



El Pistachero

**Antecedentes generales
y avances en el manejo agronómico
del cultivo del pistachero
en Chile**



FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA



El Pistachero

**Antecedentes generales
y avances en el manejo agronómico
del cultivo del pistachero
en Chile**



FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

2011

El Pistachero. Antecedentes generales y avances en el manejo
agronómico del cultivo del pistachero en Chile

© **Fundación para la Innovación Agraria**

Registro de Propiedad Intelectual N° 201.447

ISBN N° 978-956-328-088-3

La presente publicación se basa principalmente en los antecedentes y resultados obtenidos en dos iniciativas apoyadas por la Fundación para la Innovación Agraria:

- Estudio titulado: "Identificación de factores críticos técnico-productivos del pistachero, sus posibles soluciones, situación del mercado y estudio económico del rubro". Ejecutado por Consultorías Profesionales Agraria Ltda., desarrollado entre los años 2006 y 2007.
- Proyecto titulado: "Evaluación y difusión del pistacho en condiciones de secano o riego sub-óptimo, como alternativa económica y ambientalmente sustentable en el secano interior". Ejecutado por la Ilustre Municipalidad de San Javier, asociada a Consultorías Profesionales Agraria Ltda., desarrollado entre los años 2002 y 2009.

Nuestros especiales agradecimientos al Hermano Martin Chales
por todos sus aportes al conocimiento del comportamiento del pistachero en Chile.

AUTOR

- **Ernesto Saavedra Opazo**
Ingeniero Agrónomo Universidad de Chile,
Doctor Der. Agrar. U. J. Liebig, Alemania

COLABORADORES

- Daniel Rey Pozo
Economista Agrario, Consultorías Profesionales Agraria Ltda.
- Carlos Quezada Guerrero
Ingeniero Agrónomo, Consultorías Profesionales Agraria Ltda.

REVISIÓN DEL DOCUMENTO

- Jorge Saavedra Joannon, Ingeniero Agrónomo
- Juan Francisco Zabaleta Caicheo, Periodista
- Paulina Erdmann Fuentes, Ingeniero Agrónomo,
Fundación para la Innovación Agraria (FIA)

DISEÑO GRÁFICO

Guillermo Feuerhake

IMPRESIÓN

Ograma Ltda.

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida,
siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Contenidos

Prólogo	5
Homenaje póstumo a Ernesto Savedra Opazo	7
I Introducción	9
II Características botánicas y agronómicas	11
Clasificación botánica	11
Antecedentes generales del árbol	11
III Requerimientos ecológicos	39
Clima	39
Suelo	47
IV Multiplicación	49
Obtención y preparación del portainjerto	49
Injertación	52
V Plantación	61
Planificación, diseño, sistema de regadío y plantación	61
VI Manejo del huerto	67
Poda de formación	67
Poda de producción	70
Fertilización	75
Riego	80
Sanidad	85
VII Cosecha	101
VIII Bibliografía	103

Prólogo

La Fundación para la Innovación Agraria (FIA) ha apoyado diferentes iniciativas relacionadas con el pistachero, orientadas a entregar antecedentes que permitan mejorar el cultivo de esta especie desconocida en su manejo agronómico en nuestro país. El cultivo del pistachero es una actividad compleja por su inversión en el establecimiento de la especie y por el tiempo que demora en entrar en producción. Sin embargo, promisorio por los precios a los que se transa su producto a nivel internacional.

La presente publicación busca aportar nuevos antecedentes respecto al comportamiento agronómico del pistachero en Chile. Para ello se entrega información de la especie necesaria para comprender los análisis que se realizan en torno a ella, ya que presenta una fisiología compleja, cuyo comportamiento no ha sido estudiado a fondo en nuestro país y esta publicación pretende entregar avances en este sentido, ya que no es posible aún con la información generada hasta el momento en Chile, entregar respuestas concretas en varios aspectos.

De esta forma se espera ofrecer a los agricultores y técnicos una base para continuar el desarrollo de esta especie en nuestro país, en áreas en las que pueda tener ventajas comparativas sobre otros cultivos tradicionales, y además aportar antecedentes del manejo técnico sobre las posibilidades del producto para el consumo interno y para la exportación.

Esta publicación se basa principalmente en los antecedentes y resultados obtenidos en dos iniciativas apoyadas por FIA:

- Estudio titulado: *"Identificación de factores críticos técnico – productivos del pistachero, sus posibles soluciones, situación del mercado y estudio económico del rubro"*. Ejecutado por Consultorías Profesionales Agraria Ltda., entre los años 2006 y 2007.
- Proyecto titulado: *"Evaluación y difusión del pistacho en condiciones de secano o riego sub-óptimo, como alternativa económica y ambientalmente sustentable en el secano interior"*. Ejecutado por la Ilustre Municipalidad de San Javier asociada a Consultorías Profesionales Agraria Ltda. , entre los años 2002 y 2009.

Además se suman todos los aportes y conocimientos del autor, señor Ernesto Saavedra, ingeniero agrónomo de vasta trayectoria que dedicó su vida profesional al desarrollo de la fruticultura de nuestro país, a través de la formación de profesionales del área y la investigación en diferentes especies frutales. Como el doctor Saavedra ya no nos acompaña, hemos solicitado a su familia incluir un homenaje póstumo que se entrega a continuación.

Homenaje póstumo a Ernesto Saavedra Opazo (†)



Este es un homenaje póstumo a la escritura de un libro más, que con tanto cariño y dedicación preparó. Queremos dejar constancia, con simples palabras, de cuán orgullosos estamos y estaremos de él. El legado que nos dejó será difícil, por no decir imposible, de igualar. Siempre fue tan estudioso y responsable en su trabajo, lo hizo con tanto amor, dedicación y profesionalismo. Su pasión por la ciencia era inagotable y contagiosa, la aplicó muy bien en su querida fruticultura en cada campo que recorrió; lo hacía además, compartiendo sus conocimientos al enseñar, era algo tan profundamente radicado en él, un designio del Señor. Cuando quería realizar investigación, nada lo detenía, no existía el temor ni el titubeo en ningún sentido. Siempre quería a la naturaleza, exigiéndole a esta última, la máxima productividad. Fortalecido por los estudios de perfeccionamiento, tuvo un gran carisma con su alumnado a lo largo de la vida, a quienes guió e hizo fructificar con juicio certero. Además de ser catedrático, pequeño empresario, tuvo sed por la investigación con su laboratorio de plantas “in vitro”, fue pequeño exportador, haciéndolo todo con pocos medios y con un gran corazón. No había horarios que limitaran su tiempo dedicado al estudio y al trabajo agrícola, ya sea en el aula como en terreno, tanto a nivel nacional como internacional. Su hobby por la fotografía le facilitaba la transmisión de sus experiencias.

Hay que recordar que en los últimos años la salud lo tenía bastante complicado, sin embargo nunca se dejó derribar, continuando con su trabajo docente en primer lugar, su investigación y sus asesorías.

A nivel familiar, pudimos disfrutar desde muy pequeños a nuestros hijos. Fue maravillosamente incansable, tenía un poder emprendedor admirable. Ahora que somos una familia más numerosa, somos más los que le damos “Gracias” por haber estado siempre presente cuando lo necesitábamos, por sus sabios consejos, por sus ideas claras y ordenadas. Debemos felicitarlo por su tremendo aporte hasta sus 68 años de vida muy productiva. Que Dios lo tenga a su lado, inspirando a todos con su espíritu de cooperación, así como cumplió con su misión desarrollando ideas positivas, dando trabajo y realizando todo con perfeccionismo y dedicación absoluta en el trabajo, sin rendirse nunca ante el cansancio.

Lo sentimos siempre presente por dejarnos un sentir profundo de fortaleza ante su salud, nunca bajando sus brazos. Lo hubiéramos querido tener eternamente, pero ya cumplió con lo que había sembrado para quienes tenía a su lado. Para muchos ha sido difícil de entender este sentido de la vida, pero es la recompensa que podemos tener si realizamos con cariño una profunda reflexión. Esperamos que nos inspire con tanta creatividad siendo seguidores de sus buenas ideas, del respeto que siempre tuvo hacia los seres humanos y de su capacidad multifacética. Tenemos que entender quienes lo rodeamos, que dio todo lo mejor que pudo de sí mismo. Fue un ejemplo como marido, papá, abuelo, profesor, asesor y amigo. Descansa en paz.

Luz María Joannon de Saavedra, hijos y nietos

I. Introducción

El pistachero es nativo del Asia occidental y Asia menor. Existe también en forma silvestre en Pakistán e India y habría sido introducida a la Europa mediterránea por el emperador romano Vitelio (15-69 a.d.C.). La especie hoy día se cultiva en zonas de climas cálidos tales como:

- Líbano
- Palestina
- Siria (regiones de Alepo, Damasco, Hama y Mouslimié y Zébédan)
- Irán (principalmente alrededor de Rafsanján, en Kerman, Mashhad, Esfahan, Shiraz y Teherán)
- Israel
- India (N.W.)
- Turquía (en Gaziantep, Urfa y Adiyaman)
- Turkmenistán (en la zona de Badkhyz)
- Afganistán (en Kabul)
- Grecia (en Chalkidiki y Rodas)
- Pakistán (en Palakistán)
- Irak (en Mosul)
- Túnez (en Sfax, Matear, El Guettar, Kasserine y Gammouda)
- Italia (en Sicilia en las provincias de Catania, Adrano, Bronte, Caltanissetta, Agrigento, Bivona, Licata, Mazzarino, Palermo, Puglia y Racalmuto)
- España (en Cataluña, Aragón, Extremadura, Murcia, Navarra, Castilla-La Mancha y Andalucía)
- Francia
- Australia
- Chipre (en Famagusta y Nicosia)
- Rusia (Turkistán)
- Y hace unos 118 años en California (Bakersfield, Fresno, Sacramento) *

Esta especie fue introducida a Chile por el Ministerio de Agricultura en el año 1940. De acuerdo al VII Censo Nacional Silvo-Agropecuario y Forestal (realizado en conjunto por el Ministerio de Agricultura y el Instituto Nacional de Estadísticas, 2007), en Chile se encuentran 59,35 ha plantadas con pistacheros, de las cuales 18,45 ha están en producción, 17,2 ha plantadas en 2007 y el resto aún no entra en producción.

De la superficie total plantada, 3,25 ha se ubican en Limarí (2,25 ha en producción), 2 ha en Valparaíso (0,2 en producción), 1,5 ha en Petorca, 3,2 ha en San Antonio (0,2 en producción), 0,1 ha en Cordillera (0,1 en producción), 13 ha en Chacabuco (3 en producción), 4 ha en Maipo (1,5 en producción), 9,8 ha en Melipilla (4,4 en producción), 8,2 ha en Cachapoal (1 en producción), 4 ha en Cardenal Caro, 7 ha en Talca (6 en producción), 0,3 ha en Linares, 3 ha en Ñuble.

II. Características botánicas y agronómicas

Clasificación botánica

Pertenece a la familia *Anacardiaceae* y al género *Pistacia*. El número de cromosomas es 30 según el *Atlas of Flowering Plant* (Ed. 1955 de Darlington y Wylie). La familia *Anacardiaceae* engloba a varios géneros dentro de los cuales están *Mangifera* spp. (Mango), *Schinus* spp. (Molle o el Falso Pimiento) y el *Lithraea* spp. (Litre) (Hoffmann, 1998; Couceiro et. al., 2000).

Se ha denominado como pistacho a la fruta de varias especies de este género, sin embargo, el nombre se aplica a sólo una de las 11 especies del género *Pistacia* y es al proveniente de *Pistacia vera* L., la única cuyo fruto se comercializa como tal para el consumo directo. Otras especies como *P. atlántica* Desf., *P. mutica* Fisch y Mey, y *P. terebinthus* L. producen frutos comestibles, pero estos son pequeños, indehiscentes y son utilizados más bien como fuente de aceite vegetal. (Firuzeh y Ludders, 1978; Ferguson et. al., 2005a).

Antecedentes generales del árbol

Vegetativos

El pistachero (*P. vera* L.), denominado también en España como alfónsigo o alfóncigo, es un árbol de hoja caduca, que tiene un olor resinoso característico de la familia. A este respecto la palabra latina *Pistacia* proviene según Dioskurides de "pissa" = resina y "aklomain" = sanar, significando así una planta con resina curativa. Por otro lado, según Davatchi la palabra provendría del vocablo persa "Peste" (Firuzeh y Ludders, 1978).

El árbol, que puede alcanzar cinco a siete metros de altura, suele estar formado por dos o tres troncos de poco grosor al estado silvestre. El crecimiento en grosor es muy lento, como lo demuestran árboles de 300 años de edad que tenían sólo 60 cm de diámetro en el tronco a 60 cm del suelo.

Su crecimiento se ha descrito como de hábito erecto, caracterizado por una dominancia apical (inhibición de la yema terminal sobre las yemas del brote de la temporada) muy fuerte, de tal manera que los brotes nuevos vigorosos muestran yemas vegetativas laterales que no crecen en la temporada. A medida que el árbol comienza a entrar en producción, se manifiesta, además, un fuerte control apical (inhibición de la yema terminal sobre las yemas laterales ubicadas en

brotes de uno o más años), que se va intensificando con la edad y una falta de yemas vegetativas laterales en los ejemplares más viejos.

Estas características tendrían fuertes implicaciones para la formación de los árboles jóvenes, la poda de los adultos y para el rejuvenecimiento de la madera frutal en los más viejos (Ferguson et. al., 2005a). Así, sólo se desarrollan brotes vigorosos a partir de yemas cercanas a la yema terminal. Yemas vegetativas más lejanas al brote de un año son capaces de producir brotes largos y vigorosos, pero desarrollan brotes cortos debido al control hormonal exhibido por la yema apical. De esta manera, las ramas pueden desarrollarse por años sin ramificación lateral y relegando la fruta en la periferia de la copa. Aun cuando hay estudios de poda que indican que el control apical podría contrarrestarse en árboles viejos, rebajando las ramas de toda la copa a madera de tres a cuatro años de edad y produciendo brotes en madera de 14-17 años, otro estudio, empleando una poda severa y mayor iluminación, no logra rejuvenecer la madera vieja (Beede y Ferguson, 2005).

Estudios recientes han permitido comprender mejor las diferencias entre los brotes largos y los cortos. Ambos se originan de yemas vegetativas, pero que han diferenciado un número determinado de nudos durante el invierno (7-9). Los brotes vegetativos producidos por yemas laterales distantes del brote terminal usualmente crecen sólo hasta que se desarrolla el número predeterminado de nudos que tenía la yema. Entonces su meristema apical madura, forma la yema terminal y no continúa diferenciando nuevos nudos por el resto de la temporada.

Estos brotes predeterminados cortos, normalmente son muy fructíferos en la temporada siguiente. Los brotes largos, que se desarrollan en la vecindad de la yema terminal de los brotes anuales, también son predeterminados, pero debido a su posición, la dominancia apical promueve su tasa de crecimiento. De esta forma, experimentan un segundo y a veces un tercer flujo de crecimiento en la temporada. El segundo y tercer flujo se originan desde el meristema terminal y el largo final dependerá del vigor del árbol y de las condiciones de crecimiento. Los brotes con estas características se denominan brotes neoformados.

El tronco es nudoso, torcido e irregular, de corteza rugosa y de color gris; forma una ramificación muy abundante, dando lugar a una copa densa tanto en madera como en follaje. La forma de la copa es redondeada, normalmente de 4 a 5 m de diámetro pudiendo llegar a 10-12 m (Foto 1). La madera es muy dura y resistente, de un color amarillo ocre de joven y rojo oscuro más tarde. Las ramas jóvenes son lisas, de color rojizo.

Las hojas son caducas, imparipinadas compuestas de 1 a 5 folíolos, generalmente trifoliadas, coriáceas, verde oscuras por el haz y verde pálido por el



Foto 1. Poda y ramificación de un pistachero en un huerto comercial, California 1980

envés más tarde. Cada hoja sustenta sólo una yema axilar (Foto 2).

En la zona central de Chile, el crecimiento comienza entre fines de septiembre y comienzos de octubre, simultáneamente o dos días después de la floración en algunas variedades, y termina entre fines de octubre y mediados de noviembre. A veces se produce un segundo ciclo de crecimiento a fines de diciembre o después. Los flujos tardíos están sujetos a mayores riesgos de daños por heladas de otoño y ataques de *Botrytis* (Foto 3). Aún cuando el crecimiento durante el período juvenil se considera rápido, a los diez años disminuye bruscamente y a partir de los treinta años aproximadamente, éste continúa a razón de unos cuatro centímetros por año.



Foto 2. Hoja de pistachero con cinco folíolos y una yema axilar



Foto 3. Segundo flujo de crecimiento tardío en plantas nuevas, 2ª hoja 25-Abr-2008

Quando el árbol entra en su fase productiva, el crecimiento de los brotes proveniente de las yemas inmediatamente vecinas al ápice de los brotes que permanecen al estado vegetativo y que pueden dar origen a ramas laterales al año siguiente, o bien permanecer al estado latente, contrariamente a lo esperado es mayor en los años con alta producción de fruta que en aquellos improductivos siendo la causa del añerismo de esta especie (Figura 1).

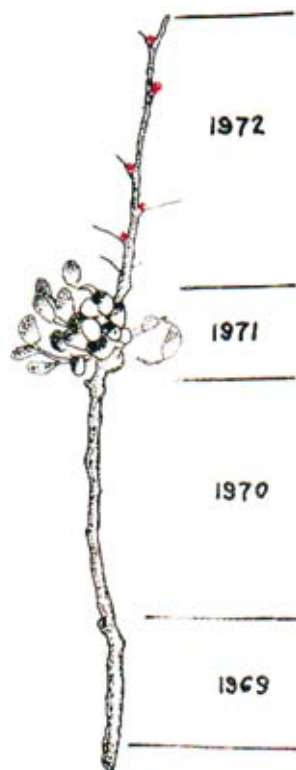


Figura 1. Rama de pistachero. La producción de frutos se ha hecho en 1970 y 1972 sobre el crecimiento realizado en 1969 y 1971 respectivamente. Las yemas con inflorescencias en las axilas de las hojas en la madera de 1972 se caerán durante enero y febrero como lo hicieron aquellas de la madera de 1970, siendo la causa del añerismo de esta especie (basado en fotografía de Crane y Al-Shalan, 1977)

El sistema radicular es muy desarrollado y profundo, con una raíz pivotante muy fuerte que alcanza en el primer año 40-50 o más cm. Otras raíces también adquieren un desarrollo considerable en longitud. Estas particularidades del sistema radicular, vigor y forma de crecimiento explican la capacidad de adaptación del pistachero a medios desfavorables como suelos secos y pobres, climas áridos, entre otras características extremas.

La vida de este árbol es extremadamente longeva. En Turquestán, Siria y Persia se encuentran frecuentemente árboles con trescientos años (Reinoso, 1972; Woodroof, 1979).

Reproductivos

El pistachero se caracteriza por su baja precocidad. Puede producir algunos frutos antes de los cinco años de edad, pero alcanza la plena producción entre los 10 y 12 años. Normalmente es diclino-dioico, esto es, las flores femeninas y masculinas están en plantas diferentes. No obstante, se han observado híbridos de *P. vera* x *P. atlántica* y una mutación aparentemente somática, que muestran ser diclino monoico, o sea, con flores masculinas y femeninas en un mismo árbol (Crane, 1974); e incluso otra que al menos es morfológicamente hermafrodita, lo cual ha sugerido la posibilidad de mejoramiento genético del pistachero en el sentido de poder lograr árboles con órganos masculinos y femeninos funcionales (Takede et al, 1979).

Floración

Las flores son muy pequeñas y se encuentran reunidas en número de 100 a 300 en forma de inflorescencias (panículos), insertas en las axilas de las hojas de los brotes de la temporada anterior. La yema floral es de considerable mayor tamaño que la vegetativa (Foto 4 y 5).

En las flores masculinas, el cáliz posee cinco sépalos; en cambio en las femeninas, sólo tres o cuatro; no existen pétalos en ningún tipo de flor. Las masculinas poseen cinco estambres cortos, soldados por la base y con grandes anteras, el polen es amarillo liviano y es esparcido por



Foto 4. Inflorescencias de pistachero 'Kerman' ubicadas en la madera de un año. 26 de Sep 2006. Curacaví



Foto 5. Yemas vegetativas (arriba) y florales (abajo) en desarrollo al 31 de Diciembre en 'Kerman' (Codegua)

el viento. Las femeninas poseen un estilo globoso con tres estigmas y no poseen nectarios. Los óvulos, uno en cada ovario, son voluminosos y de forma ovoide.

Durante la primavera, en los meses de octubre-noviembre cuando comienza el crecimiento vegetativo e independiente de la producción, la mayoría de las yemas laterales del brote en desarrollo, comienza a diferenciarse en primordios de inflorescencia estaminada o pistilada, dependiendo del sexo del árbol, salvo cuando se produce un segundo flujo de crecimiento, en el cual produce esencialmente yemas laterales vegetativas (Ferguson et. al., 2005a). El eje de cada primordio que forma una yema floral se alarga y ramifica. Esto se considera como el primer signo de la diferenciación de la yema floral.

Mientras la yema floral está desarrollándose rápidamente, todos los ápices dentro de ella son redondos, vegetativos en apariencia y tienen una túnica tri a tetraseriada. Dentro de las yemas estaminadas, todos los ápices llegan a ser florales en naturaleza a fines de noviembre; dentro de las pistiladas, este cambio tiene lugar en la primera parte de diciembre. Estos ápices florales son anchos y casi aplanados y la túnica es monoseriada.

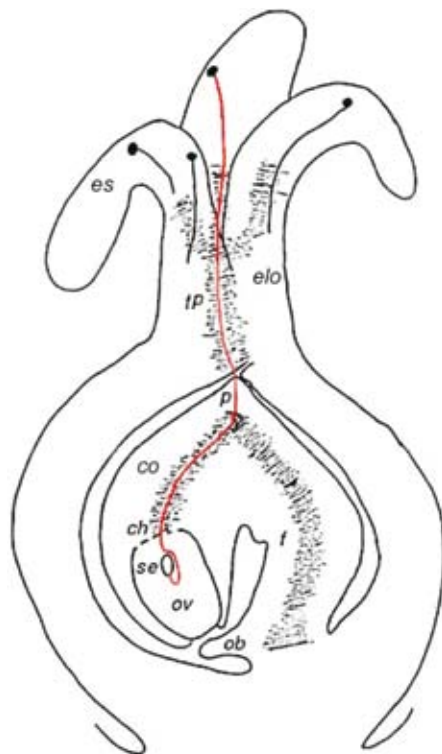
Como cada ápice dentro de cada inflorescencia estaminada o pistilada produce sólo una flor, queda establecido que el número de flores producida en una inflorescencia dada, está determinada por el número de ramificaciones formadas dentro de la yema floral durante octubre-noviembre del año previo a la floración.

Los estambres se diferencian a fines de noviembre y por alrededor de tres semanas su crecimiento y diferenciación es rápido. A comienzos de diciembre el tejido arqueosporico es visible dentro de los lóbulos de las anteras. Con esto el crecimiento queda esencialmente completo por esa temporada. En la primavera siguiente, la antera continúa su crecimiento y se desarrolla la microespora y el microgametofito (Jones cit. por Whitehouse, 1957). El número de estambres es variable, usualmente 6-7. El desarrollo de las flores dentro de la inflorescencia es generalmente basipétalo (Hormaza y Polito, 1996).

En las flores pistiladas, la diferenciación de los sépalos se realiza desde fines de noviembre a mediados de diciembre. El pistilo se inicia desde comienzos de abril a septiembre y los carpelos a fines de otoño en algunas variedades (Red Aleppo y Trabonella) o desde fines de septiembre a comienzos de noviembre en otras (Bronte, Kerman). Durante enero, febrero y comienzos de marzo, las yemas permanecen inactivas (Takeda et al., 1979) hasta abril, cuando se reinicia durante un mes la diferenciación de los carpelos con un pequeño aumento de su tamaño.

En Septiembre reasume el crecimiento y los primordios de los carpelos se expanden. El ovario está compuesto de un gran carpelo funcional y dos más pequeños. Hay un óvulo el cual es considerado ser ortóptero con un funículo curvado dentro del cual el megagametofito se desarrolla en forma monospórica normal con ocho núcleos. En esta especie se nota chalazogamia (Martínez-Pallé y Herrero, 1998), esto es, el tubo del grano de polen penetra al óvulo a través de la chalaza en lugar de la micrópila. Una vez en el nucelo, crece periféricamente a lo largo del saco embrionario penetrándolo a través de una sinérgida al lado de la micrópila (Figura 2).

FIGURA 2. Diagrama de un pistilo de pistachero mostrando el recorrido del tubo polínico. Los granos de polen germinan en el estigma (es) y el tubo polínico (tp) penetra el tracto de transmisión estilar (elo), entra a la cavidad ovárica (co) vía pontículo (p), y crece a través del funículo (f) hacia el óvulo (ov), penetrándolo vía chalaza (ch) hasta alcanzar la micrópila del saco embrionario (se). Obturador (ob). (Adaptado de Martínez-Pallé y Herrero, 1998)

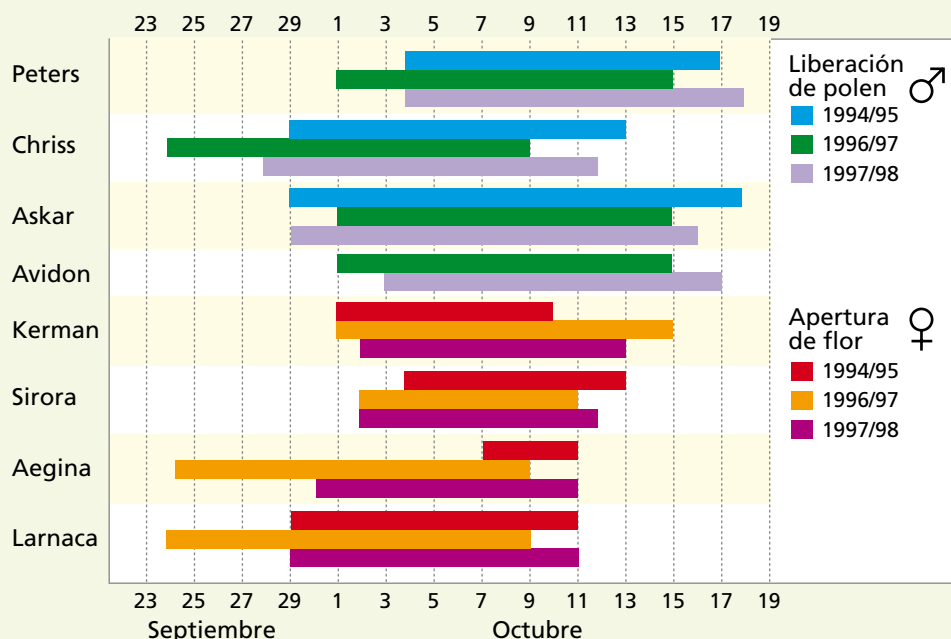


En septiembre la inflorescencia aumenta de tamaño, y la floración se produce en septiembre-octubre, después de la floración de los durazneros, manzanos y cerezos, pudiendo variar tanto como tres o cuatro semanas entre la de los clones más tempraneros y la de los más tardíos. En algunas zonas del país, al menos, (Curacaví, Codegua) las flores masculinas de 'Peters' tienen su antesis primero y las femeninas de 'Kerman' tres a cinco días más tarde. La duración de la floración es entre siete a quince días en general -y a veces de hasta veinte días-, dependiendo de las condiciones climáticas. La flor pistilada permanece abierta cerca de dos días. La floración antecede a la foliación.

En la Estación Experimental Los Tilos (Buin) del INIA, las épocas de floración de las diversas cultivares existentes se muestran en la Figura 3.

