

FRUTALES DE NUEZ

**Cinco alternativas no tradicionales
para el secano interior del Maule**



Autores

Marisol Reyes M.

Arturo Lavín A.

Ministerio de Agricultura
Instituto de Investigaciones Agropecuarias
Centro Regional de Investigación Raihuén
Chillán, 2014.

FRUTALES DE NUEZ

Cinco alternativas no tradicionales para
el secano interior del Maule



Autores

MARISOL REYES M.

ARTURO LAVÍN A.

Centro Regional de Investigación Raihuén

Chillán, Chile, 2004.

Autores

Marisol Reyes M.
Ingeniero agrónomo, Dr.

Arturo Lavín A.
Ingeniero Agrónomo

Director Regional INIA
Rodrigo Avilés Rodríguez

Edición
Hugo Rodríguez A.

Boletín INIA N° 301.

Este boletín fue editado por el Instituto de Investigaciones
Agropecuarias, Centro Experimental Cauquenes, INIA Raihuén.

Permitida su reproducción total o parcial, citando la fuente y
autores.

Cita bibliográfica correcta:

Reyes M., Marisol; Lavín A. Arturo. 2014. Frutales de Nuez,
cinco alternativas no tradicionales para el secano interior del
Maule. Boletín INIA N° 301. 138 p. Instituto de Investigaciones
Agropecuarias, Cauquenes, Chile.

Diseño y diagramación:
Ricardo González Toro

Impresión:
Trama Impresores S.A.

Cauquenes, diciembre de 2014.

ÍNDICE

	PRÓLOGO	5
CAPÍTULO 1	AVELLANO CHILENO	7
CAPÍTULO 2	AVELLANO EUROPEO	21
CAPÍTULO 3	PISTACHO	43
CAPÍTULO 4	PECANO	81
CAPÍTULO 5	MACADAMIA	103
CAPÍTULO 6	CONCLUSIONES	133

PRÓLOGO

El desarrollo de la fruticultura en la zona de Cauquenes, y por cierto en muchos sectores del secano interior de Chile, presenta una serie de condiciones que son necesarias de considerar al abordar la fruticultura. Geográficamente están distanciados de centros de procesamiento en fresco. Además, no hay capacidad de refrigeración instalada en la zona, por lo que la fruta se cosecha y envía a su destino sin haber sido sometida a pre-frío. Hay emprendimientos locales con producciones exportables, que por falta de este acondicionamiento, terminan con fruta que se deteriora en el transporte y que finalmente es destinada al mercado nacional. Bajo esta condición, especies de nuez, que son posibles de acondicionar en la misma zona y que no tienen una postcosecha exigente, son ventajosas en este aspecto.

Los suelos del secano se caracterizan por presentar bajos niveles de materia orgánica, poseer una escasa fertilidad natural, particularmente en nitrógeno, fósforo y micro nutrientes como boro y zinc. Aunque en la comuna de Cauquenes se han realizado plantaciones con especies exigentes en calidad de suelo, como arándano, éstas han sido puestas sobre condiciones artificializadas, en camellones, que se preparan específicamente para la especie. Sin embargo, esta labor solo se paga en algunos casos y requiere una inversión mayor al iniciar una plantación. Así, una especie menos exigente en condiciones de suelo tiene ciertas ventajas, sin que esto signifique que no sea necesario invertir en una buena preparación de suelo y fertilizaciones de pre y post plantación.

Otra característica es que sus productores son, en general, multirubristas. Pocos agricultores basan su actividad en un solo rubro, por lo que al pensar en fruticultura se requieren frutales complementarios, que en especial no coincidan en sus fechas de cosecha. De especial importancia en la zona es el cultivo de la vid para

vinificación, por lo que en muchos casos la decisión de plantar una determinada especie frutal, es afectada por la época en que ella debe cosecharse. También la ganadería es un rubro relevante. En muchos casos, los agricultores quieren aprovechar el pasto que crece bajo los árboles para forraje animal, por lo que las especies frutales que permitan el pastoreo (agroforestería) tienen una ventaja.

Teniendo en consideración las particularidades señaladas previamente, los frutos de nuez, como grupo, presentan características que se acomodan a los requerimientos culturales y ambientales de la fruticultura del secano.

Entre 1981 y 1982, en el Centro Experimental Cauquenes, y con el financiamiento de ODEPA, se desarrolló un estudio para evaluar una serie de especies frutícolas en el área de Cauquenes. De ese estudio se publicó, en 2001, el Boletín INIA “Frutales para el secano interior: Comportamiento de carozos y pomáceas”. Ahora, en esta nueva publicación presentamos los resultados para frutales de nuez, que excluye el cultivo del nogal, ya que fue expresamente tratado, también en 2001, en el libro INIA “El nogal en Chile”.

Cabe señalar que, dado que el estudio incluyó una gran cantidad de especies de todo tipo, el manejo de cada una de ellas fue más bien generalista, sin ahondar particularmente en los requerimientos de cada una, por lo que los resultados deben considerarse dentro de ese contexto.

Los autores

1

AVELLANO CHILENO

(*Gevuina avellana* Mol.)
[Avellano chileno, Gevuín,
nefuen, ngefuñ]

Arturo Lavín A.

