, R.L. and Williams, E.B. 1988. Resistencia a enfermedades. En: Métodos genotécnicos en frutales (tr. Raúl Mosqueda). 1ª. Ed. A.G.T. Editor. México. P.253-287.
- Elias, T. 1980. The complete trees of northamerica. Field guide and natural history. Van Nostrand Reinhold Co. P.810.
- Esau, K. 1985. Anatomía vegetal (tr. José Pons). 3ª. Ed. Omega. España. 779 p.
- Ferguson, L.; Beede, B.; Buchner, R.; Freeman, M.; Maranto, J.; Teranishi, R. and Epstein, L. 1991. California pistachio rootstock trials: First year report. Ann. Rept. Crop Year 1990-91. California Pistachio Industry. P.74-77.
- Ferguson, L. and Brown, P. 1990. Rootstock physiology. Pistachio rootstock trials. In: Pistachio production. A pomology shortcourse. University of California.
- Figueroa V., U. 2001. Evaluación de las variedades de pistachero *Pistacia vera* L. Kerman y Peters en el Valle de Juárez, Chihuahua, cultivadas en condiciones de salinidad. En: S.H. Tarango (comp.). La investigación en pistachero en Chihuahua. INIFAP-SIVILLA-UACH. P.11-15.
- Gardner, R.O. 1975. Vainillin-hydrochloric acid as a histochemical test for tannin. Stain Technology 50(5):315-317.
- Hartmann, H.T. y Kester, D.E. 1980. Propagación de plantas. Principios y prácticas (tr. Antonio Marino). 2a. ed. México. CECSA. 814 p.
- Henrickson, J. and Johnston, M.C. 1997. A flora of the chihuahuan desert region. Vol. 1. Published by J. Henrickson. P.860-861.
- IPGRI. 1997. Descriptors for pistachio (*Pistacia vera* L.). International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 53 p.
- Jensen, W.A. 1962. Botanical histochemistry. W.H. Freeman and Co.
- Johansen, D.A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Co. New York. 523 p.
- Krishnamurthy, K.V. 1999. Methods in cell wall cytochemistry. CRC Press. 318 p.
- Lulai, E.C. and Morgan, W.C. 1992. Histochemical probing of potato periderm with neutral red: a sensitive cytofluochrome for the hydrophobic domain of suberin. Biotechnic and Histochemistry 67(4):185-195.
- Lyda, S.D. 1978. Ecology of *Phymatotrichum omnivorum*. Ann. Rev. Phytopathol. 16:193-209.
- Maranto, J. and J.C. Crane. 1988. Pistachio production. Leaflet 2279. University of California. 15 p.
- Ornelas T., M. y Anzaldúa M., A. 2001. Evaluación de la calidad de pistachos producidos en el Valle de Juárez, Chihuahua. En: S.H. Tarango (comp.). La investigación en pistachero en Chihuahua. INIFAP-SIVILLA-UACH. P.59-64.
- Perry, R.L. 1980. Anatomy and morphology of *Vitis* roots in relation to pathogenesis caused by *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggar. Ph. D. thesis. Texas A&M University. 205 p.
- Rom, R.C. 1987. Roots. In: R.C. Rom and R.F. Carlson (eds.). Rootstocks for fruit crops. John Wiley and Sons. P.5-28.
- Shreve, L. 1990. Native Texas pistachio offers promise as rootstock. Nut Grower (july-august). P.14.
- Simons, R.K. 1987. Compatibility and stock-scion interactions as related to dwarfing. In: R.C. Rom and R.F. Carlson (eds.). Rootstocks for fruit crops. John Wiley and Sons. P.79-106.
- Streets, R.B. and Bloss, H.E. 1973. *Phymatotrichum* root rot. Monograph No. 8. Amer. Phytopathol. Soc. 38 p.
- Tarango R., S.H. 1993a. El cultivo del pistachero. Colección Agropecuaria. UACH-DGDR. México. 183 p.
- Tarango R., S.H. 1993b. Susceptibilidad de diez genotipos de *Pistacia* spp a *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggar. Tesis de maestría. Fac. de Fruticultura-Universidad Autónoma de Chihuahua. México. 91 p.
- Tarango R., S.H.; Chávez S., N. y Ortiz C., M.J. 2001. Análisis comparativo de la calidad de pistachos producidos en Delicias y en el valle de Juárez, Chihuahua, e Irán. In: S.H. Tarango (comp.). La investigación en pistachero en Chihuahua. INIFAP-SIVILLA-UACH. P.65-71.
- Tarango R., S.H. y Martínez M., J.R. 2001. Efecto de la cianamida hidrogenada en la brotación y floración de seis variedades de pistachero *Pistacia vera* L. En: S.H. Tarango (comp.). La investigación en pistachero en Chihuahua. INIFAP-SIVILLA-UACH. P.41-50.
- Tarango R., S.H. y Ronquillo A., G. 2001a. Comportamiento vegetativo de ocho genotipos de pistachero *Pistacia* spp. y su reacción al frío y al hongo *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggar. En: S.H. Tarango (comp.). La investigación en pistachero en Chihuahua. INIFAP-SIVILLA-UACH. P.31-40.
- Tarango R., S.H. y Ronquillo A., G. 2001b. Fenología de siete variedades de pistachero *Pistacia vera* L. en la región de Delicias, Chihuahua. En: S.H. Tarango (comp.). La investigación en pistachero en Chihuahua. INIFAP-SIVILLA-UACH. P.17-30.
- Vines, R.A. 1986. Trees, shrubs, and vines of the southwest. University of Texas Press, Austin. P.628-629.
- Walker, J.C. 1973. Patología vegetal (tr. Antonio Aguirre). 2ª. Ed. Omega. España. 818 p.
- Whilhelm, S. 1981. Sources and genetics of host resistance in field and fruit crops. In: Fungal wilt diseases of plants. Academic Press. P.300-360.
- Whitehouse, W.E. 1957. The pistachio nut- a new crop for the western United States. Economy Botany 11(4):281-321.
- Young, E. and Werner, D.J. 1984. Effects of rootstock and scion chilling during rest on resumption of growth in apple and peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(4):548-551.