La figura indica que la floración de los diversos cultivares es variable tanto en su amplitud como en la fecha a través de los diferentes años. Es curioso que en este caso la floración del polinizante 'Peters' es más tardía que la variedad femenina 'Kerman', que aparece contrario a

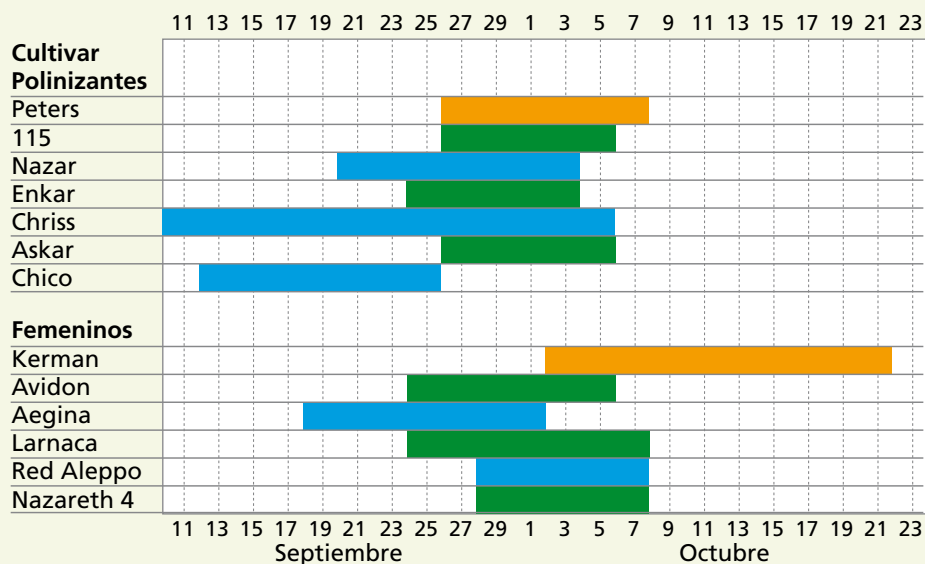
FIGURA 3. Floración de cvs de pistachero. Los Tilos, R.M., Temporadas 1994/95, 1996/97 y 1997/98 (Valenzuela et.al., 1999).



lo observado en otras áreas del país (Codegua y Curacaví), como en el extranjero (California) (Figura 4).

En ambas localidades coincide que 'Peters' es el macho de floración más tardío y 'Kerman' la hembra de floración también más tardía. Pero en Codegua, es la única variedad que florece mucho más tarde que 'Peters'. Lo mismo sucede en Curacaví.

FIGURA 4. Floración de cvs de pistachero. Codegua, VI Región (Barraza, 2005)



Al observar la acumulación térmica calculada en Los Tilos, se aprecia que en 1994 fue considerablemente mayor que en 1996 y 1997. No obstante, ese año sólo las floraciones de 'Kerman' y especialmente la de 'Aegina' fueron notoriamente más cortas, y terminaron antes. No obstante, ninguna de las floraciones se adelantó, probablemente debido a que el principal aumento de las temperaturas se inició al comienzo de las floraciones (3 de Octubre). Por su parte, la floración de Aegina que fue la que más se compactó, fue la que se atrasó más en comenzar el año con mayor acumulación térmica. (Gráfico 1).

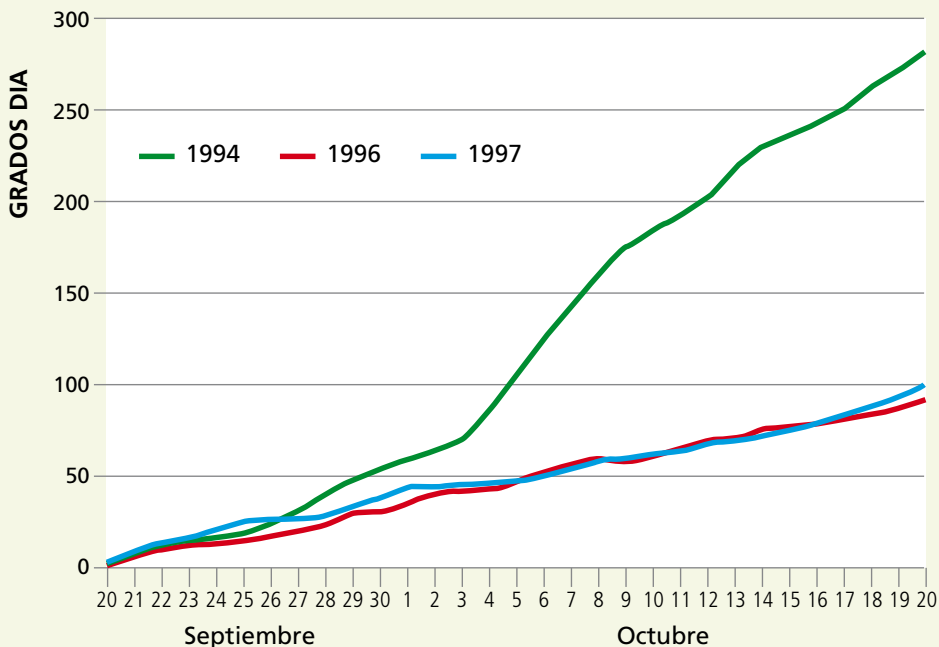
Polinización

El pistachero tiene una polinización anemófila, pero se ha observado la participación de varios insectos dípteros. El polen de terebinto puede servir para fecundar al pistachero, sin embargo la polinización es más segura si se efectúa con las plantas machos de la misma especie.

También es posible realizar una polinización artificial, para lo cual se colectan las inflorescencias masculinas maduras al empezar la dehiscencia de las anteras y se extienden en una capa delgada sobre un papel o malla en una pieza temperada y seca. Apenas se seca el polen, se separa del desecho en un tamiz de malla 100, se colecta en un envase seco y hermético a la humedad y se almacena en un congelador hasta ser usado. El polen puede ser almacenado hasta cuatro meses con poco cambio en su capacidad germinativa a -18°C (Wright, 1978), en cambio, a temperatura ambiente, la germinabilidad llega a 0 a los tres o cuatro días (Crane et. al. 1974).

Una vez obtenido el polen, puede ser aplicado con cualquier equipo que lo libere al aire. Se han utilizado convenientemente jeringas para llenar baterías acopladas a un tubo de cobre largo.

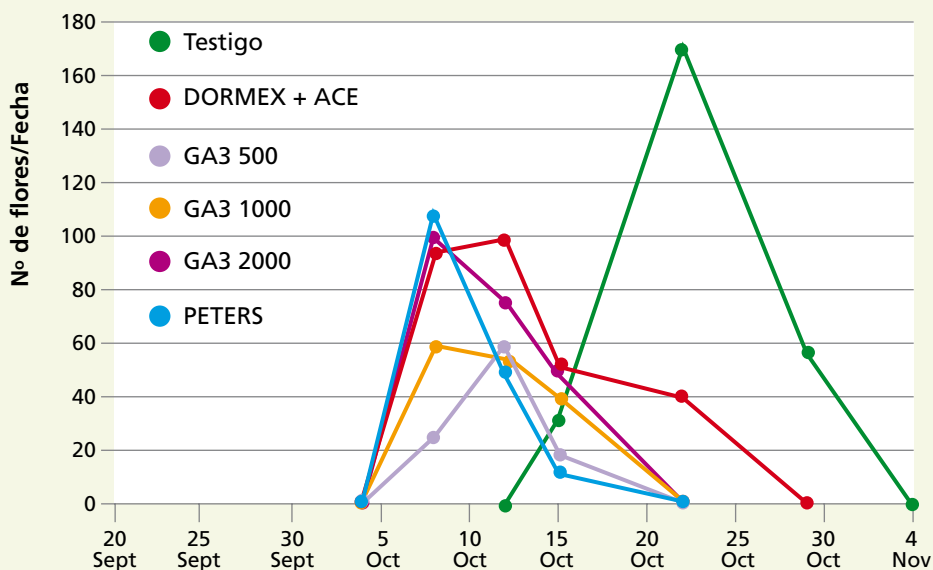
GRÁFICO 1. Acumulación de grados días durante el período de floración de pistacheros. Años 1994, 1996 y 1997. Los Tilos, Región Metropolitana (Valenzuela et al, 1999).



La falta de coincidencia en las floraciones entre ‘Kerman’ y el polinizante ‘Peters’ perjudica seriamente la polinización y la cuaja en ‘Kerman’. Este atraso de la floración se podría deber o a mayores requerimientos de frío o bien de la acumulación térmica (Días grado, °D) para brotar una vez terminado el receso de la variedad Kerman.

Debido a esto se ensayaron durante el año 2005, algunos tratamientos para mejorar la coincidencia de la floración entre ‘Peters’ y ‘Kerman’ en la zona de Codegua, cuyos resultados se presentan en el Gráfico 2.

GRÁFICO 2. Efecto de los tratamientos sobre la tasa de floración en pistachero cvs. Kerman (con tratamientos) y Peters (siempre sin tratamiento). (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores, 2005).



El gráfico muestra la excelente sincronización de la floración de ‘Kerman’ con el polinizante ‘Peters’, sin tratamiento, que se logra al asperjar los árboles de ‘Kerman’ con Aceite mineral al 4% + Cianamida hidrogenada (CH) al 1% p.c. También asperjando los árboles con ácido giberélico (GA3) entre 500 a 2.000 ppm, se puede adelantar la floración de ‘Kerman’ en forma eficiente. Estos resultados preliminares permitirían sugerir que el atraso de la floración en ‘Kerman’ se debería a mayores requerimientos de frío que ‘Peters’ y que, con estas aplicaciones, debiera aumentar la cuaja de frutos.

Si bien es cierto lo anterior, y se observó en forma muy clara en algunos árboles (Fotos 6 y 7), los resultados no son concluyentes debido a una gran variación en la producción entre los árboles de los tratamientos con CH y con GA3 a 500 ppm, razón por lo cual esta investigación debe continuar para extraer resultados concluyentes.

Durante el año 2006, caracterizado por su baja acumulación de frío en invierno, se repitió este ensayo en Codegua (Gráfico 3) y además en Curacaví, donde la acumulación de frío fue bas-

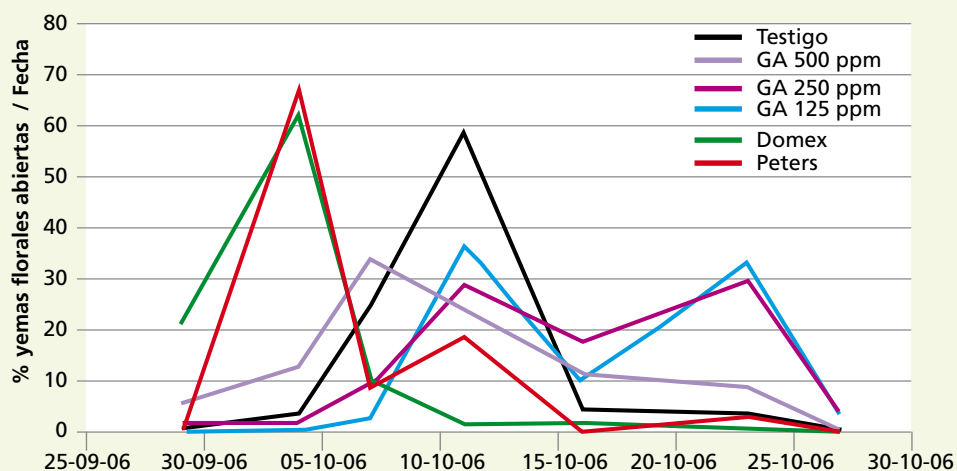


Foto 6. Carga frutal en la repetición 4 del tratamiento testigo de pistachero cv. Kerman al 26 de Diciembre de 2005 (Codegua)



Foto 7. Carga frutal en la repetición 3 del tratamiento GA3500 de pistachero cv. Kerman al 26 de Diciembre de 2005 (Codegua)

GRÁFICO 3. Efecto de los tratamientos sobre la tasa de floración en pistachero cvs. Kerman (con tratamientos) y Peters (siempre sin tratamiento). (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores, 2006)



tante menor aún (Foto 19; Tabla 3). En esta última localidad, aunque la floración de 'Kerman' también pareció adelantarse (apreciación visual), los resultados no se pudieron interpretar con la misma metodología que en Codegua, debido a que un gran número de yemas florales no brotaron en la primavera (Fotos 20, 21 y 22). No obstante, la proporción de yemas brotadas fue mayor en 'Kerman que en 'Peters'.

Para la temporada 2006-07, con menor cantidad de frío que en la temporada anterior, se aprecia que la aspersión con Aceite + Dormex actuó en las mismas condiciones que en 2005, en cambio el GA3 a 500 ppm fue algo menos efectiva.

Al disminuir las dosis para hacer la aplicación GA3 más competitiva económicamente con las aplicaciones de Aceite + Dormex, no se observó ningún efecto. Así, la aplicación de Aceite + Dormex aparece como la mejor alternativa para adelantar la floración de 'Kerman'.

Para indagar sobre la posibilidad de que el retraso de la floración de 'Kerman' se deba a una mayor necesidad de acumulación térmica ($^{\circ}\text{D}$) para salir del eco-rreceso, se encerraron cuatro árboles de 'Kerman' en una estructura de polietileno el día 12 de Agosto del 2005 (Foto 8) y se estimó las unidades de frío y los $^{\circ}\text{D}$ entre los umbrales de 4,4 y 25 $^{\circ}\text{C}$, debido a que en el exterior las temperaturas sobre 25 $^{\circ}\text{C}$ fueron despreciables.



Foto 8. Encarpando pistacheros cv. Kerman al 12 de Agosto de 2005 para medir la acumulación térmica necesaria para florecer (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)



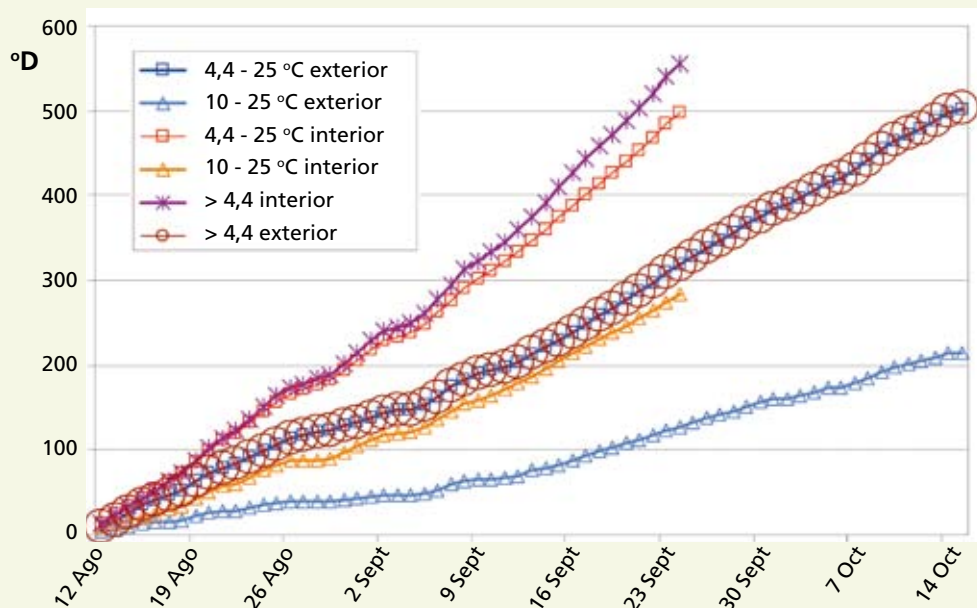
Foto 9. Estado de desarrollo de las yemas de pistacheros 'Peters' y 'Kerman' al 8 de Octubre de 2005. A la izquierda ramilla de 'Kerman' sin tratamiento. El mayor efecto se obtuvo con las plantas cubiertas (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

La floración se adelantó bastante más que en los tratamientos con agroquímicos (Foto 9), y se concentró fuertemente en los árboles cubiertos produciendo una floración muy uniforme (Foto 10), al estar sometidos a temperaturas mayores a las existentes en el exterior (Gráfico 4), y haber tenido 115 horas menos bajo 7,2°C (o 175 unidades de Richardson et al), de tal manera que la acumulación térmica puede ser tan o más importante, en algunos años, que las necesidades de frío necesarias para salir del receso.



Foto 10. Detalle del estado de plena flor del cv. Kerman al 27 de Septiembre de 2005 bajo carpa (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

GRÁFICO 4. Acumulación térmica necesaria para inicios de floración a partir del 12 de Agosto de 2005 en pistachero cv. Kerman (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)



El gráfico 4 muestra que cuando se mide la acumulación térmica entre 4,4 y 25°C, la floración se produce al acumularse 500 °D, tanto en las plantas cubiertas como en las ubicadas en el exterior. En cambio, cuando se considera sólo el umbral mínimo, las curvas se sobreponen en el exterior debido a que aquellas superiores a 25°C tienen muy poca incidencia en esa época. No obstante, en el interior de las carpas, las temperaturas altas tienen más incidencia y se obtiene una acumulación térmica mayor a la misma fecha. Por otro lado, cuando se considera un umbral mínimo de 10°C y uno máximo de 25°C, no hay relación entre las fechas de floración y la acumulación térmica.

Durante el año 2006, se encerraron sólo ramas en mangas de polietileno, pero en diferentes fechas. En esa temporada, de menor acumulación de frío, las ramas encerradas el 1° de Agosto (12 días antes de que en el año 2005), el efecto de una mayor acumulación térmica no se manifiesta en un adelanto claro de la floración, probablemente por no haber terminado aún la etapa de endo-receso. En cambio al hacerlo un mes más tarde, se obtuvo un mayor adelanto de la floración. (Gráfico 5, Foto 11). Esto indicaría que al 1° de Agosto con 719 horas bajo 7,2°C o con 608 Unidades de frío (Modelo de Utah), el requerimiento de frío no estaría cumplido en su totalidad. En cambio al 1° de Septiembre, con 792 horas bajo 7,2°C o con 1.008 Unidades de frío, señalaría que las necesidades de frío estarían cumplidas o estarían muy cerca de ser alcanzadas.

GRÁFICO 5. Efecto de aumentar la acumulación térmica, a partir del 1-Agosto y del 1-Septiembre, sobre la evolución de la floración en pistachero cv. Ker-man. Codegua 2006

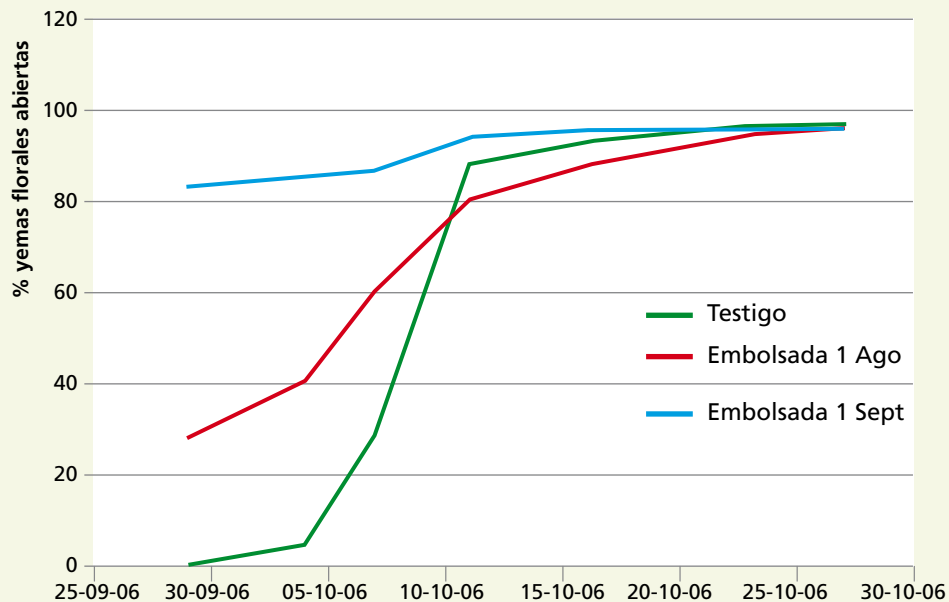


Foto 11. Efecto del embolsado de ramas al 1-Septiembre, sobre la evolución de la floración en pistachero cv. Kerman. Codegua 2006

Desarrollo del fruto

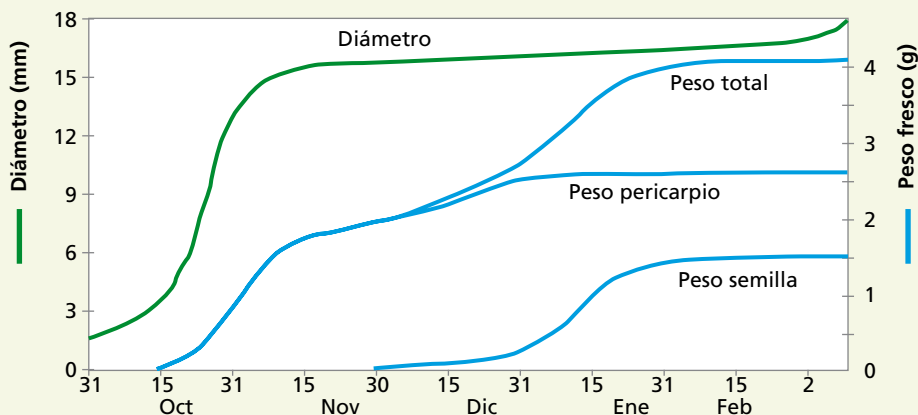
El fruto es una drupa monosperma semiseca, oval, alargada, de pericarpio seco. La parte dura está constituida por el mesoendocarpio, que es liso, delgado, corrientemente partido y entreabierto cuando maduro, características estas últimas buscadas para seleccionar variedades de acuerdo a su mayor tendencia de sacar la parte comestible (almendra) con facilidad.

La semilla posee un solo embrión y los cotiledones son voluminosos y de color amarillo a verde. La tonalidad verde es más apetecida y depende del cultivar y del clima. La epidermis de la semilla es de color marrón con reflejos rosáceos. Las variedades cultivadas poseen frutos muy voluminosos, de 0,8 a 2,3 cm de largo por 0,6 a 1,2 cm de ancho. El peso seco del fruto puede fluctuar entre 0,7 y 1,44 g o entre 0,41 y 0,74 gr la almendra. El porcentaje de la almendra varía según la variedad entre un 47 y un 58 % (Spiegel-Roy et al. 1972; Crane, 1978a).

Una vez realizada la polinización y fertilización (la unión entre las células germinales masculinas y femeninas dentro del óvulo), las paredes del ovario (pericarpio) se expanden muy rápidamente tanto en longitud como en diámetro, y alcanzan prácticamente su tamaño definitivo en noviembre, momento en el cual comienza la lignificación del endocarpio. Durante este período los tejidos que envuelven la semilla son blandos y vulnerables al ataque de insectos y a la partidura que parece ser el resultado de las lluvias. En las próximas cinco o seis semanas, el crecimiento del fruto es nulo o muy bajo, tanto externo como interno. Al final de este período, como resultado de la fertilización, comienza normalmente un rápido desarrollo de la semilla, y en febrero ésta alcanza a ocupar toda la cavidad ovárica. Después se produce la dehiscencia del mesendocarpio (cáscara), pero no del exo- y mesocarpio (pelón). Así, su crecimiento, típico de la mayoría de las drupas, es caracterizado por tres períodos: dos de crecimiento relativamente rápido separado por uno de crecimiento más lento.

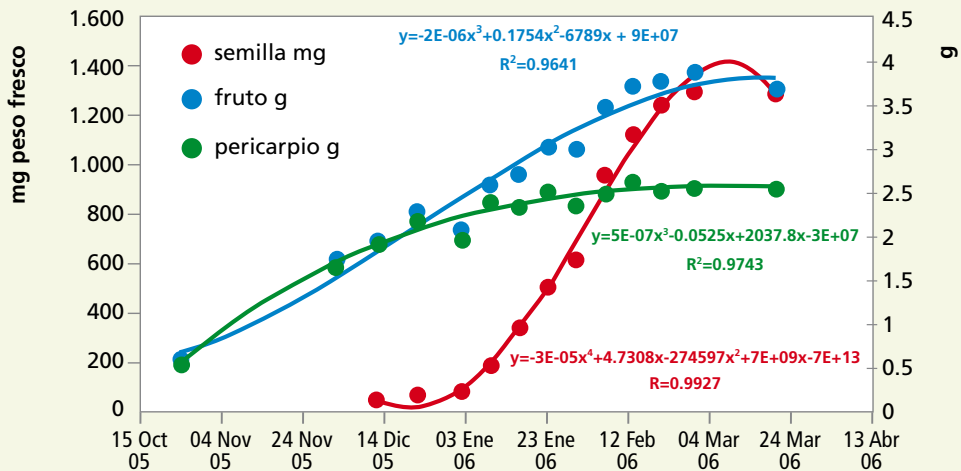
Durante el último período, a diferencia de la mayor parte de las drupas, el crecimiento en diámetro es casi nulo y contribuye sólo en un 4% al diámetro final del fruto. Sin embargo, cuando el crecimiento es medido por aumento del peso fresco, se aprecia que el tercer período contribuye en un 50% del peso final del fruto. Este aumento se atribuye al crecimiento y desarrollo de la semilla (Crane y Al-Shalan, 1974) (Gráfico 6).

GRÁFICO 6. Crecimiento en diámetro y en peso fresco de la semilla, pericarpio y fruto total de pistacho Cv. Kerman (Adaptado de Crane y Al-Shalan, 1974).



Para 'Kerman' en Codegua, la cinética de crecimiento de los pistachos, expresado en aumento de peso, se muestra en el Gráfico 7. La. Se aprecia claramente que el pericarpio (pelón + endocarpio) del fruto (drupa) crece hasta muy cerca de su peso final antes del inicio del crecimiento del embrión. Eso significa que el fruto alcanza prácticamente la mitad de su peso final cuando el embrión recién comienza a crecer. Al final del desarrollo del fruto, la semilla constituye aproximadamente un 35% del peso "fresco" total del fruto. El inicio del endurecimiento del endocarpio (Gráfico 9) se produce el 21 de diciembre (2005) cuando el fruto ha alcanzado aproximadamente el 60% de su peso final.

GRÁFICO 7. Cinética de crecimiento del fruto del cv. Kerman (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores, 2005-2006)



La dehiscencia del endocarpio (la partidura por la sutura longitudinal de la cáscara), se produce corrientemente cuando madura el fruto y la fruta está en el árbol, a fines de febrero a marzo, pero también en algunas frutas se produce durante el almacenaje (Nevo et al, 1974), y es favorecida por los climas secos (Popov, 1974 cit. por Nevo et al, 1974). Luego comienza la degradación del pelón (idealmente esto no debe ocurrir en el huerto para evitar enfermedades), y finalmente comienza la abscisión de los frutos individuales del raquis, el cual se cae posteriormente.

Durante los primeros estados de desarrollo, el contenido de azúcar, fructosa, glucosa, inositol y predominantemente sacarosa, puede alcanzar un 43,3% del peso seco de la almendra, sin embargo, decrece a sólo un 7% durante la madurez. Por el contrario, la materia grasa aumenta desde un 3,2% en los primeros estados de desarrollo a un 40,1% a la madurez, Gráfico 8 (Crane y Al-Shalan, 1974).

La madurez comienza en febrero para los clones de maduración temprana, hasta marzo u ocasionalmente abril para los de maduración tardía, variando la época exacta año a año.

El pistachero suele presentar una cantidad reducida de frutos dobles, los cuales pueden comenzar su desarrollo con la fertilización de dos embriones. Sin embargo, cuando esto sucede, uno de ellos tiende a abortar más tarde (Foto 12).

GRÁFICO 8. Acumulación de peso seco en semillas de pistacho cv 'Kerman' y variación de los azúcares y materia grasa en % durante el crecimiento (Adaptado de Crane y Al-Shalan, 1974) .

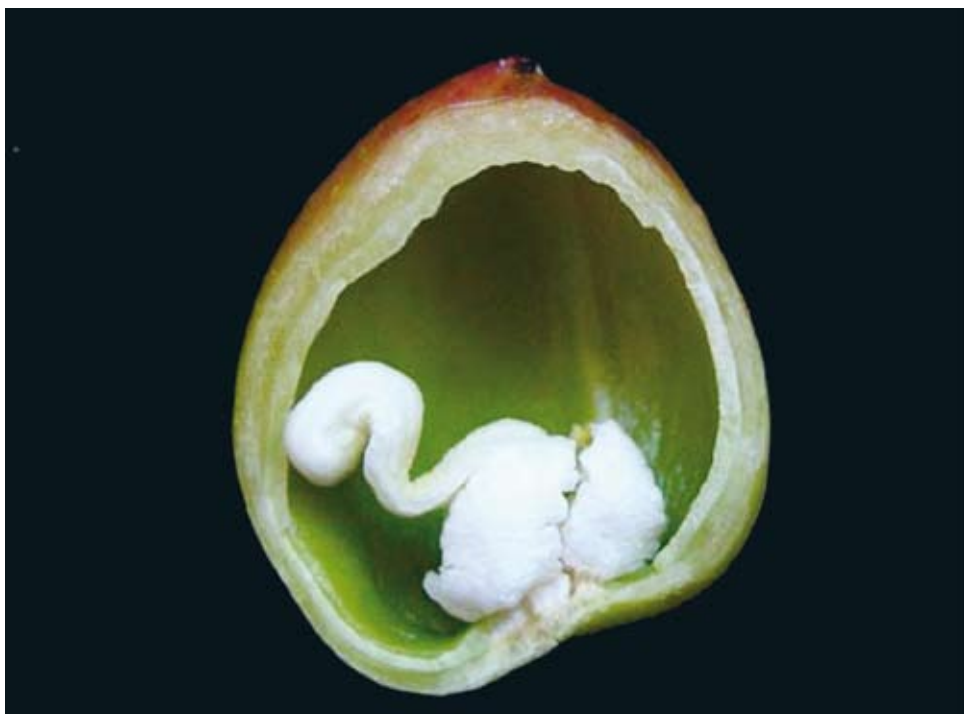
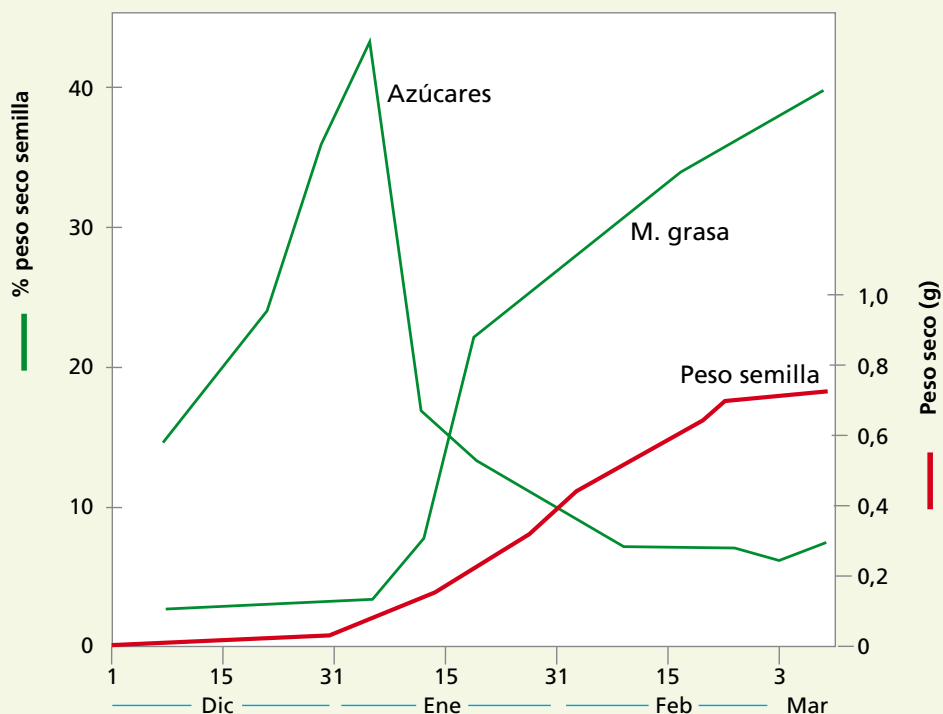


Foto 12. Fruto doble de pistacho cv. Kerman mostrando sus dos embriones fertilizados, uno de los cuales está abortando (Codegua, 2 de enero de 2006)

Hábito de fructificación y producción alternada

La fructificación tiene lugar lateralmente sobre las extremidades de las ramas emitidas por el árbol en el año precedente.

Los árboles obtenidos por semillas presentan un largo período juvenil, e inician la fructificación entre los ocho-diez años. Los retoños de raíz comienzan a fructificar a los cinco años. Por su parte, los árboles injertados pueden empezar a producir del cuarto a sexto año de la injertación, aunque en Chile se han observado árboles débiles de dos años con flores, pero raramente producen suficiente cosecha antes de los siete-ocho años.

La producción es muy variable según las condiciones de suelo, clima, edad del árbol, vigor, variedad, etc. En España, para árboles desarrollados en buenas condiciones de suelo y entre 7 y 15 años de edad, una producción que varía de uno a seis kilos por planta y de 40 a 50 Kg en árboles de 25-30 años. En Irán se observan producciones de 20-45 Kg de fruta seca ó 60-140 Kg de fruta fresca. Algunas producciones en California aumentan de 11 a 22 Kg de nueces por árbol y por año en condiciones muy favorables.

Antiguamente se alcanzaba la plena producción de esta especie a los 20-25 años. Hoy día, en cambio, se ha logrado en California llegar a niveles de plena producción a los 9-10 años (Bee-de, et.al., 2004). No obstante, debido a la poca experiencia existente en el país, la producción económica está aún lejos de lograr esta meta.

Producción alternada

Una característica importante de esta especie es la de presentar añerismo o periodicidad de producción, aun cuando existan condiciones de crecimiento favorable. Los árboles suelen producir cada dos años, pero en el cercano Oriente y Asia Central se ha observado que cada cuatro años dan una cosecha particularmente abundante. Así, en Irán y Turquía la producción puede variar hasta un 600% de un año a otro, como se aprecia en la Tabla 1.

TABLA 1. Producción comercial de pistachos con cáscara en Irán y Turquía
(en 1.000 ton)

Año	Irán	Turquía
1965	7,5	5,0
1966	15,0	4,8
1967	4,0	5,0
1968	15,5	12,0
1969	7,5	2,0
1970	16,0	12 ,0
1971	7,5	2,0
1972	20,0	14,0
1973	20,0	6,5
1974	28,0	23,0

Fuente: Foreign Agric. Serv. U.S.D.A. (Woofroof, 1979)

El grado de alternancia en la producción se intensifica a medida que los árboles envejecen (Ferguson et al., 2005a), y a diferencia de lo que ocurre en otras especies frutales, no es debido a una reducción de la inducción floral en el año de una gran producción, durante el cual, por el contrario, se observa una mayor producción de yemas florales (Crane y Nelson, 1971), sino que es debido a una abscisión de la yema floral durante el verano en el cual se produce esa gran producción (Foto 13).

La abscisión comienza generalmente a fines de diciembre, cuando se inicia el desarrollo de la semilla, y es más intensa durante enero y febrero, cuando el crecimiento y desarrollo de la semilla es más rápido.

El grado de la abscisión que a veces alcanza casi el 100%, aumenta al incrementarse el número de frutos por rama. Por otro lado, un anillado entre los frutos en desarrollo en madera de 1 año y las yemas florales ubicadas en los brotes de la temporada, reduce la abscisión a prácticamente la misma que resulta al eliminar los frutos jóvenes (Crane y Nelson, 1972).

Los efectos descritos y experimentos de defoliación y raleo sugirieron que el factor responsable de la abscisión de las yemas podría ser la competencia por nutrimentos entre el desarrollo de la nuez y el de las yemas (Crane et al 1973),

Sin embargo, nuevos experimentos con defoliaciones y análisis químicos posteriores indicaron que los niveles de azúcares, almidón y nitrógeno de las ramas productoras de fruta no difieren apreciablemente durante la caída de yemas o previo a ella de los niveles de ramas no productoras.



Foto 13. La producción alternada en pistachero se produce por una caída de yemas florales durante el crecimiento del embrión cuando la carga frutal es alta. Cv. Aegina al 23 - Enero – 2006 (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

De aquí se concluyó que la caída de las yemas florales no es el resultado de deficiencias de hidratos de carbono, y se sugirió que alguna(s) fitohormona(s) podría(n) estar envuelta(s) en el proceso. Sugiriéndose que una hormona producida en las hojas que previene la caída de las yemas podría sobrepasar las yemas y moverse con los azúcares a las nueces en desarrollo, o bien una hormona producida en las nueces en desarrollo podría transportarse a las yemas y provocar la abscisión (Porlingis, 1974; Crane et al. 1976).

Los intentos por aliviar este problema mediante aspersiones con reguladores de crecimiento y elementos nutritivos no han sido exitosos. Sin embargo, algún grado de control se ha logrado con podas de rejuvenecimiento (Ferguson et al., 2005a).

Durante algunas experiencias recientes en la zona de Codegua, en un huerto con la variedad 'Larnaca' bajo déficit hídrico por problemas serios de riego, se observó que los brotes de la temporada en el mes de enero, que se encontraban con yemas florales y que tenían frutos en la madera del año anterior, mostraban claros síntomas de senescencia o de una fuerte deficiencia de nitrógeno en sus hojas (Foto 14).

Esto último fue comprobado mediante un análisis foliar preliminar, el cual indicó, además de valores más bajos de nitrógeno en los brotes con frutos, que la deficiencia era generalizada en todo el árbol. La misma situación se registró para el fósforo. Por su parte en 'Kerman' ubicado en otro cuartel y sin déficit hídrico notorio, las ramillas con fruto también enfrentaron niveles inferiores de nitrógeno y fósforo en relación a las ramillas sin frutos, aunque el grado de deficiencia fue menor (Tabla 2).



Foto 14. Árboles del cv Larnaca, con déficit hídrico incipiente, al 10 de Enero de 2006, presentando una clorosis típica de deficiencia de nitrógeno o de senescencia prematura en las hojas en posición distal a los racimos. Brotes sin racimos (lado derecho) no manifiestan este síntoma (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

TABLA 2. Análisis foliar al 6/Feb/2006 del cv 'Larnaca' en brotes con y sin frutos
(Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

Elemento		Larnaca		Kerman	
		Brotes con frutos	Brotes sin frutos	Brotes con frutos	Brotes sin frutos
Nitrógeno (N)	%	1,13	1,66	1,92	2,07
Fósforo (P)	%	0,08	0,12	0,13	0,15
Potasio (K)	%	1,62	1,75	2,45	2,34
Calcio (Ca)	%	2,09	1,79	2,96	2,61
Magnesio (Mg)	%	0,33	0,26	0,40	0,36
Cinc (Zn)	ppm	8	9	12	12
Manganeso (Mn)	ppm	50	43	40	50
Hierro (Fe)	ppm	84	71	111	84
Cobre (Cu)	ppm	2	3	4	2
Boro (B)	ppm	91	84	69	91

Weinbaum et.al. (1994; 1994 cit. por Lovatt et.al., 2006), han mostrado evidencias que en los años de alta producción hay una fuerte demanda productiva por nitrógeno, una remoción significativa de nitrógeno por la fruta a la cosecha, una reducción del nitrógeno de reserva, una menor recuperación del nitrógeno de los fertilizantes aplicados en julio, y una mayor concentración de nitratos en la raíz.

Estos autores informan, de igual modo, la mayor disminución de la concentración y del contenido total de nitrógeno de las hojuelas por árbol durante el período desde comienzos del llenado (inicios de enero) hasta la madurez del fruto (marzo). Así, una senescencia prematura, que puede ser debida a una deficiencia de nitrógeno, produciría subsiguientemente una reducción de la fotosíntesis, de una disponibilidad de hidratos de carbono y de hormonas producidas por las hojas, como también de compuestos nitrogenados solubles esenciales.

Lovatt et al. (2006) informan que las nueces al comienzo de su desarrollo (diciembre - enero) exportan ácido abscísico (ABA), que en la yema floral la concentración de ABA aumenta aproximadamente un 25%, y que la concentración de las citocininas isopenteniladenina y el ribosido de la zeatina disminuyen en un 40% durante el período de la abscisión intensiva de las yemas florales. Esta baja concentración de citocininas sería probablemente la causa de una reducción de fuerza para atraer nutrimentos y, por consiguiente, de la capacidad de las yemas para competir. Investigando este aspecto con fines prácticos, llegaron a la conclusión de que aspersiones foliares de benciladenina (BA) combinadas con urea, en diciembre-enero durante los años de producción alta, era posible reducir en forma importante la producción alternada.

En un primer ensayo realizado en la zona de Codegua, para reducir el añerismo en 'Kerman' y en 'Aegina' que presenta una gran alternancia en su producción, se aplicó el 26 de diciembre del 2005, 25 mg/L i.a. BA (Cylex) más 0,5% de urea más un surfactante, continuando semanalmente por tres semanas con sólo urea al 0,5%, para terminar una semana más tarde con una aplicación combinada de BA+urea idéntica a la inicial. El estado de desarrollo de los embriones al 1 de enero del 2006 en 'Kerman' se muestra en la Foto 15.

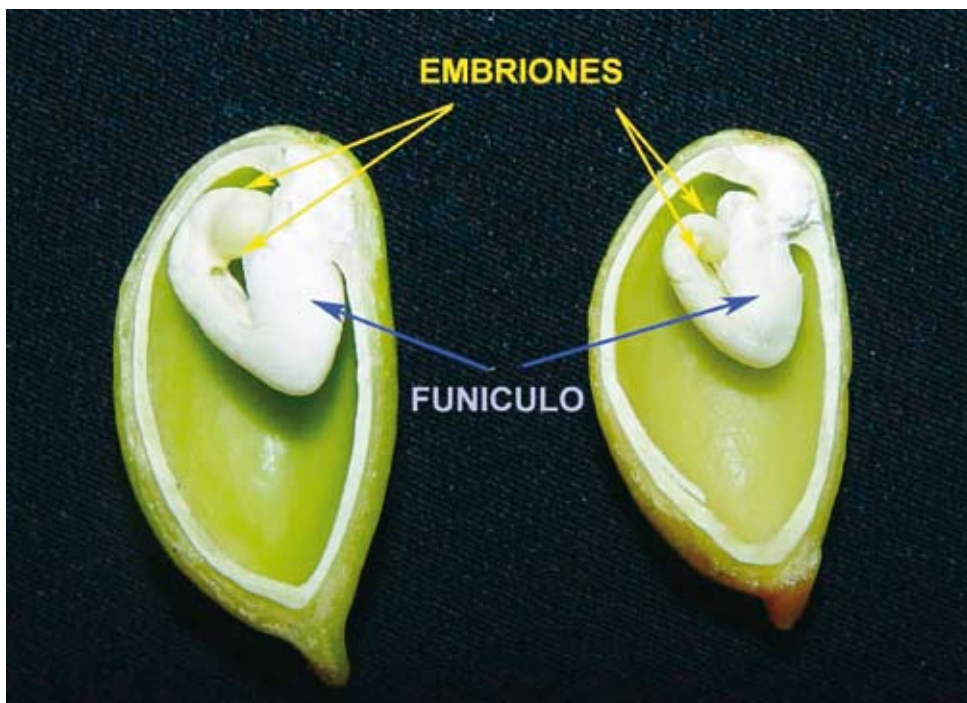


Foto 15. Estado de desarrollo de embriones de pistacho cv. Kerman al 1 de Enero de 2006, 4 días después de la aplicación de BA+Urea (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

En ambos cultivares se presenta una gran caída de yemas medida a la caída total de hojas, pero no se logró reducir la caída de yemas en ninguno de ellos (Tabla 3). La falta de efecto en este ensayo preliminar podría deberse a que en 'Aegina', el estado de desarrollo de los embriones estaba mucho más avanzado que los de 'Kerman' (Foto 16) y, por lo tanto, el tratamiento pudo ser demasiado tarde o al fuerte déficit hídrico existente en ese cuartel del huerto. En 'Kerman', por su parte, pudo haberse debido a que se trataron árboles sin un añerismo muy marcado.

TABLA 3. Efecto de la Benciladenina (BA) más urea sobre el añerismo medido como porcentajes de yemas caídas en pistachero cvs. Kerman y Aegina, 2006
(Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

Elemento	Kerman		Aegina	
	% yemas florales	% yemas caídas	% yemas florales	% yemas caídas
Con BA + Urea	53,98	46,02	4,04	95,96
Testigo	56,36	43,64	37,34	62,66
	ns	ns	ns	ns

Prueba de t para $P \leq 5\%$, previa transformación angular

Para evaluar si el tratamiento realizado para disminuir la producción alternada –que fue modificado respecto a la experiencia californiana en el sentido de que en este ensayo se incluyeron entre los tratamientos con BA+Urea, tres aplicaciones de urea adicionales–, tuvo algún efecto sobre otro aspecto, se midieron algunos parámetros de calidad y producción sin encontrar diferencias significativas (Tabla 4).



Foto 16. Estado de desarrollo de embriones de pistacho Kerman y Aegina al 16 de Enero de 2006 (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

TABLA 4. Estado de desarrollo de embriones de pistacho Kerman y Aegina al 16 de Enero de 2006 (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

Tratamiento	Peso 10 frutos con cáscara (g)	Peso 10 semillas (g)	% frutos llenos 1ª cosecha	Kg frutos llenos / árbol	g frutos llenos / ASTT
Testigo	15,04	7,65	36,00	4,33	12,17
BA 25 ppm + urea C	15,06	7,64	46,67	5,03	15,06
	ns	ns	ns	ns	ns

ns = Medias no difieren significativamente según Prueba de t ($P \leq 5$)

Presencia de frutos vanos

Existe un importante problema en la producción del pistachero, que consiste en la producción de frutos sin semillas. Algunas variedades como 'Kerman' en California suelen producir un porcentaje de frutos vanos o vacíos que puede oscilar entre 15 y 39% en los diferentes árboles. La incidencia de este tipo de fruto no estaría relacionada ni a la producción de los árboles ni a la posición respecto al viento predominante o proximidad con los polinizantes. Se le ha asociado más bien con el uso de portainjertos de semilla (Crane, 1975).

Sin embargo, está fuertemente relacionada con la producción alternada, aumentando la proporción de frutos vanos en los años de baja producción y disminuyendo en los de alta (Ferguson

et al., 2005a). Los autores también señalan que diferencias marcadas en la producción entre árboles en una misma temporada no estarían relacionadas con el porcentaje de nueces vanas. Sin embargo, las diferencias en la proporción de nueces vanas entre los árboles con más y los con menos carga, son menores a las producidas por la producción alternada, no son significativas y se pueden deber a que esas diferencias en producción pueden ser producidas por diferentes intensidades de poda.

Así, al comparar árboles testigos con una carga de 90 g/árbol, se registraron un 19,1% de nueces vanas, contra árboles con poda mecánica de recorte en la parte superior (topping) o lateral (hedging), que tuvieron una carga de 171 g/árbol, dieron un 16% de frutos vanos.

Este fenómeno es el resultado de la producción de frutos partenocárpicos, o sea, la formación del fruto a partir de flores en las cuales no ha ocurrido la fertilización o ha sido anormal y por consiguiente no se desarrolla la semilla (Crane, 1973; Bradley y Crane, 1975), o bien por el aborto de semillas ya formadas en alguna etapa de su desarrollo, siendo esta última la principal causa responsable de esta anomalía (Foto 17), como también de la falta de dehiscencia del endocarpio poco antes de la madurez (Crane, 1975).

La ausencia de fertilización se puede producir, a pesar de haberse polinizado la flor, debido a que el tubo polínico no alcanza a llegar al óvulo o a que el óvulo no es viable cuando llega el tubo polínico con sus núcleos germinativos. En estos casos, el ovario crece debido a un estímulo de la polinización: o al del polen depositado sobre el estigma, o al tubo polínico durante su crecimiento a través del pistilo.

Esto podría ser posible mediante la liberación o inducción de fitohormonas en el pistilo que estimulen el crecimiento de las paredes del ovario. Experimentalmente se ha comprobado en pistacheros mediante estudios con polen irradiado a altas dosis de radiaciones gama, con lo cual se permite la germinación del polen, pero se inhibe el crecimiento completo del tubo polínico (Ferguson et al., 2005a).

Este tipo de anomalía se puede asociar a una nutrición pobre en boro, el cual está relacionado con el crecimiento del tubo polínico y con la viabilidad del óvulo. Se ha demostrado experimentalmente que niveles foliares en enero, inferiores a 120 ppm en peso seco, están asociado a aumentos porcentuales de frutos vanos y a una disminución de frutos con cáscara partida a la cosecha (Ferguson et al., 2005a).

Entre las anomalías en el desarrollo de la semilla que produce el aborto de ellas, pueden citarse las siguientes (Grundwag y Fahn, 1969; Bradley et al., 1975):



Foto 17. Embrión extraído de fruto (cv. Kerman) al 3-Enero-2007, Curacaví

- a) El tubo polínico entra el saco embrionario por el lado de la chalaza, lo cual puede resultar en una degeneración eventual del núcleo del endosperma o del cigoto,
- b) degeneración del núcleo del cigoto o endosperma por causas desconocidas,
- c) por la mancha café del funículo de muchas semillas en algunos años, necrosis que avanza hacia el saco embrionario,
- d) o por una hipertrofia de células nucelares de semillas viejas, acompañada de una proliferación de otras células nucelares; ambas limitarían el desarrollo del embrión y endosperma.

Partidura del fruto

Una característica muy importante del fruto al madurar y positiva para el consumidor, es la dehiscencia del mesendocarpio (partidura de la cáscara). Esta partidura comienza durante la última semana de febrero, unos 42 días antes del inicio de cosecha en Chile en la zona de Codigua (VI Región) y continúa progresando hasta la maduración de la semilla, estado en el cual se separa el pelón de la cáscara. Durante este período se produce la degradación de la clorofila del pelón, lo cual permite la aparición de pigmentos rojizos en su superficie (Foto 18).

La partidura se puede producir a lo largo de una o de las dos suturas longitudinales o bien en su extremo distal, y se induce al parecer por un proceso físico ligado al crecimiento de la



Foto 18. Racimo de frutos bien formado y con alta carga en pistachero cv. 'Larnaca' al 15 de Marzo de 2006 poco antes de la cosecha, mostrando la coloración típica del pelón en este estado (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

semilla, la cual puede crecer aún después de que termina el crecimiento de la cáscara (fines de febrero para 'Kerman' en la localidad de Codegua en Chile); una vez que ocupa todo el espacio interior de ésta, ejerciendo una presión sobre ella. En este estado el endocarpio ya se encuentra lignificado (Polito y Pinney, 1999).

La relación entre el crecimiento de la semilla y la del endocarpio con la partidura es más notoria cuando ésta es longitudinal y menos si se produce en la de la zona distal, lo cual es consistente con diferencias anatómicas indicando que el mecanismo causal sería diferente para ambos casos (Ferguson et al., 2005).

En la práctica, cualquier factor que produzca un menor desarrollo de las semillas, como un exceso de producción, afecta el grado de la partidura del fruto.

Entre los factores que afectan la partidura de la cáscara se mencionan (Ferguson et al., 2005a):

- La época de cosecha: los mayores porcentajes de frutos con cáscara partida se obtienen al postergar la cosecha hasta que la mayor cantidad de frutos alcancen la dehiscencia o separación del pelón de la cáscara, señalada primariamente por el cambio de color del pelón a rojo. En la práctica esto se evalúa observando el inicio del cambio de color y comenzando entonces con un monitoreo de nueces partidas colectando diariamente muestras de unos 100 frutos alrededor de árboles seleccionados al azar, y determinando el porcentaje de nueces en las cuales el pelón se separa fácilmente de la cáscara y presenta la cáscara partida. Esto se realiza hasta que el aumento del porcentaje de nueces partidas comienza a disminuir. No debe esperarse hasta alcanzar el porcentaje máximo, debido a que aumentan las manchas en la cáscara y las infecciones por hongos.
- El manejo del riego, riegos insuficientes entre febrero y marzo (período de llenado de la cavidad ovárica por la semilla), significativamente disminuye el porcentaje de nueces partidas. No obstante, hay datos preliminares acerca de que déficit hídricos controlados entre noviembre y diciembre (inicios del llenado de la cavidad ovárica) pueden aumentar el porcentaje de cáscaras partidas.
- La nutrición de boro: aspersiones de Solubor a dosis de 2–5,6 kg/ha aplicadas en yema hinchada aumentan significativamente el porcentaje de cáscaras partidas.
- La poda invernal: sólo la aumenta cuando es lo suficientemente fuerte como para disminuir significativamente la producción, pues se ha visto experimentalmente que removiendo mediante la poda cerca de la mitad de la yemas frutales, el pistacho lo compensa aumentando el número de nueces cuajadas por racimo.
- Secado del fruto en post-cosecha: una vez cosechados los frutos, la partidura de la cáscara se puede ensanchar debido a que ésta tiene cierto grado de hidratación, el cual al reducirse por el calor durante el transporte, proceso o secado, se contrae alrededor de la semilla. Un aumento de la temperatura de secado de 52 a 88°C, puede resultar incluso, en la salida de algunas semillas de la cáscara.

En estudios preliminares se ha observado que diferentes fuentes de polen modifican el grado de dehiscencia del pistacho. Esto se debe a una influencia del polen en el tamaño de la semilla. De esta manera, si el crecimiento de la semilla excede el volumen interior del endocarpio, su presión rompe las zonas más débiles como es el tejido de abscisión localizado en los bordes (Nevo et al. 1974). Parte de la falta de indehiscencia, se ha observado, se debe de igual modo a la producción de semillas vanas, pues el grado de frutos partidos con cualquier tipo de polen está inversamente relacionado a la producción de nueces vanas (Crane, 1975).

La partidura del fruto no sólo se refiere a la de la cáscara, que es una característica positiva, sino también puede afectar a ambos, cáscara y pelón (early split nuts, en inglés). Esta última es, por el contrario, bastante nociva cuando se produce unas dos semanas antes de la cosecha, debido a que el fruto presenta a menudo defectos en la parte exterior de la cáscara, como manchas oscuras, y los pelones adheridos muestran frecuentemente pudriciones por hongos y probablemente es la primera causa de la contaminación por aflatoxinas.

La incidencia de esta particularidad ha variado entre menos del 1% a 6% en diferentes localidades en el estado de California. Entre las causas que promueven su incidencia se señalan riegos insuficientes a fines de primavera, aplicaciones de aceite mineral durante el invierno (aunque no siempre) y se ha sugerido también al tipo de portainjerto empleado, dentro de los cuales *P. atlantica* promovería más este tipo de partidura que UCB-1, y PG I y PG II estarían en un nivel intermedio (Doster et al, 2000).

Valor nutritivo del fruto

Los pistachos son ricos en aceites (48,3-60,5%) y proteínas (15-28,8%). Su contenido en hidratos de carbono es de 14,9 a 19%, donde el azúcar predominante es glucosa, seguido de galactosa y manosa con trazas de fucosa, arabinosa y xilosa. Las cenizas están en un 2,2-3% y las fibras constituyen el 1,6 a 2,2%.

La composición de la fracción grasa de semillas en latencia está dada por un 12,2% de ácidos grasos saturados, y un 87,8% de ácidos grasos no saturados. (Tabla 5).

TABLA 5. Participación porcentual de los ácidos grasos en semillas de pistacho

	Según Neubeller y Buchloh (1971)	Según Wissebach (1969)
Ácido palmítico	10,5	8,2
Ácido palmitoleínico	0,9	–
Ácido esteárico	1,9	1,6
Ácido oléico	72,2	69,6
Ácido linólico	–	20
Ácido miristínico	14,7	0,6
Ácidos grasos no saturados	12,2	10,4
Ácidos grasos no saturados	87,8	89,6

Según Thies, se considera como un buen aceite en la industria aceitera y en fisiología de la nutrición a un aceite que contenga 20-60% de ácido linólico, 5-15% de ácidos grasos saturados y el resto como ácido oleico. Como la relación entre los ácidos esteáricos, oleico y linólico para el pistacho es de 1:72:14, a pesar del contenido relativamente bajo de ácido linólico, puede considerársele desde el punto de vista fisiológico de la nutrición como un buen aceite (Neubeller y Buchloh, 1971). Sin embargo, a pesar del alto contenido de aceite, éste no se produce comercialmente debido al alto precio del fruto.

El contenido de proteínas está inversamente relacionado con el de aceite con un coeficiente de correlación de 0,96. La composición mineral expresada en porcentaje x 10 es la siguiente: Na: 4-7; K: 860-1180; Ca: 100-180; P: 494-640; Fe: 5,8-11,4; Cu: 1-1,4; Mg: 150-180.

La composición química para las diferentes partes del fruto se presentan en la Tabla 6 (Woodroof, 1979).

TABLA 6. Composición química de pistachos cv. Red. Aleppo (% peso seco)

	Almendra*	Cáscara*	Pelón*
Proteína N x 6,25	19,41 - 19,58	0,42 - 1,06	7,66 - 9,35
Aceite (extr. éter)	58,30 - 54,70	0,56 - 0,58	7,82 - 8,27
Fibra cruda	1,74 - 2,19	54,0 - 53,4	14,1 - 17,4
Ceniza	2,95 - 3,55	0,42 - 1,06	15,56 - 13,3
Calcio	0,13 - 0,13	0,06 - 0,06	0,07 - 0,25
Potasio	1,04 - 1,22	0,22 - 0,49	6,71 - 5,88
Fósforo	0,54 - 0,64	0,02 - 0,04	0,12 - 0,24

* la primera columna indica valores de frutos partidos, la segunda de frutos no partidos.

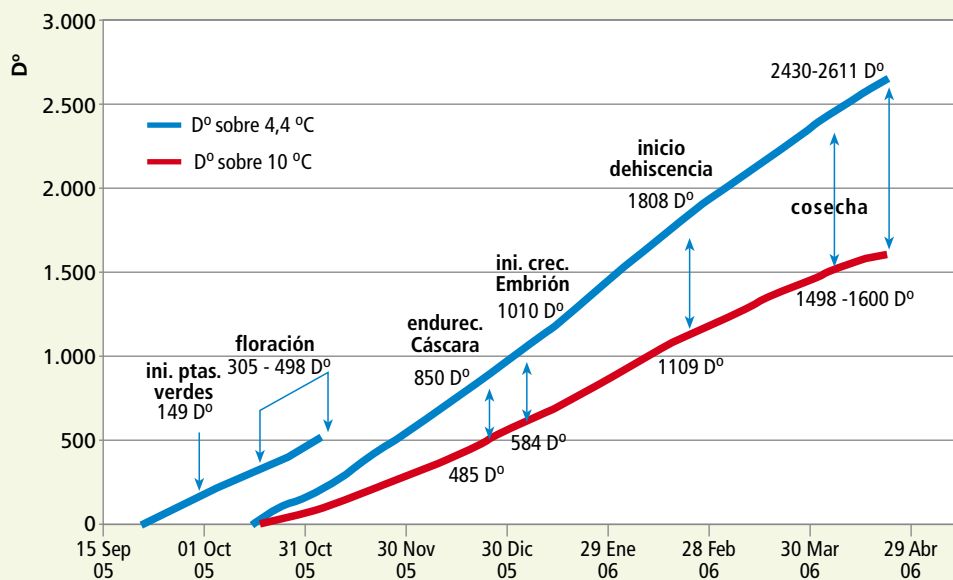
III. Requerimientos ecológicos

Clima

Esta especie requiere de veranos largos, muy calurosos y secos para que sus frutos tengan una maduración normal y una buena diferenciación floral, e inviernos con el suficiente frío para romper su receso. Se adapta así bien a las zonas donde se da el olivo. Crecen mejor en áreas con una acumulación térmica de 2.220 – 2.800 unidades calóricas. En áreas donde no se alcanzan la acumulación térmica necesaria, el desarrollo del fruto no se completa en buena forma (Ferguson et al., 2005a). Estos datos coinciden bastante bien con observaciones de diferentes estados fenológicos y mediciones de temperaturas realizadas en la Zona Central de Chile, específicamente en la Comuna de Codegua (34° 07' 46,92" S; 70° 38' 2,86" W; 571 m.s.n.m.), como se aprecia en el Gráfico 9, donde se muestran los distintos estados fenológicos observados y su relación con la acumulación térmica a diferentes fechas.

Sin embargo, para otras variedades se dan valores mucho más altos como 3.607 para 'Kimizi', 3.797 para 'Uzun', 4.106 para 'Siirt' y 'Ohadi' y 4.405 °D después de plena flor a cosecha para 'Kallahghochi' en Turquía (Seyfettin et.al., 1998).

GRÁFICO 9. Acumulación térmica* y estados fenológicos de pistachero cv. 'Kerman', temporada 2005-06 (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)



* Para la acumulación térmica sobre 4,4°C y sobre 10°C que muestra los estados fenológicos de crecimiento del fruto se consideró como Biofix (o punto de partida), el 12 de Septiembre que corresponde a 75% floración, en árboles tratados con Dormex + Aceite. La curva superior de acumulación térmica >4,4°C que muestra los estados fenológicos desde la salida del receso hasta el término de floración, se hizo en árboles sin tratamientos con Dormex + Aceite.

Al considerar la acumulación sobre 10°C y un biofix a partir de 75% de floración, como se mide en California, se obtiene que para el estado de endurecimiento de endocarpio se necesitan 485 °D, en circunstancias que en California se dan en 665 °D (www.ipm.ucdavis.edu/PHENOLOGY/mp-pistachio_shell.html)

Es probable que esta diferencia se deba a que en California las temperaturas durante este período son más altas que en las condiciones del huerto en estudio en nuestro país, lo cual aumentaría los valores de D° al utilizar un modelo sin umbral superior para su cálculo. Esto podría ser mucho más significativo aún para los datos estimados en Turquía, donde las temperaturas de verano pueden alcanzar los 45°C en agosto (febrero en Chile).

En el huerto estudiado en Chile (Codegua), prácticamente no hay diferencias al usar la acumulación térmica sobre los 10°C y la obtenida entre los umbrales 10 - 25°C, debido a que allí, en esa época, las temperaturas sobre 25°C comienzan a ser importantes a fines del período. Otra explicación puede ser que temperaturas entre 4,4 y 10 °C también son efectivas para el desarrollo de los frutos y que para las condiciones del huerto donde se calculó la acumulación térmica u otras zonas con temperaturas menores que en California, puedan ser de relevancia.

No existen datos exactos sobre las necesidades de frío para romper el receso del pistachero. Estudios realizados el año 1978 en California, durante el cual hubo sólo 670 h bajo 7°C en Davis, lo que contrasta con las 1.445 h de promedio en 45 años, indicaban que la variedad Kerman requeriría al menos 1.000 h de temperatura bajo 7°C para quebrar su receso (Crane y Takeda, 1977). Sin embargo, más recientemente se considera que para que este cultivar y su polinizante 'Peters', produzcan bien y consistentemente, para que sus yemas broten a tiempo, para que se produzca polen viable, buena cuaja de frutos y un crecimiento vegetativo normal, se necesitarían al menos 900 h bajo 7,2°C (Ferguson et al., 2005a).

Trabajos realizados por B. Beede y L. Ferguson determinaron que las variedades 'Kerman' y 'Peters' requieren 550 h bajo 7,2°C para alcanzar un mínimo de 50% de floración, y a 800 h el 80% de las flores florece. Desgraciadamente, no se conoce el número de flores requeridas para lograr una producción adecuada. Sin embargo, se han obtenido producciones sobre 5.600 kg/ha en huertos grandes cuando se han acumulado sólo 600 a 650 h. Sin embargo, en el pasado han encontrado una relación entre el frío acumulado y si los árboles están en su año de producción alta (on) o baja (off), o sea, con la producción alternada.

Así, una falta de frío en invierno en un año de producción baja, puede significar una producción muy inferior a la que se esperaría en ese año sin problemas de frío. Bajas acumulaciones de frío pueden también dejar árboles que están en su 6-7° ciclo, en los cuales normalmente se esperaría comenzaran o continuaran con producciones económicas, totalmente vegetativos y sin producción (Kallsen, 2006).

En Canoga Park, California, y Sacaton, Arizona, el árbol crece bien, pero produce fruta sólo uno o dos años de cada cinco en promedio, debido también a una falta de frío invernal en los años improductivos. La zona de Bakersfield es considerada el límite de la producción de pistachos en California, debido igualmente a la falta de frío invernal. Los datos entregados para las

localidades de Kerman y Teherán, en Irán, son de interés por ser ambas zonas importantes de producción de pistachos (Joley, 1969).

Inviernos con baja acumulación de frío, respecto a las necesidades propias de cada cultivar, producen un crecimiento y producción insatisfactoria. Los síntomas de falta de frío descritos en California para los cvs 'Kerman' y 'Peters', aunque el receso invernal haya sido parcialmente quebrado, han sido sobre una brotación y floración irregular y prolongada, que puede ser más atrasada al igual que la madurez del fruto (especialmente en los cultivares más tardíos). Presentándose caída de yemas, las yemas terminales abren primero, son más vigorosas y contienen la mayoría de las flores. La producción de polen por las inflorescencias en posición proximal de los brotes del cv. 'Peters', que abren más tarde, es escaso y las yemas basales del cv. 'Kerman', aun cuando estén polinizadas, no cuajan. Las hojas se deforman presentando sólo tres o una hojuela en lugar de cinco. El hábito de fructificación que es normalmente lateral en ramilla de un año, se modifica a terminal desarrollándose sobre el brote de la temporada.

Ocasionalmente, se producen flores solitarias en las axilas de las hojas donde normalmente se desarrollan inflorescencias y se aumenta el porcentaje de nueces vanas, pudiendo alcanzar un 40% del total (Crane y Takeda, 1977). Otros problemas ocasionados por la falta de frío son inestable y bajo porcentaje de yemas brotadas, y muerte prematura de estigmas (Ak, 2005).

En el norte chico de nuestro país la falta de frío invernal registrado en muchos años ha sido un factor limitante. Así, la acumulación de horas de frío bajo 7°C entre los años 1996-2002 ha fluctuado entre 1.554 a 224 horas en el valle del Choapa, en las localidades de Las Cañas, La Colonia y Llimpo. En Las Cañas y Llimpo, de los 7 años observados, sólo en dos hubo más de 900 horas de frío, y en La Colonia, sólo en uno (Ibacache, 2005). Las variedades empleadas son 'Kerman', 'Sirora', 'Larnaca' y 'Aegina', y los polinizantes 'Peters' y 'Askar'.

En la zona Central de Chile, el año 2006 hubo poca acumulación de frío, lo cual se manifestó negativamente en varias especies frutales, y el pistachero no fue la excepción. Así, en Codegua (VI Región), las 800-850 h bajo 7,2°C estimadas como necesarias para romper el receso en California se produjeron recién entre el 2 y el 14 de Septiembre (Gráfico 10).

En Curacaví, donde la acumulación de frío fue inferior a la de Codegua (Tabla 7), la salida del receso fue bastante irregular (Foto 19).

TABLA 7. Acumulación de frío y calor para las localidades de Codegua y Curacaví, 2006*

	Codegua		Curacaví	
	U. de Richardson	h< 7,2°C	U. de Richardson	h< 7,2°C
3 al 31 de Julio	303	23	95	100
14 al 31 de Agosto	249	45	42	41
Total	398	123	291	86
1 – Sept al 12 - Dic	°D > 4,4°C	°D > 10°C	°D > 4,4°C	°D > 10°C
	1.125	600	1.231	682

* Los datos tomados en Curacaví fueron interrumpidos por causas ajenas a la investigación y para fines de comparación, se consideraron los mismos períodos para Codegua.

GRÁFICO 10. Acumulación de frío, acumulación térmica* y estados fenológicos de pistachero cv. 'Kerman', temporada 2006-07 (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

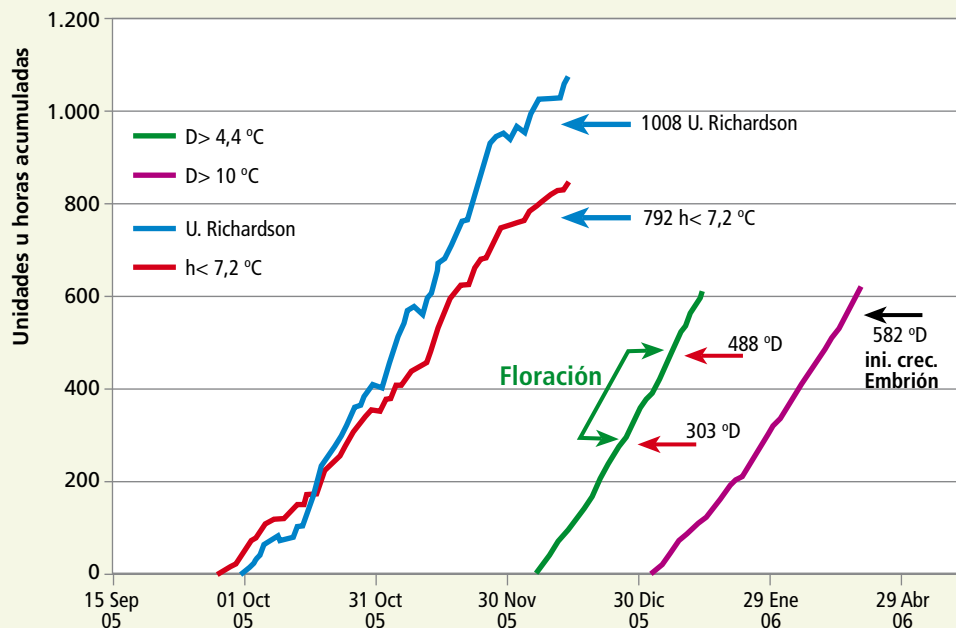


Foto 19. Pistachero 'Kerman' mostrando síntoma de falta de frío invernal. Brotado en su parte inferior y aún sin brotar en la parte superior. Curacaví 26-Sept-2006

Estas no fueron las únicas respuestas a la menor acumulación de frío en Curacaví. En esta localidad se notó no sólo un atraso en la floración, sino que se determinó al 3 de enero del 2007, que quedó una cantidad de yemas florales sin brotar, lo cual fue inesperadamente mucho mayor y variable en 'Peters' (62-77%) que en 'Kerman' (10% aproximadamente). Estas yemas no estaban muertas sino quedaron latentes, algunas de las cuales estaban abriendo a esa fecha, en 'Kerman' (Foto 20) pero no en 'Peters' (Fotos 21 y 22).



Foto 20. Inflorescencias abiertas en pistachero cv. 'Kerman', en Curacaví al 3-Ene-2007



Foto 21. Yemas florales cerradas en pistachero cv. 'Peters', parte superior del árbol, huerto de Curacaví al 3-Ene-2007



Foto 22. Yemas florales cerradas, en pistachero cv. 'Peters', se muestra una yema cortada longitudinalmente para indicar que están vivas. Se aprecia sólo dos yemas florales semiabiertas en la zona basal del brote. Huerto de Curacaví al 3-Ene-2007

Para estudiar el porcentaje de brotación que se manifestó a medida que se fueron acumulando horas bajo $7,2^{\circ}\text{C}$, se colectaron ramillas del huerto ubicado en Codegua, a diferentes niveles de horas acumuladas, y se trasladaron al laboratorio en cámaras de crecimiento con temperatura controlada ($12 - 22^{\circ}\text{C}$). En la última fecha de colección (1-Sep-2006), cuando se cumplían 792 h $<7,2^{\circ}\text{C}$, se logró un 40% de yemas brotadas en 'Kerman' y un 50% en 'Peters' (Foto 23).



Foto 23. Estado de las yemas florales de brotes del cv. 'Peters' (superiores) y 'Kerman' (inferiores) al 20 de Septiembre. Los brotes fueron colectados el 1-Sep-2006 y sometidos a brotación forzada en laboratorio.

Esta fue la única fecha que mostró una buena brotación de las yemas florales en ambos cvs., al ser sometidas por un tiempo a temperaturas de brotación.

No obstante el requerimiento de frío estimado en California para el cv. 'Kerman', existen regiones en los cuales los inviernos son más cálidos que en California o Teherán, como en Israel o Grecia, en los cuales se cultiva también el Pistachero. En estas áreas de cultivo se utilizan variedades con necesidades menores de frío invernal y/o se aplican productos químicos.

Por ejemplo en Rodas, Grecia, donde sólo hay 144 h de temperaturas bajo 7°C (desde 1° de mayo a 31 de septiembre en Chile), y los árboles femeninos florecen normalmente un mes más tarde que los masculinos, se ha logrado adelantar la floración de los árboles femeninos en tres semanas mediante aplicaciones de 7% de aceite mineral más 0,2% de Dinitro ortocresol (DNOC), y con esto se aumentó en algo más del doble la cuaja (Procopiou, 1973).

En otros ensayos se ha observado que aplicaciones de DNOC sobre árboles femeninos expuestos a temperaturas inferiores a 10°C por 1.000-1.100 h de otoño adelantan la floración en una a dos semanas y se acorta su duración. Sin embargo, tratamientos realizados después de 1.500 h bajo 10°C retardan la floración (Pontikis, 1975).

Los vientos fuertes y secos, nieblas frías o lluvias durante la floración, interfieren con la polinización al producirse desecamiento de los estigmas, retardo en la liberación del polen o lavado de los estigmas respectivamente, reduciendo de esta manera la cuaja de los frutos. Los vientos fuertes son perjudiciales también para la formación de la estructura de los árboles.

Las lluvias y una alta humedad durante la temporada de crecimiento promueven las enfermedades fungosas que más tarde invernarán tanto en las plantas femeninas como masculinas, y re-inocularán al árbol en la temporada siguiente. Si las lluvias se presentan a fines de verano o poco antes de la cosecha, perjudican la calidad de la nuez.

Respecto a la resistencia del pistachero a las bajas temperaturas, aun cuando puede soportar inviernos rigurosos (por ejemplo, en Arizona ha soportado temperaturas de 14°C sin daños), tolera mal las heladas de primavera. Temperaturas de -5°C pueden provocar la muerte de yemas hinchadas en árboles masculinos (Ablaev, 1973). En Chico, California, se observó que temperaturas de -2,2 a -0,5°C durante la floración dañaron de leve a moderadamente las flores.

Las temperaturas de verano en zonas donde están localizados los mejores huertos en Irán, alcanzan los 37,5°C, y también prospera en lugares donde la temperatura ha llegado a los 42,2°C.

Los datos de temperaturas medias mensuales en diversas localidades donde se cultiva el pistachero y se ha observado su comportamiento (Tabla 8), pueden contribuir para estimar la factibilidad de plantarlo en lugares en los cuales no hay experiencia (Joley, 1969).

TABLA 8. Temperaturas medias mensuales registradas en diversas localidades en California, Arizona e Irán (Joley, 1969).

Localidad	Altitud. Hem norte (m).	Ene Jul.	Feb. Ago.	Mar. Sep.	Abr. Oct.	May. Nov.	Jun. Dic.	Jul. Ene.	Ago. Feb.	Sep. Mar.	Oct. Abr.	Nov. May.	Dic. Jun.
California													
Chico*	63	7.1	9.2	11.7	14.9	18.8	22.7	25.9	24.7	22.5	17.2	11.4	7.7
Indio	3	12.6	14.5	18.1	22.4	26.2	30.2	33.4	32.6	30.1	24.2	17.2	13.2
Canoga Park	241	11.1	12.2	12.7	13.8	16.5	19.4	24.1	23.8	21.1	21.1	12.8	12.1
Barstow**	653	6.7	8.5	11.1	15.4	19.7	24.7	29.6	28.8	23.8	21.9	9.7	9.7
Bakersfield**	150	8.6	11.1	13.8	17.2	21.3	25.1	29.1	28.7	24.7	19.3	13.3	9.3
Paso Robles	213	7.3	8.6	9.5	12.6	14.7	19.0	22.4	21.9	18.3	18.4	10.3	10.4
Redding**	176	7.6	9.7	12.2	15.8	19.6	23.9	28.2	26.9	24.2	18.6	12.7	8.4
Arizona													
Sacaton	392	9.4	11.7	14.9	19.4	23.8	28.7	31.9	30.7	28.1	21.5	14.1	10.4
Irán													
Teherán	1.220	0.9	5.7	8.9	16.3	21.8	26.7	29.4	28.4	25.2	18.8	10.6	5.5
Kerman	1.859	6.7			16.3			27.4			17.4		

* Áreas donde el pistachero produce satisfactoriamente
** Áreas donde el pistachero probablemente produce satisfactoriamente

Suelo

El pistachero tolera un amplio rango de tipos de suelo. Puede adaptarse a suelos superficiales, pobres, de grava, e incluso rocosos de áreas desérticas, como asimismo tolera mejor que otras especies frutales suelos alcalinos y salinos. Sin embargo, bajo estas condiciones su vigor y rendimiento quedan limitados. Los mejores suelos para obtener producciones comerciales deben ser profundos, fértiles, bien drenados, franco arenosos con elevado contenido de caliza (25-30%) y cálidos.

Los suelos pesados, arcillosos, húmedos o poco permeables les son desfavorables (no tolera suelos en condiciones de saturación). El pH del suelo en el lugar de origen de la especie es de 8 a 9, sin embargo, en California prospera normalmente en suelos con pH 6,8 - 7.

Aunque es tolerante a la sequía tanto como el olivo, para que produzca comercialmente se requiere de una adecuada humedad del suelo, particularmente a fines de invierno, primavera y comienzos de verano. Las estomas de sus hojas son algo menos sensibles a condiciones de desecamiento que los de muchos otros árboles.

En el valle de Sacramento, California, donde las lluvias invernales alcanzan los 400-500 mm, pero donde existe un verano seco, las hojas del pistachero se ponen cloróticas en agosto (febrero en la zona central de Chile), antes de que madure la fruta.

El riego de los pistacheros, cuánto y cuándo aplicar, y el método de aplicación, tienen importantes implicancias sobre la producción. Por ejemplo, impactan significativamente en el desarrollo de las plantas jóvenes, sobre el desarrollo de los hongos del suelo y de la parte aérea, y en la producción y calidad de la fruta (Ferguson et al., 2005a).

IV. Multiplicación

El método más corriente en todos los países es por semilla e injerto. También se utilizan los retoños de raíz y los acodos. La propagación por estacas ha sido hasta ahora infructuosa, salvo en forma experimental.

Obtención y preparación del portainjerto

La multiplicación por semillas es delicada, los requerimientos para germinar varían poco entre los diferentes portainjertos. Las semillas son pequeñas y deben elegirse pistachos gruesos, llenos, con la cáscara cerrada, intactos y recientemente cosechados. La semilla pierde la capacidad germinativa rápidamente. Luego de recolectarse, el pelón se separa frotando los frutos sobre mallas, en caso contrario, actúa como inhibidor de la germinación y aumenta la infestación por insectos. Luego se estratifican a 2-4°C por uno a tres meses, para inducirlos a germinar corrientemente en agosto, sumergiéndolos en agua en circulación por 2-48 horas a temperatura ambiente. Algunos viveristas sumergen las semillas en ácido muriático (HCl), 3-5% seguido de un lavado muy prolijo (Holtz et al., 2005a).

Para el caso de *P. atlántica* y *P. terebinthus*, la escarificación de la semilla con ácido sulfúrico concentrado por 1,5 h seguido de inmersión en agua corriente por 24 h aumenta la germinación de un 26 a un 46%, y de un 0 a un 53% a las dos semanas respectivamente. La escarificación con abrasivos es inefectiva (Crane y Forde, 1974).

Después de la estratificación ácida y del lavado, las semillas se sumergen otras 1-2 horas antes de sembrar. La siembra se hace colocando las semillas en una sola capa al centro de tela de algodón blanco humedecida. El resto de la tela se dobla sobre las semillas y se enrolla. A menudo se coloca otra toalla húmeda sobre el rollo, y se mantiene la humedad de las semillas asperjando con agua destilada.

Las semillas se incuban a 21-27°C por 3-6 días, examinándolas diariamente, a veces dos veces, y se van removiendo con pinzas estériles las semillas que han germinado y con su radícula emergida (Holtz et al., 2005a).

En *P. khinjuk*, un tratamiento por 24 h en 150 ppm de ácido giberélico aumenta el porcentaje de germinación de 18 a 76-96% y acelera, además, la tasa de germinación (Dahab et al., 1975).

La semilla debe sembrarse con la punta dirigida hacia abajo, normalmente en potes de turba, como Jiffy 7 ó 757s (Foto 24) sobre una superficie limpia o estéril, o directamente en conos de plástico en invernadero sobre suelo fumigado superficialmente a una temperatura entre 21 y 32°C. Algunos viveristas desinfectan las semillas con bajas concentraciones de blanqueadores (cloro al 3%) en agua. Debe mantenerse la humedad, pero no regarse en exceso para no favorecer la caída de almácigos, como así controlar posibles ataques de trips, los cuales atacan las plantas en forma bastante activa en las zonas cercanas al ápice.

Para el transplante las plántulas deben tener 7,5-10 cm de altura a comienzos de octubre, momento en el cual se puede realizar el transplante a bolsas y colocarlas a pleno sol en el exterior. Las plántulas transplantadas desde bandejas pueden sufrir un decaimiento, pero, eventualmente, desarrollan un sistema radicular más fibroso si las raíces quebradas o dañadas se podan, así las raíces restantes se ramifican uniformemente.

Las plántulas transplantadas desde los potes de turba, en cambio, no sufren al transplante, pero debe cuidarse de no quebrar el borde del pote, debido a que una distribución poco uniforme del agua puede demorar el desarrollo de las raíces en el suelo circundante (Holtz *et al.*, 2005a).

El sustrato empleado en los envases puede ser variable. Usualmente contiene suelo, humus, perlita y turba en variadas concentraciones mejoradas con arena para mejorar el drenaje y estructura. A lo anterior se puede agregar alguna fuente de micorrizas para mejorar la absorción, principalmente de nitrógeno y fósforo.

Después del transplante, las plántulas se riegan y fertilizan regularmente y son continuamente deshijueladas para mantener en crecimiento sus yemas terminales. Los portainjertos son amarrados a estacas de bambú de 90 cm cuando sobrepasan los 25-40 cm de altura.

El tipo de envase típico, empleado en California, es de 15 cm de diámetro y 35-40 cm de profundidad. Algunos envases son hechos de fibra de papel y pueden ser empleados y plantados directamente en el huerto. También se utilizan envases de plástico que son más durables, y reducen la evaporación por el mismo envase, y dan más protección a las portainjertos durante el transporte y manipuleo, pero deben ser removidos al plantar. Los portainjertos de pistachero son sumamente susceptibles a los daños, y deben ser manipulados con mucho cuidado (Holtz *et al.*, 2005a).

Durante el trasplante a raíz desnuda se pierde parte considerable de las plantas, debido a que las raíces son muy fácilmente dañadas por la exposición al aire por más de unos pocos minutos debido a la deshidratación. Para evitar esta pérdida se ha recomendado en caso de sembrar la semilla en potes (pellets) de turba (Jiffy-7), luego de 3 a 4 semanas de mantenerlos en invernaderos (septiembre), frotar las raíces que han sobresalido del pote para cortar las puntas y estimular la ramificación lateral antes de colocarlas en las bolsas o maceteros de fibra comprimida. (Foto 25).

El transplante en el huerto se puede realizar con plantas injertadas o no. Un cuidado apropiado que se dé a las plantas al transplantarlas es más importante para la sobrevivencia de ellas,



Foto 24. Plántulas de portainjerto de pistachero creciendo en potes de turba (Jiffy-7)



Foto 25. Pistacheros de un año en maceteros de fibra prensada en un vivero de California

que el tipo de envase que las contenga. Los árboles deben ser bien regados inmediatamente después del trasplante, y la humedad del suelo debería extenderse hasta unos 90 cm de profundidad. Un segundo riego debería efectuarse dentro de dos semanas, seguidos por fertilizaciones regulares y un programa de riego. Los patrones se estacan para asegurar un crecimiento derecho y vertical para injertarlos y protegerlos de los vientos fuertes.

Para reducir el costo de las plantas, a veces se plantan portainjertos de cuatro meses directamente en el huerto. Estas plántulas se plantan después de germinadas directamente en conos de plástico de 5 x 25 cm, a 6 mm de profundidad, y se riegan diariamente a mano con un aspersor manual de gota fina.

Los conos se colocan en bandejas fruteras de plástico y se llevan a invernadero donde se mantienen con una temperatura basal de 20-28 °C. Cuando tengan unos 15-25 cm de altura, es el momento de plantarlos en el huerto (septiembre-octubre), previo corte del cono de tal manera que el portainjerto se deslice fácilmente en un hoyo hecho con una palita plantadora de 5 cm de diámetro.

Al plantar las semillas directamente en el cono, se permite inocular tempranamente el sustrato con micorrizas. El portainjerto UCB I se presta mejor para este tipo de plantación temprana debido a su mayor vigor (Holtz et al., 2005a).

Para proteger las plantas del viento, conejos o liebres, quemaduras por sol, y herbicidas, se pueden emplear tubos de plástico blanco con buena ventilación, amarrados al tutor. Estos tubos deben poder abrirse a lo largo para poder retirarlos durante la injertación y reponerlos posteriormente, y deben enterrarse al menos 1-2 cm para evitar crear un efecto chimenea, que podría sobrecalentar la planta. La injertación debiera realizarse en diciembre, cuando la planta alcance 50-66 cm. Puede ser necesario pellizcar algunos portainjertos que están sobre 66 cm, para acrecentar el grosor en orden de aumentar el prendimiento (Holtz et al., 2005a).

Injertación

El injerto se puede hacer de parche (escudete o de astilla), o de púa. El primero es lo más corriente (Giyazov, 1976). El injerto de parche se hace en la práctica en cualquier época en la cual la corteza esté suelta, pero el prendimiento es mayor cuando se hace en febrero de ojo dormido (Olekhmovich, et al., 1975).

En California se recomienda efectuarlo desde fines de noviembre a inicios de febrero, cuando las yemas de los brotes están maduras y latentes, pero la corteza del portainjerto está activa y se separa fácilmente de la madera (el portainjerto tiene sus hojas rojas en este estado). El injerto preferido es de escudete, pero también se hace de astilla o bien de parche cuadrado.

Si el injerto no prende, se puede volver a injertar en febrero-marzo. Algunos patrones se injertan en el vivero y se venden para replantes 20-26 meses después. Cuando el portainjerto es *P. atlantica*, el injerto se realiza durante la segunda estación de crecimiento o muy tarde en la primera estación, debido a su menor crecimiento que UCB I. A veces los patrones producen exceso de savia (llanto), que puede ser un problema cuando se injertan a comienzos de verano. Más tarde, también se puede injertar de púa con hendidura, aunque esto es poco usual. (Holtz et al., 2005a).

Una humedad amplia pero no excesiva antes, durante y después de la injertación, aumenta el prendimiento. La presencia o no de madera en el parche no altera los resultados. Es preferible usar escudetes largos (4 cm), lo cual favorece el prendimiento. El injerto con parche cuadrado tiene buen éxito si se realiza después del mes de octubre, pues el exceso de flujo de savia que ocurre antes de esa época disminuye el prendimiento. Al hacer injerto de ojo vivo en la primavera el prendimiento es mayor en días con temperaturas altas, en cambio, cuando los días están nublados, lluviosos o fríos, éste disminuye.

Para el éxito de la injertación, sea de parche o de púa, es indispensable que el portainjerto esté sano, tenga el tamaño correcto para el tipo de injerto a emplear y que el diámetro del patrón y de la púa sean similares. Generalmente, árboles entre 0,7-1,5 cm de diámetro son adecuados para los injertos de parche, astilla o de silla (similar al de hendidura, pero invertido y de diámetros iguales). Para los injertos de parche es preferible plantas con diámetro de 1- 2 cm, y hasta más de 2 cm para los de hendidura, siempre que las zonas cambiales del patrón y de la púa queden en contacto.

Para lograr una injertación exitosa es esencial hacer una selección cuidadosa del material de donde se obtendrán las yemas a injertar. Generalmente, lo mejor es elegir madera obtenida de chupones semi-endurecidos o de brotes vegetativos. Brotes de buen crecimiento de la temporada, mayores a 50 cm de largo, obtienen más yemas vegetativas. En general, la mejor fuente de material para injertar proviene de árboles menores de seis años (Holtz et al., 2005a).

En Chile hay todavía serios problemas para injertar esta especie. Se han ensayado todo tipo de injertos (de yema, de astilla, de púa, de púa terminal, entre otros), y en varias épocas diferentes. Sin embargo, el problema aparentemente no radica en esto, pues con todos se han obtenido buenos resultados individuales y temporales, pero los porcentajes de prendimiento son muy variables y muy bajos en la mayoría de las veces.

El problema parece centrarse más bien en la elección del material, tanto en la calidad del material a injertar como en los portainjertos. Por ejemplo, con injerto de púa terminal (Foto 26), prendieron casi todos los injertos en los cuales tanto la púa como el patrón tenían el mismo diámetro, no así en los de diferente diámetro. Sin embargo, algunos crecieron unos pocos días y luego murieron, algunos por problemas de verticilosis o de pudrición del cuello del portainjerto.

Portainjertos

Se han usado varias especies de Pistacia y algunos híbridos propagados por semilla o de retoños de raíz como portainjerto de *P. vera*. Los más utilizados son los siguientes:

P. vera: es de crecimiento rápido en vivero y es preferido sobre los otros en Persia, Caucasia, Afganistán y Asia Central. Es muy susceptible a los nemátodos que producen nódulos radiculares. Presenta buena compatibilidad y produce mayor uniformidad de los árboles en el huerto, pero confiere baja precocidad en la producción. Prefiere suelos bien aireados, profundos, alto contenido en caliza o calcio y es resistente a la sequía y salinidad. Pero debido a su falta de resistencia a los nemátodos y a *Phytophthora*, en California se ha preferido emplear *P. atlantica* y *P. terebinthus* en un comienzo y luego a *P. integerrima* y sus híbridos.



Foto 26. Injerto de púa terminal en empalme con lengüeta realizado el 17 de Septiembre del 2006. Estado de crecimiento al 21 de Octubre

P. atlántica: es un árbol rústico, muy vigoroso, pero menos que *P. integerrima*, apto para terrenos secos. En vivero crece menos que *P. vera*, pero posteriormente confiere el mismo o aún más vigor a la variedad injertada. Es más resistente a los nemátodos y hongos del suelo, pero es sensible a *Verticillium*. Es el menos sensible a terrenos húmedos y otorga más precocidad, pero poco menos que *P. integerrima* y productividad que *P. vera* y es fácil de injertar. Es más resistente a las bajas temperaturas que *P. integerrima* pero menos que *P. terebinthus*. Es más eficiente en la absorción de cinc que *P. integerrima*. Deben utilizarse sólo las plantas más vigorosas (60-75% del total del vivero). Sus plantas son más heterogéneas que *P. vera*, y tiene pocos problemas de incompatibilidad. Su fruta en Chile madura en marzo - abril, las hojas son pinadas impares con 7-11 hojuelas alternadas, lanceoladas, obtusas, glabras y sésiles, con pecíolos angostos y alados. El duramen de su madera es café semejante al nogal. Es utilizado en Marruecos, y fue el mejor calificado en California e Israel (Crane y Forde, 1976; Spiegel-Roy et al., 1972).

P. terebinthus (terebinto o cornicabra): árbol muy rústico aunque de menor vigor que *P. vera* en vivero, útil para terrenos mediocres de textura liviana a arcilla pesada, poco profundos y áridos. Resistente al frío, hasta -9,4°C sin sufrir daños. Es más resistente a los nemátodos y hongos del suelo, entre ellos a *Armillaria* (afecta las raíces) que *P. vera*, pero es muy susceptible a *Verticillium*. Es más difícil de injertar que *P. atlántica* y *P. integerrima*. Es el más eficiente en absorber el cinc y cobre. Produce plantas más desuniformes que los otros portainjertos caracterizados. Se recomienda emplear sólo las plantas más vigorosas, al igual que *P. atlántica*, y provenientes de semillas de árboles conocidos por su vigor y compatibilidad con la variedad. Hojas con 9-13 hojuelas mucronatas de pecíolo suavemente alado, flores pequeñas en panículas axilares, estambres de tinte púrpura, estigmas rojos, fruto pequeño y arrugado que madura de marzo a abril. Es utilizado como portainjerto en África del Norte, Italia, Siria y California.

P. integerrima (PG I): tolerante a *Verticillium*, razón por la cual ha sido el portainjerto más empleado en California. Es vigoroso, se injerta fácilmente y produce plantas uniformes. Es de los menos tolerantes a las bajas temperaturas, y puede ser dañado por heladas de invierno y de primavera, particularmente cuando el árbol es joven. En ensayos realizados hasta el 2002 ha demostrado tasas de crecimiento y precocidad superiores a *P. atlántica* y 19,1% menores que a los nuevos híbridos UCB I e igual o levemente menor al otro híbrido interespecífico (PG II). Es menos eficiente que *P. atlántica* en la absorción de boro, cinc y cobre (Ferguson et al., 2005b).

Híbridos; UCB I es un híbrido obtenido en California, por polinización cerrada con polen de un solo árbol de *P. integerrima* que se introdujo en un invernadero cerrado que tenía varios árboles de *P. atlántica*. En cambio, Pioneer Gold (PG II) fue obtenido por polinización abierta de los mismos padres, pero empleando polen de varios árboles de *P. integerrima* sobre varios árboles de *P. atlántica* como madre. Por proceder la descendencia en ambos casos de semilla de varias plantas, produce plantas desuniformes. Respecto a la resistencia a verticilosis, *P. integerrima* es el más tolerante, UCB I es moderadamente tolerante y PG II es moderadamente susceptible. En cuanto a la productividad, UCB I es el que ha mostrado mayor producción debido a que genera un mayor número de racimos por planta, y no a un mayor número de frutos por racimo.

P. khinjuk: es un árbol poco vigoroso, arbustivo, empleado en Irán y Siria y se han seleccionado algunos híbridos interespecíficos.

Cultivares de plantas femeninas (productoras de frutos)

Las variedades se clasifican en muchos casos en el comercio con el nombre de la localidad donde se cultivan u originaron, como ser Irania, Afgana, Siciliana, Siria, Turca, entre otras.

Variedades de Irán: estos pistachos son considerados como secos y tienen una almendra de color amarillo suave. Los tamaños más grandes son algo débiles en el sabor en comparación con las sicilianas y turcas, las cuales son preferidas por su mejor sabor y el color verde más uniforme que las hace más apetecidas en la industria del helado y pastelería.

- 'Momtaz': produce grandes racimos de nueces de cáscara clara.
- 'Ohadi': más pequeña que la anterior, pero de buena calidad, requiere 1.050 h bajo 7°C y 900 unidades de frío (Utah) para salir del receso.
- 'Agah': combina la buena calidad de las dos anteriores.
- Kaleghouchi: de fruto grande y mejor presentación que las anteriores y de buena producción. Ha despertado algún interés en California debido a su mejor tamaño y porcentaje de partidura que 'Kerman'. Florece 10 a 14 días antes que 'Kerman', y su fruto madura casi al mismo tiempo. Sin embargo, produce un crecimiento vegetativo excesivo en los árboles maduros en las condiciones de manejo de California, con una tendencia a producir brotes largos, latigudos y colgantes que dificultan la cosecha mecánica y requieren considerable más poda para mantener la estructura (Parfitt et al., 2005).
- Otras son 'Aria', 'Ghermeza', 'Tbeahimi' y 'Wahidi'. Según Firuzeh y Ludders (1972), las mejores variedades de las antiguas, serían Amini, Khanajari, Fandoghi y Shasti.

Variedades turcas: casi la mitad de la producción cosechada en algunas áreas consiste en los cultivares:

- Uzun: nueces largas (24-26 mm) y llenas, en algunos el ancho es la mitad del largo, requiere sólo 500 h bajo 7°C y 550 unidades de frío para salir del receso.
- Kirmizi: nueces con pelón rojo, cáscara delgada y partida, almendra verde y de tamaño medio.
- Otras son la Konchka, Palengoval, Sambar, Red Aleppo.

Variedades sirias:

- Alemi, Achoury, El Bataury, Mirhavy, Obiad, Ayimi, Aintab, que también se plantan en Turquía, y Red Aleppo que es más común en Siria.

Variedades chipriotas: 'Lamarka' es la variedad principal y Kery.

Variedades de Túnez:

- 'Sfax': árbol pequeño, produce racimos densos de frutos de buena calidad, tamaño mediano a pequeño, alto porcentaje de cáscara partida y fructifica principalmente en ramilla de un año, muy precoz (3-4° año), brotación y floración temprana, bajo requerimiento de frío invernal (Spiegel-Roy et al, 1972).
- Otras son 'Mateur' que es más nueva y pareciera ser la mejor y 'El Guettar'.

Variedades de Grecia:

- 'Aegina', que es muy susceptible a *Botryosphaeria dothidae*, quizás por florecer muy temprano.
- 'Pontikis', es más reciente y produce frutos moderadamente grandes, la semilla pesa un 55% del fruto, son oblongo-ovales y se parte (90-98%) mucho mejor que 'Aegina' y al igual que la anterior, sus producciones son similares y presentan sólo 5-10 % de frutos vanos (Parfitt et al., 2005).

Variedades italianas:

- 'Napolitana' (en Catania) es la variedad principal, árbol de mucho volumen, productivo. La drupa es alargada de color rojo vinoso que pasa al blanco crema cuando está próximo a madurar. El fruto madura entre fines de febrero y mediados de marzo y tiene buena dehiscencia del mesendocarpio, aunque en ciertas temporadas es pobre, la semilla es de forma cilíndrica y color violáceo por fuera y verde en el interior, tiene baja proporción de frutos vanos. El tamaño es considerablemente menor a 'Kerman', y su calidad bajo las condiciones de California es pobre y algunos años presenta problemas de enfermedades y pestes.
- 'Femminella': (se cultiva en Belpasso y Agrigento), árbol menos vigoroso que el anterior, de frutos unidos en grupos, grandes, elípticos, amarillo cremoso a la madurez, madura junto con la 'Napolitana'.
- 'Agostara': (en Belpasso), frutos y semillas parecidos a los de 'Femminella', mesendocarpio de forma elíptica, redondo en la parte apical, madura en la segunda quincena de febrero.
- Otros cultivares son: 'Girasola', 'Notarolo', 'Cappuccia', 'Nuciddera', 'Silvana', 'Nzolia', 'Muscatidduna', 'Muscatedda', 'Natarola', 'Janea extra Gialla', 'Sanguirannara', 'Eirasola rusata', 'Girasola Cappuccia', 'Bianca Giardino', 'Bianca Regina' y 'Rappa di Se'.

Variedades en Australia: 'Sirora', que se desarrolló en este país, pero no se ha plantado mucho, debido a que la industria se ha desarrollado poco.

Variedades cultivadas en Israel: (Spiegel-Roy et al, 1972):

- Nazareth 4: florece a fines de septiembre y comienzos de octubre, fruto relativamente grande (1,2 g), productivo, de excelente calidad y presentación, 68% de frutos son dehiscentes, entre 1-7% de los frutos son vanos, y el porcentaje de almendra es de 47-50%.
- Larnaca: florece una semana más tarde que la anterior, árbol de buen crecimiento y vigor, productivo, fruto relativamente grande (1 g) y de buena presentación, el porcentaje de almendra es de 52-55%, presenta un 74% de frutos dehiscentes, y un 0-2% de frutos vanos.
- Chipre D: florece junto con Larnaca, árbol de buen desarrollo y fertilidad, fruto más pequeño que los anteriores, con buena dehiscencia (72%) y un 2-10% de frutos vanos.
- Sfax: descrita anteriormente.
- Más recientemente, se está plantando 'Kastel' y 'Rashti'. Ambas son parecidas a 'Kerman', salvo 'Rashti', que es de maduración más tardía, lo cual puede ser una desventaja en años con mucho frío a fines de verano y otoño (Parfitt et al., 2005).

Variedades cultivadas en California (EE.UU):

- Kerman: desarrollada en California y es actualmente la más plantada. Tiene alta producción, nueces grandes, muy buena calidad, color amarillo paja claro a amarillo verdoso, madura a mediados de marzo, pero sin embargo parece tener una tendencia mayor que otros cultivares al añerismo, ya que produce un alto porcentaje de nueces vanas, cuyo grado varía año a año, 80% de nueces con dehiscencia, lo cual es aceptable pero no alto. Desarrolla áreas oscuras en el pelón y cáscara, lo cual afecta en forma adversa al desarrollo de la semilla en el sentido de que la nuez se cae prematuramente o se desarrolla anormalmente o se mancha. El fruto gusta, sin embargo, por su tamaño y por ser crujiente al mascararlo, pero es de poco sabor.
- 'Joley': cultivar seleccionado en la Universidad de California, Davis, a partir de plantas de semilla traídas de Irán. Considerado por algunos como la mejor cultivar desarrollado en California. Es de vigor moderado, florece y madura cerca de 10 días antes, y su semilla es más verde que 'Kerman', tiene forma de almendra. Pero su nuez es de menor tamaño, el porcentaje de frutos no dehiscentes puede ser alto en algunos años, y la remoción de la cáscara puede ser, a veces, difícil para el consumidor. Pareciera según algunos ensayos, no ser un cultivar comercialmente viable (Parfitt et al., 2005).
- Existen también dos cultivares nuevos, obtenidos en 2005 del programa de mejoramiento del Dr. Parfitt y colaboradores, y evaluados durante 8 años. 'Golden Hills' que florece una a dos semanas antes que 'Kerman' y madura dos a cuatro semanas antes que 'Kerman'. El tamaño y peso es similar a 'Kerman', pero el porcentaje de nueces vanas es más bajo y el porcentaje de frutos partidos un 5 % mayor. Tiene menores requerimientos de frío y por esto es más uniforme en su brotación y madurez.

- 'Lost Hills' es el otro cultivar de este programa, también florece una a dos semanas antes y el fruto madura dos a cuatro semanas antes que Kerman'. El tamaño y peso son más grandes que 'Kerman', el porcentaje de frutos partidos es 7% mayor y produce más cáscaras sueltas y semillas sueltas que 'Kerman'.

Estos dos cultivares tienen una floración más uniforme que 'Kerman' y 'Golden Hills' durante las temporadas con baja acumulación de frío, lo cual se traduce en una madurez más uniforme y más fácil para determinar el momento correcto para cosechar con un máximo de frutos partidos y un mínimo de cáscaras manchadas (Parfitt et al., 2005).

Variedades cultivadas en Chile:

- 'Kerman'
- 'Larnaca'
- 'Red Aleppo'
- 'Aegina'

Cultivares de plantas masculinas (polinizantes)

Variedades polinizantes: se ha visto incluso en diversas condiciones climáticas como en California, con suficiente frío invernal, o como en Israel, con poco frío invernal, que no es suficiente un sólo polinizante para asegurar la fecundación de todas las flores de una sola variedad femenina, puesto que la época de floración puede variar de un año a otro.

- Peters: (en California) es casi un polinizante universal, su floración coincide bastante bien con las variedades tempranas como Red Aleppo y Trabonella y con las de floración tardía como la Kerman, pues es de floración larga. Buena productora de polen con buena viabilidad y es de vigor más bien débil. En años recientes, en California, bajo condiciones de poca acumulación de frío durante el invierno, ha producido polen a fines del período receptivo de las flores de 'Kerman', resultando en una polinización pobre e irregular.
- 'Chico': (en California), buen productor de polen, florece algo más temprano que 'Peters', libera el polen previo y en la primera parte de la floración de 'Kerman'. Es un árbol vigoroso, probablemente un híbrido entre P. vera L. y P. integerrima L.
- 02-16 y 02-18: (en California), seleccionados por el United States Department of Agriculture (USDA), de floración más tardía que 'Peters', buenos productores de polen y recomendables para suplementar al cv. 'Peters' para polinizar al cv 'Kerman'. Esta selección sería interesante para probarla en Chile para 'Kerman'.
- Nazareth 1, Alumoth 29 y Chico 23: (en Israel), son de floración temprana abundante y prolongada.
- Aegina B: (en Israel), florece a media estación, coincide con la floración de Larnaca y es de duración muy prolongada.

- Eilon 502: (en Israel), floración tardía.
- Existe en este grupo una nueva selección proveniente del programa de mejoramiento del Dr. Parfitt y colaboradores liberadas en 2005: 'Randy', que florece una a tres semanas antes que 'Peters', presenta floración larga (sobre dos semanas), el polen dura más que el de 'Peters' y es más viable. Buen polinizante para variedades que florecen temprano (Parfitt et al., 2005).

V. Plantación

Planificación, diseño, sistema de regadío y plantación

Una buena planificación y diseño de un huerto de pistacheros debe asegurar un retorno económico lo más temprano posible, lograr una máxima producción y los menores costos de manejo por unidad de superficie.

Conviene preparar el suelo con labores profundas (60-80 cm) para soltarlo y mezclar capas de diferentes texturas, con lo cual se mejora la infiltración del agua y el drenaje, promueve un crecimiento más extenso del sistema radicular y promueve un almacenamiento más uniforme del agua. El subsolado al quebrar capas duras o compactadas como el pie de arado, permite el libre crecimiento de las raíces. Aportar carbonato cálcico, yeso, dolomita u otro elemento calizo si el contenido del suelo en este elemento no es suficiente, e incorporar materia orgánica si es necesaria. Estratas diferentes de suelo pueden producir acumulación de agua al reducir el movimiento del agua en profundidad y formar temporalmente capas de suelo saturadas, que crean condiciones anaeróbicas disminuyendo la respiración de las raíces y aumentando las condiciones que favorecen las enfermedades radiculares.

La evaluación previa del suelo a plantar y la modificación de sus limitantes, reducen las barreras físicas al drenaje y al desarrollo de las raíces, aumentan la uniformidad a la infiltración del agua y la capacidad de almacenaje de agua, mejoran el lixiviado de un exceso de sales, todo lo cual uniforme y aumenta el vigor de las plantas en los huertos en formación, reduciendo el tiempo en alcanzar la plena producción potencial (Fulton et al, 2005). Estos efectos resultan muy importantes en esta especie, que es lenta en alcanzar la plena producción.

Tanto los suelos arenosos como los arcillosos pueden estar sujetos a variables grados de estrés hídrico, como se ha observado en nuestro país con riego por surcos o con goteo en suelo muy arenoso, y resultar en riegos poco uniformes.

La selección del sistema de riego va a depender de la topografía del lugar, y del tipo de suelo y del costo alternativo de nivelar el suelo. En general, los riegos presurizados bien diseñados y manejados minimizan mayormente las limitaciones físicas del suelo que el riego superficial, permiten aprovechar mejor el recurso agua donde éste es una limitante, aplican el agua más uniformemente que los superficiales y permiten corregir más rápidamente deficiencias de elementos poco móviles en el suelo, como el fósforo y potasio especialmente (Rauschkolb et al., 1976; Uriu et.al., 1977; Saavedra, 2000), debido a la mayor frecuencia de los riegos y a la aplicación localizada en la zona de activo crecimiento de las raíces.

El riego por surcos, sin embargo, puede ser eficiente si el terreno presenta una buena infiltración y se puede nivelar previamente el suelo sin efectuar cortes profundos (sobre 18 cm) en las áreas altas, o nivelar en terrazas para no profundizar más los cortes y dejar una pendiente uniforme en el sentido del riego entre 1 y 5 %.

En las zonas de cortes es aconsejable corregir, aplicando fertilizantes y materia orgánica, deficiencias minerales que se presentan como falta de nitrógeno, fósforo, potasio, cinc y azufre. Todos los minerales que se encuentran comúnmente a niveles más bajos que en el suelo superficial original, debido a su menor contenido en materia orgánica. En las áreas de relleno, por su parte, es conveniente realizar labores profundas para reducir la compactación que puede producirse durante la nivelación (Fulton et al., 2005). En caso de pendientes mayores se puede regar en tazas.

Las plantaciones se diseñan en general en rectángulo regular o con las hileras desplazadas de tal manera que los árboles de cada hilera quedan en la mitad de los árboles de la hilera vecina, o en hexágono con triángulo equilátero entre los árboles (Kallsen et.al., 2005).

A pesar que no se han realizado estudios científicos diseñados para determinar la relación entre densidad de plantación y retorno económico, las actuales sugerencias propuestas en California han estado basadas en gran parte en observaciones de huertos en producción consistentes en el cultivar 'Kerman' injertado sobre portainjerto *Pistacia integerrima*. Del mismo modo que para la frecuencia del polinizante, en observaciones con 'Peters' (el cultivar masculino). Otras combinaciones injerto/portainjerto pueden tener ventajas en algunas situaciones, pero las densidades de plantación y la proporción macho/hembras pueden ser diferentes (Kallsen et al., 2005).

Cualquier huerto alcanza su máxima producción potencial cuando se ocupa totalmente el espacio destinado a cada planta, con árboles que presenten una buena distribución de la luz en toda su copa y manteniendo la mejor relación posible entre follaje y estructura. La densidad de plantación tiene relación directa con la precocidad en alcanzar tanto el primer retorno económico como la plena producción económica del huerto. Dentro de ciertos límites, mientras mayor sea la densidad de plantación mayor será su precocidad, siempre que se respeten ciertos principios de manejo para evitar entresacar plantas posteriormente o incurrir en excesos de poda u otras labores que encarezcan más adelante los costos de producción y en función del tipo de cosecha que se realice (mecánica o manual). También influye la combinación injerto/portainjerto, y las condiciones ecológicas donde se implante el huerto.

Observaciones hechas en California, en huertos bien manejados de 'Kerman'/*P.integerrima* de aproximadamente 25 años de edad, en suelos profundos y bien drenados, plantadas a 5,5 - 6,1 x 4,6 - 5,5 m, indican que un entrecruzamiento de las copas suficiente para reducir la producción no se observa sino hasta alrededor de los 15 años. En adelante, el entrecruzamiento se realiza mediante podas mecánicas y manuales sin que, en general, haya sido necesario ralear plantas. En esa situación, la distancia entre hileras no debiera ser inferior a 6 m si se emplean máquinas para la cosecha y la poda. Los huertos nuevos se están plantando a distancias entre hileras no mayores a los 6,7 m. y sobre la hilera a 4,6 - 6,1 m. Distancias menores a 4,9 m sobre la hilera, dejan poco espacio para el crecimiento de los árboles, y se requiere más poda manual,

que es muy cara en sus condiciones para separar las copas para la cosecha mecánica. Cuando ésta se realiza y las ramas se topan entre los árboles, la vibración se transmite al árbol vecino y parte de los frutos caen fuera del receptáculo de cosecha.

La Tabla 9 muestra el número de árboles por hectárea a diferentes distancias de plantación.

TABLA 9. Número de árboles por hectárea a diferentes distancias de plantación			
Metros entrehileras x sobrehilera	Árboles / hectárea	Metros entrehileras x sobrehilera	Árboles / hectárea
6,6 x 6,3	241	6,0 x 6,0	278
6,6 x 6,0	253	6,0 x 5,7	292
6,6 x 5,7	266	6,0 x 5,4	309
6,6 x 5,4	281	6,0 x 5,1	327
6,6 x 5,1	297	6,0 x 4,8	347
6,6 x 4,8	316	5,7 x 5,7	308
6,3 x 6,3	252	5,7 x 5,4	325
6,3 x 6,0	265	5,7 x 5,1	344
6,3 x 5,7	278	5,7 x 4,8	365
6,3 x 5,4	294	5,4 x 5,4	343
6,3 x 5,1	311	5,4 x 5,1	363
6,3 x 4,8	331	5,4 x 4,8	386

La proporción de polinizantes utilizados no se ha determinado y varía en diferentes países. En California se recomendaba una planta estaminada por cada 8 a 12 plantas pistiladas, eligiendo dos clones masculinos de tal manera que la plena flor de uno de ellos sea dos o tres días antes, y la del otro dos a tres días después que la del árbol femenino. Sin embargo, hoy día la mayoría de los huertos emplean un polinizante ('Peters') por cada 24 'Kerman', con lo cual parecen producir tan bien como con las proporciones anteriores.

En los lugares donde no crecen otros pistacheros o están en bajo número aumentan la proporción a 1:14. Para la distribución de los polinizantes el primer árbol lo plantan en la esquina que da contra la dirección del viento y el resto lo distribuyen uniformemente entre las hileras (por ejemplo el quinto árbol de cada quinta hilera, 1:24). A veces se plantan árboles adicionales en la primera hilera contra la dirección del viento (Kallsen et al., 2005).

En California se logra una mejor uniformidad y vigor inicial de las plantas, al ejecutar la injertación en el huerto mismo. Para esto, los portainjertos se rebajan a aproximadamente 60 cm, se riegan y se depositan en contenedores (bins) de cosecha para el transporte al huerto. Normalmente esta labor se realiza en invierno con las plantas en receso. A comienzos de primavera, si las plantas ya comienzan a brotar o tienen hojas nuevas, conviene cubrirlas para evitar su deshidratación.

Posteriormente es importante mantener la humedad en las raíces hasta el momento de la plantación. Cuando las plantas están en bolsas, para remover la bolsa se le corta el fondo (2,5

cm aproximadamente), que puede tener una masa radicular compactada, y se depositan en el hoyo de plantación, dejando la superficie del pan de tierra levemente sobre la superficie del suelo. Con esto se compensa el asentamiento de la tierra después del riego de plantación y reduce un potencial exceso de agua a nivel del cuello. El hoyo se rellena con tierra apisonándolo suavemente con el pie para no dañar las raíces. Luego se saca el tutor de bambú de la bolsa, se tapa el hoyo dejado por éste para evitar la deshidratación de las raíces del cuello, y se reemplaza por uno de mayor tamaño (1,6 m x 5 x 5 cm) que se entierra unos 45 cm y se coloca por el exterior del pan de tierra que venía en la bolsa (Beede et al., 2005a).

Después de la plantación, se aplica un herbicida (por ejemplo en base a ingrediente activo (i.a) como pendimethalina u oxyfluorfen) en una banda de 1,8 m de ancho, combinado por algún control manual alrededor de la base de los árboles (Beede et al., 2005a).

En Chile los huertos son muy desuniformes (Fotos 27, 28, 29) debido principalmente a fallas de prendimiento en los injertos, muerte o mal crecimiento posterior de plantas, debido a múltiples causas como portainjertos con cuellos de cisne o con entrecruzamiento de raíces proveniente de los viveros (Foto 30), verticilosis, pudriciones del cuello, daño por roedores (atacan tanto el cuello y tronco de la planta, como escarban alrededor del árbol para alimentarse de las raíces), falta de desinfecciones de suelo previas a la plantación o mala elección del terreno presumiblemente, deficiencias en los riegos, desconocimiento de ferirrigación en los sistemas de riego por goteo, entre otras variables. Esta desuniformidad especialmente al inicio de la formación de los huertos, cuesta mucho corregirla posteriormente, y atrasa seriamente la entrada de producciones comerciales, lo cual hace muchas veces no rentable al cultivo y produce desencanto en los fruticultores para iniciar nuevas plantaciones.

Foto 27. Vista satelital huerto Codegua. Se inició con problemas pero fueron solucionados en el tiempo.



Foto 28. Vista satelital de otro huerto aún desuniforme y con confusión en la distribución de los polinizantes.





Foto 29. Huerto de pistacheros de 4 años con plantas muy desuniformes.



Foto 30. Planta de pistachero mostrando entrecruzamiento de raíces formado en la bolsa de propagación.

VI. Manejo del huerto

Poda de formación

A continuación se describe básicamente el sistema que se lleva a cabo en California, donde las condiciones son más similares a nuestra zona central y donde se han logrado los mayores rendimientos de producción con esta especie (Beede et al., 2005a; Beede y Ferguson, 2005).

La formación del pistachero es esencial para establecer la forma deseada y para facilitar la cosecha y labores culturales. En California los pistacheros se forman en vaso abierto, dejando mucha de la madera interior para obtener las primeras producciones. Dependiendo del vigor del portainjerto, se requiere entre cinco a siete años de crecimiento previo para lograr una fructificación significativa.

Cuando la injertación se efectúa en el huerto, se puede realizar desde mediados de enero, si el portainjerto alcanzó un diámetro de un cm a la altura de injertación. Sin embargo, de acuerdo a la experiencia y condiciones de California, es preferible demorarla hasta fines de enero a comienzos de febrero, para obtener mayor vigor y uniformidad en el crecimiento del injerto. El injerto preferido es el de parche y luego de cinco a siete días después de la injertación, se remueve el 50% del crecimiento ubicado sobre el injerto y el de otras ramas y se hace una muesca en el patrón directamente sobre el injerto.

Apenas comienza el crecimiento nuevo en un número suficiente de yemas de los injertos, se suprime el crecimiento del resto del portainjerto pellizcando los terminales de los brotes, para impedir la competencia del portainjerto. Si las yemas del injerto no brotan pero parecen estar vivas, se pellizca sólo suavemente para no reducir demasiado el área foliar.

Si se estimula un crecimiento tardío en el otoño, las plantas patrón e injerto quedan más susceptibles al daño por heladas y pueden sufrir daños con temperaturas de $-2,8^{\circ}\text{C}$ por una hora o más. También los brotes tiernos que crecen tardíamente son susceptibles a ataques de *Botrytis cinerea* si se exponen a clima húmedo.

Plantas vigorosas injertadas satisfactoriamente en enero y manejadas óptimamente permiten alcanzar un crecimiento de hasta 1,8 m en la primera temporada de crecimiento. Cuando el brote del injerto alcanza 10-15 cm, se amarra el portainjerto por sobre el injerto firmemente al tutor, y luego se va amarrando el brote del injerto cada 20-25 cm de nuevo crecimiento (aproximadamente cada dos semanas, a una tasa de crecimiento de 2,5 cm /día) y se pellizcan todos los brotes del patrón para conservar la mayor cantidad de área foliar.

Cuando el brote alcanza 1,2 a 1,3 m de altura, se puede decapitar a 1,1 m para forzar las primeras ramas estructurales. Sin embargo, esto no se hace usualmente para prevenir una pérdida de hidratos de carbono muy necesarios para el invierno. Por otro lado, producen muy poca ramificación lateral.

La primera poda invernal consiste en la remoción del crecimiento del portainjerto en los que el injerto ha prendido, y en la remoción selectiva de los brotes del patrón en aquellos que no se injertaron. El brote del injerto se rebaja a 1.1 m de altura para forzar las primeras ramas estructurales (3-5) siguiendo el sistema de vaso, en el cual las ramas se separan unos 10 cm entre sí, o el de eje modificado, separando las ramas unos 30 cm unas de otras en el eje. Las ramas madres no necesariamente deben formarse todas al primer año. La ubicación de las ramas en los puntos requeridos se logra despuntando durante la primavera los brotes mal ubicados durante los primeros dos o tres años. Si se piensa realizar posteriormente cosechas mecánicas, la primera rama se elegirá a una altura que dependerá del tipo de máquina a usar.

La poda invernal fuerza un mayor número de brotes laterales que la poda hecha durante la primera temporada de crecimiento (3-5 versus 2-3). Los árboles injertados en otoño que tienen poco o ningún crecimiento se ven achupónados y se decapita el patrón 7-10 cm sobre el injerto. Los árboles no injertados se podan de acuerdo a su vigor. Los que crecieron poco se rebajan un tercio o la mitad, y los que crecieron menos de 15-20 cm puede que requieran ser replantados.

Cuando el crecimiento de las ramas es vigoroso, a veces tienden a doblarse por su propio peso durante el verano. Para evitar tener que tutorar o amarrarlas, se despuntan en noviembre o diciembre cuando tienen unos 30-36 cm a 28-33 cm, a fin de detener temporalmente el crecimiento en longitud y estimular el crecimiento radial y la ramificación. Puede ser necesario, en ocasiones, amarrar las ramas a un ángulo de 35-40° de la vertical, para evitar una posición demasiado horizontal y una copa demasiado abierta.

Una vez conseguida las primeras ramas de armazón se requiere muy poca poda adicional. Se decapitan las ramas madres donde se requiere ramificar o para balancear una con otra o con el resto del árbol, o para corregir el crecimiento lateral mal ubicado. También se eliminan los brotes que crecen cercanos al suelo para reducir el daño por herbicidas. Podas fuertes durante la formación del árbol retrasan la entrada en producción, y podas de verano excesivas durante la segunda temporada debilitan al árbol y lo predisponen a daños por frío durante el invierno.

Al segundo año, las ramas de segundo orden se ralean dejando 2.3 por cada rama estructural primaria, evitando dejarlas una frente a la otra y separándolas 8-10 cm. Luego se decapitan a 28-33 cm y se amarran si es necesario, para formar un vaso vertical. A partir del tercer año no se despuntan las ramas terciarias durante el verano, las cuales serán muy largas, pudiendo llegar al suelo en algunos casos. Pero el objetivo ahora es obtener la mayor masa foliar y diámetro de las ramas para asegurar una estructura lo suficientemente fuerte que permita más adelante la cosecha mecánica.

Se deben remover todos los chupones del patrón. En invierno, en cambio, se decapitan a 45-60 cm de largo y los brotes largos con buen grosor se cortan a la mitad y se remueven algunos brotes menores que quedan dirigidos hacia el interior del vaso de los árboles más densos. Pero no es conveniente abrir el centro del vaso entre los tres a ocho años, para no reducir la precocidad en la producción, especialmente importante en el pistacho macho 'Peters', que es menos precoz que 'Kerman', y para no forzar a los brotes exteriores a crecer excesivamente largos. Al podar suave se promueve la formación de brotes cortos que son más fructíferos que los vigorosos. A esto también puede favorecer efectuar despuntes retardados en primavera, en lugar de hacerlos en invierno.

Para observar cómo se comportaría un pistachero si se podara en una estructura piramidal, con el objeto de aprovechar mejor la luz, reducir la proporción de estructura del árbol y aumentar así la eficiencia fotosintética de las hojas y aumentar la precocidad de la producción, se transformaron algunos árboles, de huertos nuevos, originalmente podados en copa a una formación en eje central (Foto 31).

De igual modo se está buscando la manera de formar el eje central desde la implantación de un huerto (Foto 32, 33 y 34). Con este manejo se espera que tenga más desarrollo la planta injertada en el huerto.



Foto 31. Arbol de tres años, originalmente podado en copa, transformado a eje central. 19-enero-2006, San Javier-Llancahua.



Foto 32. Brotación forzada al 21-Oct-2007, suprimiendo el control apical en brote de un año, para intentar una formación en eje central del árbol, desde el comienzo de un huerto. La planta fue injertada en terreno el 17-Sep-2006.



Foto 33. Pistachero injertado en 2005 y plantado en invierno de 2006 en formación de eje. 24-Abr-2008.



Foto 34. Pistachero plantado en invierno 2006, injertado el 17-Sep-2006, en formación en eje. 24-abr-2008.

Poda de producción

Al igual que para la poda de formación se expone a continuación principalmente la experiencia obtenida en las condiciones de California (Beede et al., 2005b; Beede y Ferguson, 2005).

Cuando el árbol entra en producción, la poda es suave y consiste en ralear ramas o ramillas débiles, o las muy vigorosas, sombreadas, mal ubicadas, enfermas o muertas. Deben evitarse los cortes muy grandes debido a la lenta cicatrización de las grandes heridas.

Como el pistachero produce sus flores lateralmente en brotes del año anterior, cada año debe estimularse un crecimiento en longitud. Esto resulta en una extensión continua del árbol y la zona productiva se va alejando cada vez más del centro de la copa. La prevención de este problema mediante la poda es difícil, debido al limitado número de yemas laterales vegetativas que poseen las ramillas.

Los brotes frutales en receso de un año están representados tanto por brotes cortos preformados como por brotes largos neoformados. Los brotes cortos pueden crecer a partir de ramas estructurales de un año de gran diámetro en árboles jóvenes, donde el control apical no es tan severo. Pero a menudo se forman en el primer flujo de crecimiento (crecimiento preformado) de brotes largos, cuando esas yemas no se han diferenciado en flores durante la temporada precedente. Si un brote largo no se despunta, todas las yemas laterales son capaces de producir brotes cortos los cuales podrían desarrollar yemas florales durante la temporada siguiente.

Así, los objetivos de la poda de los árboles maduros son confinar los árboles al espacio que se les ha destinado, lo cual es muy importante en pistachero; renovar la madera frutal y distribuir la luz dentro de la copa. El efecto vigorizante de la poda también ayuda a mantener la sanidad y longevidad del árbol, y muy importante para el pistachero, puede mejorar la cosecha (mecánica) y puede ser empleada para mitigar la fuerte tendencia a la producción alternada. En California han tenido buenas experiencias realizando una poda mecánica fuerte de los brotes superiores (topping) y reduciendo el ancho de las hileras (hedging) cada cierto tiempo, seguido por una poda manual normal en los años siguientes.

Como en todos los árboles frutales, se decapitan o despuntan los brotes para vigorizar los árboles especialmente durante su formación para dirigir la ramificación lateral, y en las plantas adultas para forzar ramificación lateral en madera de tres a cinco años y reducir la longitud de los brotes anuales de la parte superior de la copa.

Este tipo de corte se distribuye en toda la copa para uniformar el nuevo crecimiento. Los brotes neoformados que resulten de esta poda requieren ser nuevamente despuntados en el invierno siguiente para acortarlos e inducir ramificación lateral en las posiciones deseadas. Muy importante en este caso es dejar siempre al menos una yema vegetativa por sobre las yemas florales que se producen en la base de estos brotes. En caso contrario, ese brote muere después de producir la fruta. También se emplea para controlar los brotes largos y aumentar la fructificación y decapitar los brotes inmediatamente sobre un flujo de crecimiento (anillo de crecimiento). Esto produce que numerosas yemas vegetativas que se forman en esta zona, produzcan brotes cortos preformados, que producirán una unidad altamente fructífera en la temporada siguiente, y previene que continúe el crecimiento terminal a menos que se re-decapite bajo la zona de brotes cortos.

Mediante la poda de raleo de brotes, se remueven brotes o ramas completas, lo cual es menos vigorizante que la poda de despunte. Este tipo de corte se hace para reducir la densidad de las ramas dentro de la copa y mejorar, de esta forma, la iluminación interior de la misma y mejorar su potencial de fructificación. También se emplea en la parte exterior de la copa para remover ramas muy horizontales –se trata de dejar las ramas con un ángulo no mayor a 45° desde la vertical para mantener el vaso cerrado– o que interfieran con el paso de la máquina cosechadora o de sus partes.

La poda mecánica se hace con máquinas compuestas de un brazo articulado implementado con sierras circulares rotatorias, que se regulan horizontalmente, empleándose para mantener la altura de los árboles o bien se pueden disponer verticalmente o con cierto ángulo para mantener el ancho de las copas. Evidentemente la máquina elimina madera en forma indiscriminada, y requiere podas manuales suplementarias en la temporada siguiente.

Cuando la poda mecánica vertical (para mantener el ancho de la hilera) es suave, no se han encontrado diferencias con la poda manual, debido a que el pistachero compensa la mayor pérdida de panículas florales con un mayor porcentaje de cuaja en las panículas restantes. Este tipo de poda no se recomienda efectuarlo, excepto en el año previo al año de baja producción, pues acentúa la producción alternada.

En los pocos huertos en producción existentes en Chile, se ha visto que la copa de los árboles se conduce demasiado cerrada y con poco raleo de ramas, con lo cual se obtienen copas demasiado densas y muy sombrías en su interior. Al cambiar a un sistema de copa más abierta (Fotos 35 y 36), a pesar de que estadísticamente no se encontraron diferencias significativas (al 95% de confianza Tabla 10) en cuanto a la interceptación de la luz (Foto 37), los valores absolutos indicarían que una mayor permeabilidad de la copa a la luz, favorecen la brotación de la parte baja e interior de la copa (Fotos 38 y 39). Todo esto entendiéndose que se trata de luz interceptada por las hojas bajo la copa a mediodía, obteniéndose un 87,9% en el testigo, contra un 78% en los árboles transformados o podados.

TABLA 10. Efecto de la poda sobre la interceptación de la luz en pistachero cv. 'Kerman' (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

Tratamiento	Repetición	% luz interceptada		Diámetro tronco (cm)
		Total	Bajo la copa	
Testigo	1	53,0	93,7	66
	2	43,2	89,5	60
	3	48,1	96,4	73
	4	36,3	72,0	47
Poda	1	32,1	72,8	55
	3	43,2	75,6	53
	4	34,4	87,2	55
Promedio test		45,2	87,9	61,5
Promedio poda		36,6	78,6	54,3
		ns	ns	ns



Foto 35. Pistachero cv. 'Kerman' antes de la poda Agosto de 2005 (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

Los bajos valores de interceptación total de la luz indican que las copas de los árboles no ocupan un área importante de la superficie del huerto, al limitarse su volumen por la poda, o al tener los árboles un desarrollo insuficiente, o al emplearse una distancia de plantación demasiado amplia.



Foto 36. El mismo árbol de la foto después de la poda Agosto de 2005 (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)



Foto 37. Midiendo la interceptación de la luz mediante una grilla de puntos en pistachero cv. 'Kerman' al 28 de Febrero de 2006 (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)



Foto 38. Pistachero 'Kerman' con poda tradicional. Ausencia de brotes en la zona basal e interior del árbol. Crecimiento al interior de la copa en la temporada siguiente de los árboles con la poda tradicional.



Foto 39. Respuesta a la poda de abertura de la copa de pistachero 'Kerman' en la temporada siguiente. Se observa una mayor brotación en la zona basal e interior de la copa

Fertilización

La nutrición de un árbol está influida por diversos factores como el tipo de suelo y textura, la humedad del suelo, el pH y la profundidad. También importan factores inherentes a planta y a su interrelación con el suelo, como la distribución de raíces, el portainjerto, la carga frutal y competencias de los frutos.

Factores ambientales como la temperatura, la salinidad y la excesiva presencia de algunos iones también pueden influir sobre la nutrición. Estos afectan la nutrición por influir la disponibilidad de los nutrimentos a la raíz, o bien la efectividad de la absorción radicular al limitar su crecimiento o su sanidad. Un mal estado hídrico del suelo afecta la nutrición del árbol, porque los elementos son disueltos en el flujo de agua hacia las raíces o bien afecta su concentración.

Para diagnosticar deficiencias nutricionales se emplean distintos análisis que se complementan unos con otros.

El análisis de suelo es limitado, y sirve sólo como una guía para determinar prácticas de fertilización, debido a la inhabilidad para predecir las relaciones entre el análisis químico del suelo y la absorción de los nutrimentos. Sin embargo, es útil para establecer el pH, el porcentaje de saturación, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la salinidad de los suelos. El pH puede ayudar en el diagnóstico por cuanto afecta la disponibilidad de los nutrimentos minerales. Un pH bajo ($<5,5$) puede resultar en deficiencias de calcio, magnesio, fósforo, o molibdeno. En cambio un pH alto ($>7,5$), puede inmovilizar al manganeso, cinc, hierro y cobre, haciéndolos no aprovechables para la planta.

El pistachero tiene mayor tolerancia a la salinidad que otros frutales de nuez, y no se han observado reducciones en la cosecha utilizando agua con una conductividad eléctrica (CE) de 8 dS/m y en suelos con una CE del extracto saturado de 9,4 dS/m (a 25°C). Por su parte, el cloro y el sodio del suelo en exceso de 50 meq/L son tolerados sin efectos negativos, y puede soportar hasta 15% de sodio intercambiable. No obstante, niveles altos de sodio intercambiable en la superficie del suelo pueden producir deterioros estructurales que pueden conducir a problemas de infiltración del agua.

Altos niveles de carbonato de calcio en el suelo pueden inducir deficiencias de hierro, manganeso o cinc, y pueden dificultar la acidificación del suelo (Beede et al., 2005b).

El análisis foliar refleja más bien las condiciones de absorción de elementos por la planta que la presencia o disponibilidad de ellos en el suelo, por lo cual es más útil para diagnosticar deficiencias y toxicidades minerales en los árboles frutales que el análisis de suelo. Sin embargo, tiene la limitación de no indicar el por qué los minerales pueden estar deficientes o en exceso.

La composición mineral de las hojas depende de muchos factores, tales como la edad y estado de desarrollo de la planta, edad y posición de la hoja, condiciones climáticas, disponibilidad de los minerales del suelo, distribución y actividad de las raíces, riego, reservas orgánicas, carga frutal, fertilización anterior, aireación del suelo, portainjerto, manejo del suelo, poda, entre otras.

La muestra para el análisis foliar debe ser estandarizada, tanto dentro del árbol como dentro del huerto, para poder hacer comparaciones válidas. El procedimiento estándar para obtenerla es muestrear un mes antes de la cosecha (desde fines de enero a fines de febrero), folíolos sub-terminales individuales (4-10 hojas/árbol) de brotes sin fruta, a una altura de 1,8 m., en unos 10 a 20 árboles por cuartel. A este respecto, en suelos poco uniformes, es más útil muestrear por tipos de suelo o estado de los árboles que por cuarteles.

Es importante considerar que hojas asperjadas con microelementos normalmente no pueden ser analizadas, pues es muy difícil removerlos de la superficie. Las muestras se guardan, como es estándar, en bolsas de papel sin exponerlos a altas temperaturas, y se envían al laboratorio dentro de las próximas 24 h.

Los niveles críticos (concentración a la cual la planta produce el 95% de su potencial máximo o al cual se presentan síntomas de deficiencia) y rangos adecuados (crecimiento óptimo) establecidos para interpretar el estado nutricional de los pistacheros están basados en un muestreo realizado entre fines de enero y fines de febrero (Tabla 11). Sin embargo, en caso de comparar árboles buenos de crecimiento normal con árboles que muestren problemas, la muestra se puede tomar en cualquier época.

TABLA 11. Rangos de concentración, en base a peso seco, de elementos minerales en las hojas del pistachero que muestran un crecimiento normal (Beede, et.al., 2005c)		
Elemento	Valores críticos	Rango de concentración sugerida
Nitrógeno (N)	1,8%	2,2 - 2,50 %
Fósforo (P)	0,14%	0,14 - 0,17 %
Potasio (K)	1,6%	1 ,8 - 2,0 %
Calcio (Ca)	1,3% (?)	1,30 - 4,0 %
Magnesio (Mg)	0,6% (?)	0,6 - 1,2 %
Sodio (Na)	(?)	(?)
Cloro (Cl)	(?)	0,10 - 0,30 %
Manganeso (Mn)	30 ppm	30 - 80 ppm
Boro (B)	90 ppm	150 - 230 ppm
Zinc (Zn)	7 ppm	10 - 15 ppm
Cobre (Cu)	4 ppm	6 - 10 ppm

ppm = partes por millón o mg/kg

Aunque estas tablas son una herramienta valiosa para señalar el estado nutricional de un huerto, los valores críticos no son absolutos, debido a que están basados más en el crecimiento y aspecto general de la planta que en la producción y en la calidad de la fruta. Así, algunos elementos como el boro durante la floración o el nitrógeno durante el llenado del fruto en el pistachero o durante la floración e inicio del crecimiento de los frutos en otras especies, pueden requerir un suplemento por períodos cortos para la optimización de la producción.

El árbol requiere, al igual que otros frutales, de una fertilización nitrogenada. Dado que la eficiencia de su absorción se produce paralelamente con el uso de agua por la planta, es necesario

fertilizar con este elemento una vez que se haya iniciado la brotación (fines de octubre-noviembre). Las necesidades de nitrógeno (N) son mayores en los años de alta producción, debido a que el llenado de la nuez consume el 90% del nitrógeno acumulado en la temporada.

Se requiere aproximadamente la mitad de la dosis cuando se riega con bajo volumen como en los riegos presurizados, en comparación con los riegos por surcos, debido a una menor pérdida por volatilización y lixiviación de este elemento. En California, se ha estimado que el requerimiento total de N en los años con carga es cercano a los 200 Kg N/ha, para lo cual se recomienda fertilizar entre 225-250 Kg N/ha, dependiendo de la carga, tamaño del árbol, vigor y método de aplicación.

Para los años de baja carga, las necesidades se estiman en un 75%, aplicando la mitad de la dosis antes del llenado de la fruta y el resto en febrero-marzo. En los años con carga se recomienda aplicar entre 35-80 kg N/ha poco después de la floración, seguido por 55-80 kg N/ha en diciembre junto a riegos abundantes necesarios para abastecer bien de humedad el primer metro de suelo en preparación para el llenado de las nueces.

Finalmente, se continúa fertilizando con N en los riegos hasta fines de febrero. Aplicaciones superiores a 225 unidades de N/ha no han mostrado aumento en la producción. De acuerdo al Prof. Uriu, los niveles foliares en abril debieran ser de 4,25% para alcanzar en febrero un valor de 2,5%. En el suelo, por su parte, niveles de 25 ppm de N nítrico por cada 30 cm de suelo se consideran altos para suelos profundos y bien drenados con raíces que alcancen hasta 1,2-1,5 m de profundidad. Por otro lado, 5 ppm de N nítrico se considera bajo. Para un programa adecuado de manejo del nitrógeno, debe considerarse además el crecimiento de la planta, el color de la hoja y la textura del suelo (Beede, et.al., 2005b).

Los árboles jóvenes requieren más nitrógeno que otros frutales. Así, en California es común efectuar aplicaciones de 250 g de un fertilizante concentrado como nitrato de Ca por 10 m² aplicado dos a tres veces en la temporada. Las aplicaciones no deberían hacerse después de enero, para no disminuir la resistencia a las heladas (Opitz, 1976). Cantidades anuales de 500 kg de sulfato de amonio producen una buena influencia sobre el crecimiento (Spiegel-Roy et.al. 1972).

En California se estima que la cosecha en los años productivos consume 225 Kg/ha de potasio y en los años de baja producción 100 Kg/ha. Mucho del cual es extraído por los frutos, de tal manera que se pueden producir deficiencias si no se fertiliza con este elemento, especialmente en suelos arenosos, donde las reservas son menores. Los síntomas de esta deficiencia comienzan a mostrarse a comienzos y mediados del verano, y son más marcados en las hojas basales de los brotes y se caracterizan por un crecimiento lento, hojas pequeñas, clorosis marginal en las hojas que comienza por el extremo apical, y que en casos extremos pueden mostrar necrosis marginal y curvatura de los bordes de las hojas afectadas. Además, árboles con una deficiencia moderada, aunque no presenten síntomas, pueden producir cosechas inferiores a su potencial.

Aplicaciones de fertilizante en forma de inyección o en bandas de 115-225 kg/ha de K₂O en suelos francos y neutros, independientemente de si se trata de cloruro, sulfato o nitrato,

aumenta el K en el suelo y su concentración en las hojas, elevando el peso de las nueces, el porcentaje de nueces partidas y disminuyendo la proporción de nueces vanas. No obstante, en suelos con minerales de arcilla del tipo montomorillonita, pueden responder en forma menos positiva (Beede et.al., 2005b). Sin embargo, estas dosis disminuyen cuando se riega con sistemas presurizados a alta frecuencia.

En Israel se han constatado síntomas de carencia de potasio, incluso en plantaciones jóvenes. Aplicaciones de 1.000 kg/ha de cloruro o sulfato de potasio han corregido esta deficiencia y mejorado la vegetación del árbol. (Spiegel-Roy, et al., 1972).

La deficiencia de magnesio se produce con mayor facilidad en suelos arenosos y ácidos, y comienza a aparecer en diciembre en las hojas basales de los brotes, caracterizándose por una clorosis marginal e intervalar, dejando un área verde en forma de V invertida en la base de la hoja. En casos más extremos, la clorosis pasa a necrosis (tejido muerto) y las hojas comienzan a caer desde la base de los brotes.

También puede ser necesario abastecer las plantas con Zn a pesar de estar en cantidades suficientes en el suelo. El problema se produce más bien debido a su fijación en el suelo, y su deficiencia es más alta en suelos que contienen grandes residuos de guano. Por esto, su corrección es posible con aplicaciones foliares de sulfato de Zn (Opitz, 1976).

La deficiencia es más frecuente en los arbustos recién plantados y durante los primeros años en el huerto. Los síntomas aparecen temprano en la temporada, y se manifiestan en un retraso de la brotación y floración que puede llegar a ser incluso de hasta un mes. Las hojas terminales son pequeñas, cloróticas y los internudos se acortan dando una apariencia arrosada al brote.

En casos extremos se puede producir muerte de los brotes terminales. Estos síntomas son más frecuentes en la parte mejor expuesta al sol (lado norte de la copa). Las nueces que están en brotes deficientes en cinc, son notoriamente menores en tamaño y más rojizas que lo normal. También se reduce fuertemente el número de frutos por inflorescencia y puede aumentar el número de frutos vanos. Aspersiones foliares de 2-2,35 kg de sulfato de cinc (36%) /1000 L /ha, ajustando el pH de la solución a 4,5 con ácido cítrico para aumentar la solubilidad y la absorción, después de floración (octubre a mediados de noviembre) cuando las hojas están expandidas en un 50%, son más efectivas y a medida que las hojas van madurando, debido a un mayor desarrollo de la cutícula cerosa la cual va fijando el Zn aplicado. Normalmente una sola aplicación es suficiente, pero puede ser necesario repetirla para prevenir una deficiencia en casos más severos (Beede et.al., 2005b).

Otra fecha de aplicación posible para las aspersiones de Zn es en otoño (abril-mayo) antes de la caída de hojas, a una dosis de 2,5-3,5% + Urea al 3% con el objeto de inducir la caída de hojas. Esto tiene la ventaja de disminuir los riesgos de heladas y las necesidades de requerimientos de frío para salir del receso, especialmente en años donde la caída de hojas se retrase demasiado debido a condiciones climáticas. Árboles con buena reserva de Nitrógeno, también toleran mejor inviernos menos fríos.

El boro es un microelemento muy importante en la estructura celular y otras funciones como el transporte de azúcares. Las estructuras reproductivas son particularmente sensibles a una deficiencia de este elemento, y su demanda es mayor de lo que se requiere para el crecimiento vegetativo. Los requerimientos de boro en pistachero son los más altos en comparación con cualquier otra especie frutal. Es extremadamente importante para la floración del pistachero, la viabilidad del polen y la cuaja. Los síntomas aparecen temprano en primavera, manifestándose por muerte de ápices de brotes, o bien la yema terminal permanece latente. Los brotes laterales crecen con internudos cortos y también pueden llegar a morir. Las hojas deficientes en boro son amarillas y rugosas, con los ápices curvados hacia el haz de la hoja. A veces se deforman y llegan a parecer brácteas. Las hojas maduras son gruesas y se sienten cuerudas al tacto. Racimos florales completos caen a menudo durante la floración.

La deficiencia de boro se puede corregir tanto con aplicaciones al suelo como al follaje. Fertilizaciones con bórax (11% B) a comienzos de junio a 55-85 Kg/ha, pueden corregir una deficiencia por un período de 3-5 años. Suelos de textura liviana y de baja capacidad de tampón requieren menores cantidades. La dosis puede disminuirse en 25-30% al emplear el riego por goteo (fertirriego), debido a la mayor eficiencia de aplicación. Aspersiones foliares de boro soluble, como Solubor (20,5% B) a dosis de 2,2-3,6 kg/100 L/ha, por ejemplo, pueden ser aplicadas en cualquier época en que se detecte la deficiencia. No obstante, aplicaciones de primavera durante el crecimiento de los brotes son más efectivas en corregir deficiencias de la temporada que tratamientos en noviembre-diciembre.

Si las concentraciones de boro son bajas en febrero, aplicaciones más concentradas de boro (Solubor a 5,6 kg g/1000 L/ha) a fines de agosto-septiembre (yema hinchada) son efectivas para suplir B para el desarrollo de las flores y polen a objeto de mejorar la cuaja. Si se mezcla con fertilizantes en base a Zn, debe ajustarse el pH a 4,5-5,5 con ácido cítrico, debido a que el solubor crea una fuerte solución tampón y queda con un pH de 8,2. La mejor corrección a largo plazo es la combinación de aplicaciones foliares con aplicaciones al suelo. En pistachero, el portainjerto juega un rol importante en la habilidad para extraer minerales del suelo. Al injertarse sobre *P. atlantica* manifiesta menos las deficiencias de B, Cu o Zn que en otros portainjertos (Beede et.al., 2005b).

En el pasado algunos agricultores en Irán informaban sobre un efecto benéfico de aplicaciones de sales al suelo, pero aún cuando crecen bien en suelos salinos este efecto, se piensa que era debido al contenido de nitratos de las sales, como lo demuestra el análisis del material usado y experimentaciones con aplicaciones de cloruro de sodio a varias dosificaciones (Farsa, et al., 1975).

En Chile se han encontrado valores foliares bajos de magnesio, cinc y boro (Curacaví), niveles bajos en nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, cinc y boro, en Codegua, y niveles bajos en potasio y magnesio y deficientes en boro en San Javier, en suelos arenosos. Muchos de estos, asociados a problemas de riego y no tanto del suelo.

Riego

El pistachero se considera como una planta resistente a la sequía, por ser capaz de sobrevivir y producir alguna producción con muy poca agua. Sin embargo, estudios realizados en California han indicado que el pistachero puede utilizar agua a una tasa mucho más rápida que otras especies frutales para producir altas producciones.

Los sistemas de riego utilizados en pistachero son frecuentemente sistemas presurizados y a bajo volumen (goteo y microaspersión), que permiten un manejo cuidadoso del tiempo y cantidad de agua a aplicar. Sólo si son operados y mantenidos apropiadamente, proveen un alto grado de uniformidad en el riego, se minimiza el escurrimiento superficial y las pérdidas por percolación en profundidad, permiten regar terrenos irregulares y se minimiza el control de malezas al regarse sólo una porción del suelo del huerto.

Generalmente se recomienda que un 40-60% del área del huerto se humedezca para tener un buen comportamiento de los árboles. Tienen, por otro lado, la desventaja de su mayor costo inicial, que debe balancearse a veces con los costos de nivelación de algunos terrenos para poder regar por surcos, o la ejecución y mantenimiento de tazas en los suelos de mayor pendiente, que necesitan energía para presurizar el agua de riego. Riegos con aspersores de alto volumen aumentan las condiciones asociadas con ataques de enfermedades fungosas al follaje y a los racimos de nueces, como *Alternaria* y *Botryosphaeria* en brotes y panículas florales (Schwankl, 2005).

Los riegos en superficie como surcos, bordes o tazas son menos empleados y su uniformidad dependerá de la capacidad de absorción del suelo y de la velocidad de escurrimiento superficial. Mientras más rápido el escurrimiento menor será la uniformidad, debido a una menor oportunidad en el tiempo para infiltrar entre la parte elevada y la más baja del huerto o de la taza. Así, la eficiencia del riego de acuerdo al sistema empleado se ha estimado en la siguiente forma: por taza o borde (70-80%), por surcos (65-75%), por aspersión (75-85%) y por goteo o microaspersor (85-95%) (Goldhamer, 2005).

Estimación de los requerimientos de agua

Para calcularlo, es esencial conocer la ET_c (Evapo-transpiración del cultivo). La ET_c es máxima cuando el suelo es sombreado en un 50-60% por las copas de los árboles al mediodía. Una cubierta vegetal en las entre hileras puede aumentar la ET_c en 20-25% en los huertos en producción, y mucho más en los huertos jóvenes. Dado a que $ET_c = (K_c) \cdot (ET_o)$, se muestran en el Tabla 12, sólo a modo de referencia, los valores de K_c estimados para el valle de San Joaquín, California para periodos quincenales. Por su parte, la ET_o se calcula a partir de datos meteorológicos, empleando estaciones electrónicas para este objetivo. Los datos calculados en base a parámetros meteorológicos tienen mayor correlación con la ET_o de las plantas que su cálculo a partir de los datos obtenidos de bandejas de evaporación (Goldhamer, 2005).

TABLA 12. Coeficientes de cultivo (Kc) para pistacheros adultos sin cubierta vegetal en el suelo estimados en el valle de San Joaquín, California (Goldhamer, 2005)

Fecha	Kc	Fecha	Kc	Fecha	Kc
1-15 Oct	0,07	16-31 Dic	1,17	1-15 Mar	0,99
16-31 Oct	0,43	1-15 Ene	1,19	16-31 Mar	0,87
1-15 Nov	0,68	16-31 Ene	1,19	1-15 Abr	0,67
16-30 Nov	0,93	1-15 Feb	1,19	16-30 Abr	0,50
1-15 Dic	1,09	16-28 Feb	1,12	1-15 May	0,35

ETc = (Kc)*(ETo)

El manejo del agua puede influir en la predisposición del pistachero a infecciones por Verticillium. Debido a que la temperatura del suelo puede ser un factor que influye sobre la infección, es conveniente regar en invierno para abastecer al máximo las reservas de agua en el perfil del suelo y así postergar lo más posible el primer riego en primavera. De esta forma, es posible mantener la temperatura del suelo relativamente alta durante la primavera, época en la cual se producen las mayores infecciones por este hongo del suelo.

Sin embargo, mantener el huerto sin riego demasiado tiempo en primavera puede producir daños peores que los atribuidos a esta enfermedad. Otra enfermedad asociada al agua en el suelo es la producida por Alternaria. El desarrollo de este hongo, que puede reducir la calidad de las nueces por teñir la cáscara, es favorecido por exceso de humedad en la superficie del suelo por tiempo prolongado. Su incidencia se reduce al instalar riegos que minimizan la mantención de humedad superficial en el suelo, especialmente en suelos con baja infiltración (Goldhamer, 2005).

Para instalar un riego por goteo en un huerto establecido, regado previamente por surcos o anegamiento, es recomendable instalar el sistema en invierno. Un cambio durante el verano podría producir marchitamiento de los árboles debido a un cambio de las zonas mojadas (Algibury, 1976).

Los sistemas de riego empleados en Chile han sido por goteo, por surcos, o por bordes.

El mismo sector del huerto de Codegua que tuvo la deficiencia de nitrógeno en los brotes con frutos mostrados en la Foto 14, al 10 de enero, mostró una defoliación casi total al 15 de marzo (Foto 40).

Este huerto tiene una pendiente superior al 5 % en ese sector y es de textura franco arcillosa. De tal manera que el escurrimiento superficial era bastante importante como lo muestra la Foto 41, en la cual se observa que 48 h después del riego, la humedad apenas alcanzaba a humedecer la periferia del surco, mientras que las raíces alcanzaban los 60 cm de profundidad debido al abastecimiento dado por las lluvias invernales. Sin embargo, a medida que avanzaba la temporada, el suelo iba perdiendo humedad, dado a que el riego no era capaz de compensar las pérdidas de agua por la evapotranspiración.



Foto 40. Pistacheros cv. 'Larnaca' en un sector de un cuartel al 15 de Marzo de 2005, mostrando una defoliación severa, por deficiencia severa de riego (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)



Foto 41. Perfil de suelo en el sector de los árboles afectados al 10 de Enero de 2006, regados 48 horas antes, mostrando una distribución de raíces muy superficial (hasta 60 cm) y una zona de suelo húmedo ubicada sólo en el área inmediatamente vecina a los surcos (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

Debido a esto se cambió el sistema de surcos simples por uno de surcos retaqueados con tazas sobre la hilera (Foto 42). Este sistema permitió reducir fuertemente el escurrimiento superficial y mantener la humedad del suelo durante toda la temporada.

El crecimiento mejoró notablemente en la misma temporada, no presentándose los síntomas de senescencia ni caída anticipada de las hojas. Al año siguiente, los árboles presentaban un

fuerte crecimiento vegetativo con varios brotes de más de un metro de longitud, con lo cual las copas de los árboles ocuparon todo el espacio asignado (Foto 43).



Foto 42. Cambio de riego en huerto de Codegua: de surcos a surcos retaqueados más tazas. Los árboles ya se ven con mejor crecimiento de brotes al 9-Nov-2006. Nótese que el cuello de los árboles queda protegido del agua de riego



Foto 43. Cuartel de 'Larnaca' en el mismo sector de la foto 14 y 40. Fdo. Miraflores, 3-enero-2007. No se presenta la fuerte senescencia prematura o deficiencia de nitrógeno en las hojas de brotes con frutos observada la temporada anterior, sino mantuvo su follaje sano hasta fines de temporada mostrando un fuerte crecimiento vegetativo que llegó a cubrir todo el espacio entre árboles

Incluso el cuartel del mismo huerto que aparentemente no tenía tantos problemas de riego, debido a su menor pendiente, mostró una notable mejoría en su crecimiento y potencial productivo (Fotos 44 y 45).



Foto 44. Vista general del cuartel del huerto de pistacheros del Fundo Sta. María de Miraflores, con menor pendiente, regado por dos surcos (Codegua, VI Región), Marzo 2006



Foto 45. El mismo cuartel de la Foto 44, una temporada y media después de haber cambiado el riego y fertilización y sin enzunchado de las ramas. Se observa claramente una mayor superficie ocupada por las copas, con lo cual se aumentó favorablemente la interceptación de la luz.

Sanidad

Enfermedades

En Chile se han identificado en laboratorio (INIA, La Platina), para la zona de Codegua, en el cv 'Peters', los hongos *Botryosphaeria* sp., *Alternaria* sp. en brotes (enero); y *Botrytis cinerea*, *Alternaria* sp., *Monilia* sp. y *Cladosporium* sp en botones florales (octubre) y la bacteria *Pseudomonas syringae*. Además en el cv. 'Chris', también macho, se encontró *Epicoccum* sp. en brotes. En cvs hembras se encontró en 'Kerman': *Botryosphaeria* sp., *Botrytis cinerea*, *Alternaria* sp. y *Pseudomonas syringae* en octubre; en 'Red Aleppo', *Botrytis cinerea*, *Pseudomonas syringae* y *Epicoccum* sp. en enero; y en 'Larnaca', *Alternaria* sp. y *Penicillium* sp. también en enero. Además se han encontrado árboles con síntomas de Verticilosis.

Verticilosis. La enfermedad principal en California es la verticilosis (*Verticillium dahliae* Kleb) que ataca árboles de cualquier edad y produce la muerte de cientos de ejemplares por año. Este agente también es común en nuestro país. Se recomienda esencialmente tomar medidas preventivas, como no plantar pistacheros donde se cultivó previamente melones, tomates u otras solanáceas, frutillas, frutales de carozos, olivos o cualquier otro huésped de la enfermedad. También son huéspedes algunas plantas indígenas y malezas. Es recomendable desinfectar el suelo antes de la plantación para reducir el inóculo. En huertos nuevos en los cuales el árbol no produce aún mucha sombra, se puede reducir el inóculo del suelo mediante la solarización, esto es, colocando un polietileno transparente sobre el suelo húmedo, lo cual produce un alza de la temperatura del suelo (Ashworth, 1979).

El portainjerto más tolerante a esta enfermedad es P. integerrima (Raabe y Wilhelm, 1978; Huisman, 1979; Holtz et.al., 2005b). El hongo tiene dos formas de manifestarse, una rápida que se produce al bloquear el sistema vascular del xilema (madera), lo cual produce una clorosis fuerte del follaje que se manifiesta en ramas o en el árbol entero producida por una desecación rápida al no poder las raíces compensar la transpiración de las hojas, y que lleva finalmente a la muerte de la rama o de toda la planta; o bien se manifiesta por un decaimiento del follaje que se desarrolla lentamente y se caracteriza por una pérdida lenta del vigor y reducción del crecimiento y de la producción. Este síntoma se desarrolla lentamente por varios años antes que el árbol sea económicamente improductivo y sucumba ante la enfermedad. Los elementos del xilema infectados son obstruidos por sustancias de pigmentación oscura elaboradas por el hongo y el árbol, que se ven como manchas o anillos discontinuos negros en una sección transversal del xilema (Holtz et.al., 2005b).

El hongo puede sobrevivir en el suelo en forma de estructuras en receso denominadas microesclerocios. Cuando se planta una especie que es susceptible, estos microesclerocios germinan y pueden invadir el xilema por la base de los ápices de las raíces. Una vez dentro del xilema, el hongo produce micelio y conidias (esporas) que se mueven con el flujo de agua en el xilema y van formando nuevo micelio, el cual produce nuevas conidias que continúan desplazándose con el agua taponando los vasos y así sucesivamente hasta alcanzar los brotes. Este hongo se favorece con las bajas temperaturas. En esta forma, en años de primaveras largas o veranos suaves, a menudo se producen mayores pérdidas de plantas debido a esta enfermedad. La

enfermedad prevalece también en suelos húmedos presumiblemente, en parte, por su menor temperatura que los suelos más secos. La enfermedad se propaga más fácilmente de árbol a árbol sobre la hilera que entre las hileras, probablemente por la mayor concentración de raíces que existe en la dirección de las hileras. Otra condición que afecta la susceptibilidad a la verticilosis es el vigor de las plantas. Las plantas más estresadas son más vulnerables que las no estresadas. El hongo puede invadir tanto las raíces de pistacheros susceptibles como las de los resistentes, pero una vez dentro del xilema, el movimiento dentro del sistema vascular es más lento en las plantas resistentes (Holtz et.al., 2005b).

La mejor defensa contra este hongo es el empleo de portainjertos tolerantes que para las condiciones chilenas, salvo áreas muy especiales, parece ser el PG I (*P. integerrima*) debido a que UCB I, que pareciera tiene mayor resistencia al frío y a la salinidad, es levemente menos tolerante a verticilosis. Las desinfecciones previas a la plantación pueden reducir el inóculo, pero no lo eliminan ni previenen su reestablecimiento y los tratamientos químicos al suelo o inyectados al árbol no son efectivos (Holtz et.al., 2005b).

Pudrición del cuello. En California la pudrición del cuello y de las raíces (*Phytophthora* sp.) no es tan común en pistachero como en otros frutales como nogal y frutales de carozos, pero suele afectar los suelos mal drenados cuando se usa *P. vera* como portainjerto u ocasionalmente con otros portainjertos cuando se emplea riego por microaspersión. En Grecia se considera al *P. terebinthus* como inmune a esta enfermedad. *Phytophthora citricola* y *P. citrophthora* son también patógenos de *P. vera* y *P. citricola* de *P. terebinthus* (Kouyeas, 1973). En California se ha cultivado *P. parasitica* de raíces, cuellos y troncos infectados de pistachero. *P. cactorum* y *P. cryptogea* en tronco y ramas madres (Holtz et.al., 2005b).

La pudrición de las raíces afecta las raíces pequeñas, incluyendo las raíces absorbentes, reduciendo la absorción de agua y nutrientes. Esto debilita y produce un decaimiento de los árboles. Los síntomas en la parte aérea, reducción del crecimiento, follaje ralo y defoliación temprana, se desarrollan lentamente por muchos años. La pudrición del cuello, en cambio, anilla al árbol destruyendo el cuello y las raíces grandes que sirven de anclaje y el árbol muere dentro de uno a dos años; pudiendo brotar en la primavera para colapsar con los primeros calores de la primavera. La infección por *Phytophthora* en el tronco o ramas madres, forma canchales en la corteza y produce abundante goma. Los árboles débiles, a menudo son más susceptibles a la enfermedad (Holtz et.al., 2005b).

El manejo del agua es la base para el control de esta enfermedad. Prácticas como plantar en camellones, tiempos de riego cortos (no más de 24 horas) y mejorar la penetración del agua en el suelo, contribuyen a disminuir la incidencia de la pudrición del cuello y raíces. Al regar por aspersores, colocar los aspersores de tal manera de evitar que el agua alcance los troncos o que embarre el cuello, especialmente cuando el agua de riego provenga de canales o ríos que puedan estar contaminados con *Phytophthora* (Holtz et.al., 2005b).

Alternaria. Esta enfermedad está presente en varios países, incluyendo Chile. Los síntomas aparecen a mediados de verano como lesiones café oscuro a negro, angulares o circulares, de 3-7 mm que se desarrollan en cualquier parte de la lámina de la hoja. Las lesiones se agrandan

o se juntan formando manchas moreno amarillo a rojizas de 2,5-3 cm, que más tarde esporulan densamente, especialmente en el centro, y se ennegrecen. Infecciones múltiples en las láminas producen un atizonamiento de las hojas y pueden producir una defoliación precoz y severa. También afecta a los frutos inmaduros donde se presenta como pequeñas manchas negras de 1 mm de diámetro y están asociadas a las lenticelas. En los frutos maduros se presenta como lesiones negras de 1-5 mm rodeadas a menudo por un margen rojizo-púrpura sobre el pelón.

Es causada por varias razas del hongo *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissl. y es favorecida por una humedad relativa alta y rocíos. La enfermedad comienza en las hojas expuestas en la parte superior del árbol, y eventualmente se mueve a las partes más bajas. Las hojas senescentes y los frutos son más susceptibles, y la carga de fruta aumenta la susceptibilidad de las hojas. El hongo sobrevive y se desarrolla en restos de la cosecha, en hojas senescentes y malezas. Frutos dañados por golpe de sol o pájaros y frutos que se les parte el pelón muy temprano, a menudo son colonizados por *Alternaria* spp. (Foto 46). Las esporas están presentes en las hojas y frutos en desarrollo desde octubre hasta la cosecha. A comienzos de febrero su población aumenta rápidamente en las hojas y frutos (período crítico para el desarrollo de la enfermedad), y permanece alta hasta marzo y abril. Su control es difícil y requiere una combinación de tratamientos químicos - strobilurinas como azoxystrobin, pyraclostrobin y trifloxystrobin, 2 a 3 veces desde diciembre a febrero; clorotalonil, iprodione y tebuconazole, pueden controlar la enfermedad si se aplican varias veces, pero no están registrados para pistacheros en algunas partes como California - y de buenas prácticas de riego, como disminuir los riegos en febrero y emplear sistemas de riego que permitan que la superficie del suelo se seque rápidamente. Evitar cosechar demasiado tarde para minimizar la infección de los frutos, y la consiguiente tinción de la cáscara (Michailides, 2005).



Foto 46. Frutos presumiblemente con golpe de sol y *Alternaria* asociada, Paine, Chile

Botryosphaeria (Michailides, 2005; Michailides y Morgan, 2004). El tizón de los brotes y panículas causado por *Botryosphaeria* spp., es la enfermedad de mayor amenaza del pistachero en California (y probablemente en Chile). También ocurre en Grecia, Italia y Sudáfrica. En California se ha identificado *B. dothidae*, *B. ribis* y *B. rhodina*. Las primaveras húmedas y cálidas favorecen la dispersión de esporas y la infección. Las yemas infectadas no crecen o emergen en primavera, pero las flores o brotes resultantes eventualmente mueren. Las yemas florales infectadas producen inflorescencias atizonadas. La infección del raquis se produce en la base o en los puntos de ramificación. Dependiendo de la ubicación de la lesión, esta infección puede desembocar en el colapso de las panículas, con fruta adherida a ellas (Foto 47).



Foto 47. Frutos momificados con *Botryosphaeria* sp. en invierno, cv. 'Aegina' Codegua. Estos brotes deben ser cortados con la poda y retirados del huerto para disminuir la cantidad de inóculo.

Las infecciones en la superficie de los frutos, que permanecen latentes bajo condiciones no favorables para la infección, aparecen a mediados de verano como pústulas negras pequeñas, usualmente asociadas con las lenticelas. Luego en uno o varios frutos la lesión se agranda, el fruto se pone negro, la infección se mueve al pedúnculo, raquis y eventualmente al brote, donde nace el racimo matando todo o parte del racimo. La infección de los frutos también puede iniciarse a partir de picaduras de hemípteros (chinchas), o de pelones dañados por pájaros.

El patógeno puede colonizar madera muerta, incluyendo canchales causados inicialmente por *Botrytis* o por otra causa. Cortes de poda frescos pueden ser puntos potenciales de infección por picnidioesporas salpicadas por la lluvia.

Las infecciones se producen durante los períodos de lluvia cuando la temperatura sobrepasa los 10°C. En frutos inmaduros, hojas y brotes, la infección permanece latente, pero se desarrolla más tarde a medida que la temperatura aumenta. Se necesita un mojado de 10 a 12 o más horas para la infección, desarrollo de síntomas y alto nivel de infección, y se requiere una lluvia de 4 mm para la distribución de esporas.

Los síntomas aparecen desde mediados a fines de la primavera, como pústulas circulares de 1-2 mm en los brotes, raquis y hojas. Los brotes que se originan de yemas contaminadas o parcialmente infectadas desarrollan lesiones negras en la base. A mediados de noviembre, las hojas en los brotes infectados se marchitan en 3 a 5 días. El estrés hídrico y nutricional parece predisponer los árboles a la enfermedad.

Debido a que el patógeno infecta las yemas, para el éxito de la injertación, debe obtenerse material sólo de árboles de huertos sanos. Las yemas infestadas por *B. dothidae* normalmente no prenden cuando son injertadas. Esto puede ser un problema frecuente en la propagación de los árboles en nuestro país.

El tizón de los brotes y panículas es extremadamente difícil de controlar especialmente si se ha permitido aumentar la infección durante varios años, que parece es el caso de los huertos estudiados en Chile. Para que el control químico de la enfermedad sea efectivo – strobilurina como azoxystrobin, pyraclostrobin o trifloxystrobin durante el verano y comenzando desde la floración cuando hay presiones altas- en California se recomienda como necesario, realizar conjuntamente otras prácticas culturales tales como:

- Uso de riego por goteo
- Mantener el suelo libre de malezas, para reducir la humedad y el hábitat para hemípteros.
- Monitorear regularmente el huerto y remover del huerto los primeros brotes y racimos infectados de la temporada, repitiendo esto por lo menos dos temporadas o hasta que la enfermedad sea muy difícil de encontrar.
- Remover las podas del huerto y quemarlas. Picnidas y picnidioesporas pueden ser viables en brotes y frutos infectados aun después de 1,5 años en la superficie del suelo.
- No permitir que los árboles tengan estrés de agua o nutricional, lo cual predispone a los árboles a atizar brotes y panículas
- Fertilizar con altos niveles de potasio o asperjar los árboles con nitrato de calcio puede reducir la severidad de la infección

Botritis (Michailides, 2005). El daño por *Botrytis cinerea* Pers.:Fr., es un problema serio en pistachero en zonas de primaveras frías y húmedas. La fuente de inóculo incluye brotes infectados de un año, escamas de yemas muertas, inflorescencias masculinas y femeninas infectadas en la temporada presente y anterior, conidias producidas en lesiones de hojas y de racimos de fruta atizonados, esclerocios y partes muertas y senescentes en el piso del huerto. Las infecciones comienzan a principios de primavera, durante la floración y emergencia de los brotes, y continúan por 3-4 semanas o hasta que el tiempo se hace más caluroso y seco. Su daño se caracteriza por el atizonamiento de las yemas florales en los cvs de plantas machos y por la muerte de brotes tiernos, los cuales quedan con sus hojas adheridas y toman la forma de gancho (Fotos 48 y 49).



Foto 48. Daño anterior de *Botrytis* en brotes tiernos y yemas florales muertas por *Botrytis cinerea* ¿o *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*? en pistachero 'Peters' (Codegua, 23 de Enero de 2006)



Foto 49. Daño anterior de *Botrytis* en brotes tiernos y yemas florales en pistachero 'Peters' (Codegua, 23 de Enero de 2006)

En años muy lluviosos también pueden afectar las flores de los cultivares hembras, especialmente en el cv. 'Kerman'. Las infecciones del raquis pueden matar parte de los frutos desarrollados.

El control de la enfermedad se puede efectuar con aplicaciones de tiofanato metil durante la floración y emergencia de brotes o con fenhexamid que también ejerce un buen control. La poda y remoción de brotes infectados por *Botrytis* son importantes para prevenir la colonización de *B. dothidae*.

Contaminación por aflatoxinas (Thompson, et al., 1978; McCain, 1979; Michailides, 2005).

Las aflatoxinas son toxinas naturales producidas por hongos específicos mientras crecen en ciertos frutos. Estos compuestos son inodoros e incoloros, pero se desarrollan durante el crecimiento de los hongos que las producen. La presencia del hongo se aprecia por sus signos que se pueden observar visualmente. Los hongos que producen las aflatoxinas en pistachero pertenecen al género *Aspergillus* (*A. flavus* principalmente), los que producen abundantes esporas de color verde amarillento, resultando en colonias verdosas en la superficie de las semillas. Nueces con una apariencia café oscura en la parte exterior de la cáscara tienen mayor probabilidad de estar contaminados. Sin embargo, algunas nueces contaminadas pueden estar poco manchadas.

Estos hongos no crecen bien en tejidos vivos, por esto, además de encontrarse en las semillas en descomposición, se encuentran en los restos de vegetales (malezas, pistacheros, cubierta vegetal) en el suelo del huerto. Crecen mejor con temperaturas altas (24-40°C) por lo cual son más activos durante el verano y producen abundantes esporas que son transportadas por el viento. A medida que los frutos maduran, las semillas se hacen más susceptibles a descomponerse por los hongos que producen las aflatoxinas. Sin embargo, un pelón intacto sirve como una barrera efectiva limitando la descomposición de la semilla. Por esta razón, no es bueno que el pelón se parta antes de la cosecha. Se considera que la contaminación se produce previa a la cosecha y no después.

La forma para combatir la contaminación es reducir la partidura precoz de los pelones, asegurando al parecer, que los árboles reciban suficiente agua tarde en primavera y considerando el portainjerto utilizado debido a que el P. atlántica tiende a producir más partidura precoz que PG I y UCB I, y evitar las cosechas tardías. En los últimos años se están realizando experimentos empleando razas de *A. flavus* que no producen toxinas para controlar la contaminación por aflatoxinas en pistachero.

Pseudomonas. En la zona de Codegua se observó un daño de atizomamiento de yemas muy similar al producido por *Botrytis*, que afecta brotes en 'Red Aleppo' y botones florales en 'Peters' y 'Kerman' que no era controlado muy bien por los fungicidas empleados contra *botrytis*. Los análisis patológicos identificaron la presencia de *Pseudomonas syringae*. Debido a este resultado de laboratorio, se ensayó un control con cinco aplicaciones de óxido cuproso a 300 g/ 100 L desde el 28 de agosto, poco antes de yema hinchada, hasta el 2 de octubre del 2006, hasta inicios de la liberación de polen, dejando dos hileras como testigo.

En base a una apreciación visual de los síntomas, aparentemente este tratamiento fue bastante mejor que la incidencia del problema en las hileras sin tratamiento y que la incidencia de años anteriores. Esta bacteria no está descrita en la literatura, hasta donde se pudo indagar. No obstante, en Australia se informa de la presencia de otra bacteria en pistacheros que sufrían de necrosis bacterial en cuatro regiones de ese país. Se trataría de *Xanthomonas translucens* pv. *poae* (Marefat, et.al., 2006). El *Pseudomonas syringae* es una bacteria cuya presencia es común en muchas plantas, sin que por esto signifique patogenicidad. Sin embargo, por la respuesta observada al tratamiento con cobre y a la presencia de otra bacteria en Australia asociada al pistachero, sería interesante investigar sobre la posibilidad de que bacterias puedan afectar la sanidad de esta especie frutal.

Hongo de la madera. En Curacaví se observaron cuerpos frutales en una rama de pistachero de un hongo aún no identificado (Foto 50).



Foto 50. Rama de pistachero con cuerpos frutales de un hongo que ataca la madera. Curacaví

Plagas

Chinche parda de los frutales (*Leptoglossus chilensis* Spin.). Este insecto ataca los frutos como estado adulto (Foto 51). La incidencia del daño es muy severa en los huertos en producción de Codegua y Curacaví, ubicados próximos a cerros con vegetación nativa esclerófito, debido a que inverna como estado adulto en ese tipo de vegetación (González, 1989). El daño que produce en los frutos se aprecia en la Foto 52 (daño externo, incipiente), en la Foto 53 (daño externo avanzado) y en la Foto 54 (daño interno). Ejemplares de esta especie aparecen durante todo el año en el huerto, e incluso durante el invierno es común encontrar adultos bajo la hojarasca.



Foto 51. Adulto de *Leptoglossus chilensis* Spin. sobre un fruto del cv. 'Kerman', Huerto de Curacaví, 3-Ene-2007



Foto 52. Daño externo incipiente (flechas amarillas) producido por *Leptoglossus chilensis* Spin. (flecha blanca) en frutos. Este tipo de hemíptero pueden atravesar el endocarpio endurecido hasta la cosecha. Huerto de Curacaví, 3-Ene-2007



Foto 53. Daño externo producido por *Leptoglossus chilensis* Spin. en frutos más maduros pero aún en el árbol. Huerto de Fdo. Miraflores, Codegua, 2006



Foto 54. Daño interno, aterciopelado blanco en un comienzo y oscuro posteriormente (iniciándose en el punto de la picadura), generado por *Leptoglossus chilensis* Spin. Huerto Fdo.Miraflores, Codegua, 2006

El daño del *Leptoglossus* sp. en la parte interna del fruto produce un aterciopelado típico blanquecino en un comienzo y oscuro posteriormente, y llega a comprometer el desarrollo del embrión, tanto en su crecimiento, aspecto (necrosis) como en sus características organolépticas (semilla hedionda y amarga). El control es en base a tratamientos con insecticidas.

Conchuelas. *Ceroplastes* sp. (identificada por el Prof. H. González, Universidad de Chile) se presentó principalmente en el cuartel ubicado más al oriente del predio de Miraflores, Codegua, en árboles del cv. 'Larnaca'. A pesar de las aplicaciones de Lorsban y Winspray realizados en invierno y de Rayo en primavera y verano, como parte del control contra insectos que se realizaba en el huerto, hubo una fuerte presencia de esta plaga. Esto debido a que sus ninfas eclosionan a mediados de enero. La Foto 55 muestra el estado de ninfas vivas pero aún sin eclosionar (10 – Enero – 2006).

El no controlar a tiempo esta plaga, produce una gran invasión, tanto en los brotes (Foto 56) como en las hojas nuevas (Foto 57).



Foto 55. *Ceroplastes* sp. con ninfas vivas (flecha) poco antes de iniciar la eclosión (10 – Enero – 2006, Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)



Foto 56. *Ceroplastes* sp. no controladas a su eclosión en Enero. (7 de Marzo de 2006, Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)



Foto 57. *Ceroplastes* sp. no controladas a su eclosión, en hojas (7 de Marzo de 2006, Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

En algunos árboles del huerto de Curacaví se observaron ejemplares adultos parasitados (Foto 58) y ninfas (Foto 59) de *Saissetia oleae* (Oliver). Esta plaga, sin llegar a ser un problema serio, debiera ser controlada para evitar un problema mayor a futuro.



Foto 58. *Saissetia oleae* ya parasitada sobre rama de pistachero. Curacaví, 26-Sept-2006



Foto 59. Ninfas de *Saissetia oleae* en pistachero, Curacaví, 26-Sept-2006

En una plantación nueva de pistacheros en El Olivar (VI Región) se encontraron especímenes de *Naupactus xanthographus* Germar, atacando fuertemente los brotes nuevos (Foto 60). Esta plaga se controló satisfactoriamente con Azinfos-Metil (banda INIA).

Erinosis, se encontró ocasionalmente en el huerto del Fundo Sta. María de Miraflores, Codegua (Foto 61).



Foto 60. Ejemplares de *Naupactus xanthographus* Germar, en brotes de plantas nuevas al 4 de Noviembre de 2006, Olivar. Nótese el daño producido en las hojas nuevas



Foto 61. Erinos, daño antiguo, en hojas al 2 de Febrero de 2006 (Codegua, Fdo. Sta. María de Miraflores)

En California, donde los pistacheros se plantaron por primera vez en forma comercial en 1958, se citan como plagas a *Coccus hesperidum* L. (conchuela blanda café). También presente en Chile en forma esporádica, es controlada por parásitos, pero no hay antecedentes de su presencia en pistachero. Ocasionalmente el árbol es atacado por áfidos, trips, langostas, arañitas y gusanos, los cuales retardan su crecimiento.

Se han encontrado además varias especies de nemátodos en las raíces, sin embargo, aún no se sabe hasta dónde estos dañan las plantaciones comerciales. Se asume que un ataque fuerte limita seriamente el crecimiento y la producción y se recomienda no usar suelos infestados o fumigar con algún nematicida.

Vertebrados. Específicamente conejos. Estos roedores se alimentan tanto de la corteza del tronco de las plantas nuevas como de sus raíces, y su daño principalmente comienza en abril y se extiende durante el invierno y comienzos de primavera, cuando tienen poco alimento de otras fuentes. Para controlar el daño al tronco, se suele pintar los troncos y base de ramas madres con una solución compuesta de cola fría, látex agrícola, thiram (sirve como repelente) y agua, hasta la altura que puedan alcanzar los conejos. Esta práctica da buenos resultados para proteger los troncos. Otra forma de control es emplear barreras protectoras, como cilindros de mallas metálicas, de plástico o de fibra, alrededor del tronco lo cual es de mayor costo, aun cuando puedan prestar otras utilidades, como proteger los troncos de plantas jóvenes de los

herbicidas. Sin embargo, puede ser una alternativa útil para proteger replantes. El control al suelo es más difícil, pues estos roedores escarban alrededor del tronco lo cual hace a los métodos anteriores ineficientes (Foto 62).

Una alternativa en ataques muy serios es aislar todo el huerto con mallas hasta aproximadamente 1 m de altura y que deben ser enterradas hasta unos 15 cm y doblarla luego horizontalmente hacia afuera, otros 15 cm en el fondo (Whisson y Freeman, 2005). Si la población es baja, cazar los conejos puede ser también una alternativa eficaz.



Foto 62. Daño por conejos en raíces de pistachero

Malezas

El control total de las malezas puede efectuarse mediante labores mecánicas. Esta práctica se emplea en huertos regados superficialmente y donde el marco de plantación permite la labor mecánica en ambos sentidos. Tiene la desventaja de producir erosión en suelos con demasiada pendiente, levantar polvo que favorece la incidencia de ciertas plagas como arañas, y compactar el suelo por el mayor paso de maquinaria, especialmente si se realiza con suelo muy húmedo.

La alternativa opuesta es el control total con herbicidas, que permite aumentar la temperatura del suelo respecto a los que mantienen una cubierta vegetal. Esto favorece el cultivo en aquellos lugares con mayor incidencia de heladas suaves de primavera. Sin embargo, disminuye la penetración del agua, especialmente donde el impacto de las gotas de aspersores de alto

volumen destruyen la estructura superficial del suelo. Una opción intermedia al control total de malezas es regular las malezas con herbicidas sobre las hileras y mecánicamente entre las hileras. Esta disyuntiva es comúnmente empleada en California, tanto para huertos regados con sistemas de bajo volumen sobre la hilera, como en aquellos regados por surcos o por inundación (Kallsen et al., 2005), como también en Chile (Fotos 19 y 35).

El manejo del suelo con vegetación total o sobre la entre hilera tiene ventajas, como disminuir la erosión tanto en pendientes suaves como más fuertes, mejorar la penetración del agua, reducir el polvo y mantener la vegetación baja con cortadora o rozadora es menos oneroso y más rápido que el empleo de rastras. Pero por el contrario, la vegetación mantiene el huerto más frío, puede aumentar la población de roedores y el consumo de agua hasta en un 25% y también el empleo de fertilizantes, y puede producir una alta humedad en el huerto que aumenta la incidencia de enfermedades fungosas como *Alternaria* y *Botryosphaeria* en las panículas florales y brotes tiernos (Kallsen et al., 2005), enfermedades que también están afectando al pistachero en Chile.

VII. Cosecha

Para optimizar la rentabilidad y disminuir pérdidas de frutos de menor valor, debe considerarse que se debe lograr la mayor cantidad de frutos con la cáscara partida a la cosecha. La partidura de la cáscara es muy sensible al déficit hídrico, de tal manera que previo a la cosecha, desde comienzos de febrero, es importante monitorear cuidadosamente la humedad del suelo.

La cosecha debe realizarse cuando el pelón se separa fácilmente de la cáscara al presionar el fruto sobre el eje de mayor longitud entre el dedo pulgar y el índice. El aumento de peso y la acumulación de materia grasa, como así la dehiscencia de la cáscara que alcanza su máximo en este momento, y el cambio de color (desaparecimiento de la clorofila y aparición de un color marfil primeramente y luego rosado y el paso del pelón de translúcido a opaco), indican que en este punto el fruto está fisiológicamente maduro. Esto ocurre de febrero a marzo. La falta del cambio de color indica nueces vanas o con embriones abortados. El índice final de la plena madurez es la formación de la capa de abscisión entre el fruto y el raquis. Al madurar el fruto se desprende fácilmente cuando el raquis es suavemente sacudido. Una cosecha previa o posterior a este estado crítico resulta en granos poco desarrollados o en cáscaras teñidas y poco atractivas respectivamente.

La mejor calidad se obtiene cosechando en un período de alrededor de dos a tres semanas. Atrasar la cosecha aumenta el deterioro del pelón lo cual tiñe las cáscaras. Lluvias tempranas atrasan la cosecha y aumentan el deterioro de los pelones y las infecciones, particularmente de *Aspergillus flavus* (generador de micotoxinas) y los vientos fuertes producen la caída de nueces. Los frutos del cuadrante nororiente superior y las de la periferia maduran primero. Los frutos de árboles con poca carga también maduran primero que los de alta carga. Los frutos que quedan en el árbol después de agitarlos son en su mayoría frutos vanos o no tienen la cáscara partida. El empleo de Ethephon es inefectivo en pistacheros para reducir la variabilidad de la madurez (Crane, 1978b; Ferguson, et.al., 2005c).

La recolección de frutos se puede realizar en forma manual o mecánica. La cosecha manual (por lo general en huertos jóvenes cuando la producción es baja), o en los años con poca carga, golpeando las ramas o panículas con varas forradas en goma o varillas de bambú, dependiendo del grosor de las ramas y recibiendo los frutos en lonas colocadas desde el tronco hasta 1,5 m más afuera de la proyección de la copa en ambos costados del árbol, para su posterior retiro del huerto y para evitar daños en el pelón al caer directamente al suelo donde está presente el hongo *A. flavus*. Las lonas que se colocan bajo la copa se levantan tomadas por sus esquinas y se ciñen verticalmente al viento para dejar en la superficie restos de hojas u otros residuos

livianos y removerlos antes de vaciar los frutos a los contenedores de cosecha (bins) de madera o plástico.

La cosecha mecánica se hace con máquinas vibradoras que abrazan el tronco a unos 60 cm de altura y lo remecen por quince segundos. Estas máquinas poseen dos lonas incorporadas a estructuras mecánicas inclinadas que se desplazan una por cada lado bajo la copa y que se complementan por otra máquina que se coloca al frente, de tal manera de cubrir algo más de la proyección total de la copa. Los frutos caen y ruedan hacia la parte más baja de estas bandejas receptoras, y son conducidos por una cadena transportadora sobre un separador por viento para remover restos de material extraño liviano. Luego, son descargados en un carro ubicado detrás de la cosechadora. Cuando se llena el carro, las nueces se descargan por una transportadora continua o esperan su turno en un extremo de la hilera, para ser descargadas en carros de arrastre de alta capacidad mediante un elevador. La capacidad de la cosecha mecánica es por lo general de 0,4 ha (112 plantas femeninas) por hora (Ferguson, et.al., 2005c).

Estudios preliminares (Crane y Dunning, 1975), indican que aplicando la fuerza de agitación suficiente para la remoción de los frutos llenos, sería posible dejar en el árbol aquellos vanos o vacíos y de esta manera sería factible separar, al menos en parte, durante la cosecha misma estos tipos de frutos.

El manchado de la cáscara puede aumentar durante el transporte de la fruta cosechada y durante el almacenaje, especialmente si hay un alto nivel de daños en los pelones. Las altas temperaturas y el tiempo de espera también contribuyen a esto. Incluso en la noche, la temperatura de las nueces mantenidas en los carros de arrastre cerrados puede aumentar en 0,6 °C por hora. Nueces con buena calidad y pelones intactos, pueden permanecer hasta 48 h en condiciones ambientales sin aumentar el manchado de la cáscara. En cambio frutos de baja calidad pueden mostrar daños hasta sólo 8 h a 40°C, 24 h a 30°C o 40 h a 25°C.

En contenedores abiertos (bins), los frutos se mantienen a menor temperatura. Si se atrasa el proceso de despelonado después de la cosecha, es recomendable guardar los contenedores en almacenaje refrigerado a 0°C ventilado por un flujo de aire de 0,1 L por seg-kg y a menos de 70% de humedad relativa. En estas condiciones los frutos frescos sin despelonado pueden mantenerse hasta 8 semanas sin degradarse (Ferguson, et.al., 2005c).

VIII. Bibliografía

- Ablaev, S.M. 1973. The frost resistance of pistachio trees. Nauchnye Trudy Tashkentaskogo Sel'skokhosaistvennogo Instituíá 39:71-76. en Hort. Abstr. 44() :8365 (1974).
- Ashworth, I.J. 1979. Experiments for control of verticillium wilt disease. The Pistachio Ass. Ann. Rep.: 41-42.
- Barraza, C. A. 2005. Experiencia productiva y comercial del pistacho en Chile. En Seminario El pistacho, perspectiva de desarrollo en Chile. Paine, marzo 2005. Gobierno de Chile, Fundación para la Innovación Agraria.
- Beede, H. R. 2005. Comunicación personal
- Beede, H. R. y Ferguson, L. 2005. Pruning mature bearing trees. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis
- Beede, H. R., Kallsen, E. C. E., Freeman, W. M., Ferguson, L., Holtz A. B., Klonsky, M. K. y De Moura, L. R. 2004. Simple costs to establish and produce pistachios. University of California Cooperative Extensión. San Joaquin Valley
- Beede, H. R., Ferguson, L., Wylie Ch., y Fanucchi C. 2005a. Planting and training young trees. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis
- Beede, H. R., Brown, P.H., Kallsen, C y Weinbaum, S.A. 2005b. Diagnosing and correcting nutrient deficiencies. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis
- Bradley, M.V. y Crane, J.C. 1975. Abnormalities in seed development in Pistacia vera L. J.Am. Soc. Hort. Sci. 100 (5) :461-464.
- Couceiro J.F., Coronado, J.M., Menchén, M.T., y Mendiola M.A. 2000. El cultivo del pistachero. Ed. Agro Latino S.L., Barcelona. 112 p.
- Crane, J.C. 1973. Parthenocarpy - a factor contributing to the production of blank pistachios. HortScience 8(5):388-390
- Crane, J.C. y Nelson, M.M. 1971. The unusual mechanism of alternate bearing in the pistachio. HortScience 6(5):489-490.
- Crane, J.C. 1974. Hermafroditism in Pistacia. California Agriculture 28(2):3-4.
- Crane, J.G. 1975. The role of seed abortion and parthenocarpy in the production of blank pistachio nuts as affected by rootstock. J. Am. Soc. Hort. Sci. 100 (3) : 267-270.

- Crane, J.C. 1976. Growth and development of the 'Kerman' pistachio nut. The Pistachio Association Ann. Rep. 47-49.
- Crane, J.C. 1978a. Pistachio seedling and variety evaluation. The Pistachio Association Ann. Rep.:41-42.
- Crane, J.C. 1978b. Quality of pistachio nuts as affected by time of harvest. J. Am. Soc. Hort. Sci. 103(3) :332-333.
- Crane, J.C. y Nelson, M.M. 1972. Effects of crop, load, girdling and auxin application on alternate bearing of the pistachio. J. Am. Soc. Hort. Sci. 97(3):337-339.
- Crane, J.C. y Al-Shalan, I.M. 1974. Physical and chemical changes associated with growth of the pistachio nut. J. Am. Soc. Hort. Sci. 99(1):87-89.
- Crane, J.C. y Forde, H.I. 1974. Improved Pistacia seed germination. California Agriculture 28(9):8-9
- Crane, J.C. y Dunning, J.J. 1975. Separation of blank pistachio nuts by mechanical harvesting. Calif. Agric. 29(11) 6-7.
- Crane, J.C. y Forde, H.I. 1976. Effects of four rootstocks on yield and quality of pistachio nuts. J. Am. Soc. Hort. Sci. 101 (5):604-606.
- Crane, J.C. y Al-Shalan, I. 1977. Carbohidrate and nitrogen levels in pistachio branches as related to shoot extension and yield. J. Am. Soc. Hort. Sci. 102 (4):396-399.
- Crane, J.C. y Takeda, F. 1977. Response of the pistachio to the mild winter of 1977-78. The Pistachio Association Ann. Rep.:31-33.
- Crane, J.C.; Al-Shalan, I.M. y Carlson, R.M. 1973. Abscission of pistachio inflorescence buds as affected by leaf área and number of nuts. J. Am. Soc. Hort. Sci. 98(6):591-592.
- Crane, J.C.; Forde, H.I. y Daniel, C. 1974. Folien longevity in Pistacia. California Agriculture 28(14):8-9.
- Crane, J.C.; Catlin, P.B. y Al-Shalan, I. 1976. Carbohidrate levels in the pistachio as related to alternate bearing. J. Am. Soc. Hort. Sci. 101(4):371-374 .
- Dahab, M.M.A.; Shafiq, Y. y Al-Kinany, A. 1975. Effects of Gibberellic acid, B-nine and scarification on the germination of seeds of Pistacia khinjuk stock. Mesopotamia J. of Agric. 10(1/2):13-19. en Hort. Abstr. 47(2): 1258 (1977).
- Doster, M.A.; Michailides, T.J.; Beede, R.H. y Ferguson, L. 2000. The effect of rootstock on the formation of early split nuts. Acta Horticulturae 726
- Ak, E.B. 2005. Producción de pistacho y sus problemas en el mundo. En Seminario El pistacho, perspectiva de desarrollo en Chile. Paine, marzo 2005. Gobierno de Chile, Fundación para la Innovación Agraria.
- Ferguson, L., Polito, V., y Kallsen C. 2005a. The pistachio tree: botany and physiology and factors that affect yield. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis

- Ferguson, L., Sanden, B., Grattan, S., Epstein, L. y Krueger, B. 2005b. Pistachio rootstocks. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis
- Ferguson, L., Kader, Ay Thompson, J. 2005c. Harvesting, transporting, processing and grading. Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis
- Fiddytent, D. 1977. Pistachio Hulling and Drying in the field. The Pistachio Association Ann. Rep.:158.
- Firuzeh, P. y Ludders, P. 1978. Pistazienanbau im Irán. Erwerbsobstbau 20 (12):254-258.
- Fulton, A.; Sanden, B. y Edstrom, J. 2005. Site evaluation and soil physical modification. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis
- Giyazov, S.N. 1976. Vegetative propagation of pistachio. Sadovodstvo 10:33-34. en Hort. Abstr. 47(6):5327 (1977).
- Goldhamer, D.A. 2005. Tree water requirements & regulated deficit irrigation. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis
- González, R. H. 1989. Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Universidad de Chile - BASF
- Grundwag, M. y Fahn, A. 1969. The relation of embryology to the low seed set in Pistacha vera (Anacardiaceae). Phytomorphology 19:225-235. en Hort. Abstr. 41(1):634 (1971).
- Hoffmann, A. 1998. Flora silvestre de Chile. Zona Central. Ed. 4 Fundación Claudio Gay, Santiago 254 p.
- Holtz, B., Ferguson, L., Parfitt, D., Allen, G. Y Radoicich, R. 2005a. Rootstock production and budding. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis
- Holtz, B., Teviotdale, B.L. y Epstein, L. 2005b. Soil-borne dideases. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis
- Hormaza, J.I. y Polito, V.S. 1996. Pistillate and staminate flower development in dioecious Pistacia vera (Anacardiaceae). Am. J. Botany 83 (6):
- Huisman, O.C. 1979. Pistachio root growth and distribution , in relation to the Verticillium Wilt Fungus. The Pistachio Association Ann. Rep.:43-44.
- Ibacache, A. 2005. Comportamiento del pistacho en el norte chico. En Seminario El pistacho, perspectiva de desarrollo en Chile. Paine, marzo 2005. Gobierno de Chile, Fundación para la Innovación Agraria.
- Instituto Nacional de Estadísticas 2007. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal – Año 2007
- Joley, L.I.E. 1969. Pistachio. En Hanbook of North American Nut trees. Northern Nut Growers Association:348-361.
- Kader, A.A.; Labavitch, J.M.; Mitchell, F.G. y Sommer, N.F. 1979. Quality and safety of pistachio nuts as influenced by postharvest handling procedures. The Pistachio Association Ann. Rep.:45-56.

- Kallsen C., Sibbett, G.S. y Fanucchi, C. 2005. Planning and designing the orchard. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis.
- Kallsen, C. 2006. Where has all the chilling gone? University of California Cooperative Extension. Pistachio Notes, January 2006
- Kouyeas, H. 1973. Pathogenity of Phytophthora species to pistachio trees. Annales de l'Institut Phytopathologique Benaki 10(4):333-341. en Hort. Abstr. 45(3):1539 (1975).
- Lemus, G. 2004 El cultivo del pistacho (Pistacia vera) Proyecto FIA N° C.96-1-1-025. 37 p.
- Lemus, G. 2005 Pistacho: Avances y Resultados. En Seminario El pistacho, perspectiva de desarrollo en Chile. Paine, marzo 2005. Gobierno de Chile, Fundación para la Innovación Agraria.
- Lovatt, C.J. Daoudi, H. y Ferguson, L. 2006. Efficacy of foliar-applied cytokinins and nitrogen to increase floral bud retention and to reduce alternate bearing of pistachio. Acta Horticulturae 727:353-364
- Maas, J.L.; van der Zwet, T. y Madden, G. 1971. A severe Septoria leaf spot of pistachio nut trees new to the United States Plant Dis. Rep. 55(1):72-76.
- Marefat, A., Scout, E. S., Ophel-Keller, K. y Sedgley, M. 2006. Genetic, phenotypic and pathogenic diversity among xanthomonadas isolated from pistachio (Pistacia vera) in Australia. Plant Pathology 55 (5):639-649
- Martínez-Pallé, E. y Herrero, M. 1998. Pollen tube pathway in chalazogamous Pistacia vera L. Int. J. Plant Sci. 159(4):565-574
- Maugeri, A. 1975. La coltura del pistacchio e le sue prospettive. Frutticoltura 37(1):15-24.
- McCain, A.H. 1979. Aflatoxin contamination of pistachio nuts. The Pistachio Association Ann. Rep.:57.
- Michailides, Th. J. y Morgan D. P. 2004. Panicle and shoot blight of pistachio: A mayor threat to the California pistachio industry. APSnet Feature Story January 2004
- Michailides Th. J. 2005. Above ground fungal diseases. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis.
- Neubeller, J. y Buchloh, G. 1971. Untersuchungen über Fettsäuremuster in Samen verschiedener Pflanzen, insbesondere Obstarten II, Mitt. Klosterneuburg 21 (6):469-583.
- Nevo, A.; Werker, E. y Ben-Sasson, R. 1974. The problem of indehiscence of pistachio (Pistacia vera L.) fruit. Israel J. of Bot. 23:1-13.
- Opitz, K.W. 1976. Pistachio fertilization. The Pistachio Association Ann. Rep.:45.
- Parfitt,D., Kallsen, C., y Maranto, J. 2005. Pistachio cultivars. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis.
- Polito, V.S. y Pinney, K. 1999. Endocarp dehiscence in Pistachio (Pistaccia vera L.). Int. J Plant Sci. 160(5):827-835

- Pontikis, K.A. 1975. Contribution to studies on pistachio pollination problems, The effect of sprays with winter oil (DNOC) on the earliness of flowering in pistachio. Nea Agrotiki Epitheorisis 9:291-298 en Hort. Abstr. 46 (10):9098 (1976).
- Porlingis, I.C. 1974. Flowers bud abscission in pistachio (*Pistacia vera* L.) as related to fruit development and other factors. J. Am. Soc. Hort. Sci. 99(2):121-125.
- Procopiou, J. 1973. The induction of early blooming in female pistachio trees by mineral oil-DNOC winter sprays. J. Hort. Sci. 48:393-395
- Raabe, R.D. y Wilhelm, S. 1978. Susceptibility of several *Pistacia* spp. to *Verticillium albo-atrum*. Plant Dis. Rep. 62(8):672-673.
- Rauschkolb, R.S., Rolston, D.E., Miller, R.J., Carlton, A.B., y Buran, R.G. 1976. Phosphorus fertilization with drip irrigation. Soil Sci.Soc. Am. J. 40:68-72.
- Reinoso, D. 1972. El pistachero. Hojas divulgativas Núm. 14-72 H. Min. De Agrc. Madrid, España
- Saavedra E. 1980 Perspectivas para el desarrollo de frutales tipo nuez en Chile. Corporación de Fomento de la Producción. Gerencia de Desarrollo AA 81/45. 303 p
- Saavedra, E. 2000. Manejo agronómico y fertirriego en huertos de producción intensiva de pomáceas en Chile. En 1er Seminario Internacional de Fertiriego. Soquimich, 28-30 de agosto, Santiago, Chile
- Saavedra, O. E., Quezada, G. C. y Barraza, C. A. 2007. En: Identificación de Factores Críticos Técnico – Productivos del Pistachero, sus posibles soluciones, Situación del Mercado y Estudio Económico del Rubro. Estudio FIA – ES – C – 2005 – 1 - 003
- Schwankl, L.J. 2005. Microirrigation systems. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis.
- Spiegel-Roy, P.; Assaf, R. y Garmi, I. 1972. Essais d’acclimatation et de culture du pistachier (*Pistacia vera* L.) en Israel. Fruits 27(9):619-625.
- Seyfettin, A.AH., Arpacı, S., Tekin, H. Y Yaman, A 1998. Determination of the most suitable total temperature and harvest time of some Pistachio cultivars. Acta Hort. (ISHS) 470:502-506
- Takeda, F.; Crane, J.C. y Lin, J. 1979. Pistillate flowers bud development in pistachio. J. Am Soc. Hort. Sci. 104(2):229-232.
- Thompson, S.V. y Mehdy, M.C. 1978. Ocurrance of *Aspergillus flavus* in pistachio nuts prior to harvest. Phytopathology 68(8):1112-1114.
- Uriu, K.; Carlson, R.M. y Henderson, D.W. 1977. Application of potassium fertilizer to prunes through a drip irrigation system. Seventh Int. Agr. Plastic Congr. Proc., San Diego, Calif. pp.211-14
- Valenzuela, B.J., Muñoz S.C., Lemus, S.G.; Cortés, T.J y Lobato S.A. 1999. Pistacho (*Pistacia vera* L.) Evaluación de una alternativa frutícola para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Serie La Platina N° 87.

- Weinbaum, S., Picchioni, G., Muraoka, T., Ferguson, L. Y Brown, P. 1994. Fertilizer nitrogen and boron uptake, storage, and allocation vary during the alternate-bearing cycle. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119:24-31
- Whisson, D. A. Y Freeman, M. 2005. Vertebrate pest management. En Pistachio Production Manual. 4ª Ed. Ferguson L. University of California, Davis.
- Whitehouse, W.E. 1957. The pistachio nut - a new crop for the western United States. Economic Botany 11 (4) :281-321.
- Woodroof, J.G. 1979. Tree Nuts: production, processing, products: Pistachio nuts: 572-603. Avi Publishing Company Inc. Westport, Connecticut.
- Wright, D. 1978. Pollen storage and compatibility studies. The Pistachio Association Ann. Rep.: 43-44.