1.1. Clasificación botánica

El avellano pertenece a la familia *Proteaceae* y al género *Gevuina*. A la misma familia pertenecen también las Macadamias (*Macadamia sp.*), frutales de nuez originarios de Australia y cuyos frutos son comestibles. La familia tiene cuatro géneros en Chile: *Gevuina*, *Enbothrium*, *Lomatia* y *Orites*. Al primero pertenece el avellano (*Gevuina avellana* Mol.); al segundo el notro o ciruelillo (*Embothrium coccineum* Forst.); al tercero pertenecen el radial (*Lomatia hirsuta* (Lam.) Diels), el piñol o avellanillo (*Lomatia dentata* (R. et Pav.) R. Br.) y el fuinke (*Lomatia ferruginea* (Cav.) R. Br.). Finalmente, al cuarto género pertenece el mirtillo (*Orites myrtoidea* (Poepp. et Endl.) Benth. et Hook. Varios de ellos tienen un valor ornamental y a otros se les ha asignado un valor por su madera (Muñoz, 1959).

1.2. Origen

El género *Gevuina* es endémico y monotípico en Chile. Se distribuye entre las cordilleras de la Costa y de Los Andes desde la costa de Valparaíso hasta las islas Guaitecas, pero su ambiente óptimo lo encuentra en el bosque valdiviano del sur de Chile (Halloy *et al.*, 1996). Es una especie de sotobosque que puede alcanzar un nivel intermedio, normalmente se encuentra asociado a especies de Fagáceas, principalmente Roble y Raulí (Donoso, 1978).

1.3. Descripción de la especie

El árbol, que puede alcanzar una altura 18 a 20 metros, posee una hermosa madera veteada muy usada en mueblería, además de un llamativo follaje siempre verde (Foto 1.1.) que permite su uso como árbol ornamental.

Sus frutos comestibles han sido consumidos por los pueblos aborígenes mapuches desde antes de la llegada de los colonizadores españoles. Los frutos se consumen frescos, secos, tostados o como harina.

Se distribuye entre las cordilleras de la Costa y de Los Andes, desde la zona costera de Valparaíso (33°S) hasta las islas Guaitecas (45°S); sin embargo, su ambiente óptimo lo encuentra en el bosque valdiviano del sur de Chile (aproximadamente entre 36° S y 47° S) (Halloy *et al.*, 1996; Luebert, F. and Pliscoff P., 2005).



Foto 1.1. Follaje de avellano chileno.

El avellano chileno crece como árbol erecto cuando está asociado a otras especies, y en forma globosa cuando se encuentra aislado. La corteza es lisa y de color plumbeo. Sus ramas son largas y algo desnudas. Las hojas son persistentes, imparipinadas¹, coriáceas² y doblemente aserradas, sin vellosidad, de un color verde intenso y lustroso que las hace muy atractivas para adornos florales, razón por la que su follaje se explota abusivamente. Tiene flores hermafroditas (Foto 1.2) y su fruto (Foto 1.3) corresponde a una nuez (Muñoz, 1959; Lobos, 1987).

El avellano presenta raíces proteiformes³, que se han descrito para las *Proteaceae* aunque no son exclusivas de esta familia. Aún no se ha logrado aclarar las causas de su origen ni el efecto que ejercen sobre la planta (Grinbergs *et al.*, 1987).

1.4. Características agronómicas

Si bien el avellano chileno no es una especie que se use como cultivo agrícola en forma habitual, diversos antecedentes de ensayos y pruebas permiten definir algunas de sus características agronómicas. En especial, la Universidad Austral en Valdivia y la Universidad de la Frontera en Temuco, han trabajado en la incorporación de la especie como cultivo. En Nueva Zelanda también se ha estado intentando su cultivo desde semillas importadas desde Chile. (Halloy *et al.*, 1996).

1.4.1. Suelos

Es una especie bastante plástica en cuanto a su adaptación a diferentes tipos de suelo. Así, Donoso *et al.* (1992) aseveran que en el sur de Chile es capaz de crecer en suelos profundos de baja densidad, buena porosidad y buen nivel

¹ Que posee hojas con un último foliolo al final del raquis, por lo que su número es impar.

² De consistencia similar al cuero.

³ Raíces con forma de racimo.

de nutrientes y también sobre sustratos volcánicos (lavas y escorias) y en los ñadis (suelos volcánicos, delgados y saturados). En la zona central crece tanto en la precordillera andina como en la cordillera de la costa. En la primera, lo hace generalmente sobre suelos de origen volcánico. En la costera sobre suelos graníticos en la vertiente oriental y en los derivados de rocas metamórficas en la vertiente occidental, generalmente en posiciones inclinadas y sobre suelos de baja fertilidad.

Halloy *et al.* (1996) sostienen que es muy probable que existan ecotipos de avellano adaptados a diferentes condiciones de suelo, lo que haría muy necesaria la selección de los mejores individuos para cada condición de suelo en la que se le encuentra vegetando en forma natural.

1.4.2. Clima

El avellano se desarrolla en una amplia variedad de climas. Así, en la zona central crece en clima mediterráneo subhúmedo a húmedo (500 a 1.000 mm de precipitaciones por año) y en el sur en uno templado húmedo lluvioso (3.000 a 4.000 mm). Acepta temperaturas cálidas a muy frías. También está adaptado a una amplia variabilidad en luminosidad, lo que le permite comportarse como especie intolerante tanto como semi tolerante (Donoso *et al.*, 1992).

El avellano, a diferencia de la macadamia, su pariente cercano, es bastante tolerante al frío, lo que ha sido confirmado en plantas creciendo en Nueva Zelanda a una latitud más austral que el área de distribución natural y de cultivo de la macadamia (Halloy *et al.*, 1996).

1.4.3. Riego

No se tiene antecedentes de cultivo de avellano bajo riego, salvo la experiencia en Cauquenes en la década de 1980, en suelos graníticos algo pesados.

Lamentablemente, se murieron todas las plantas entre los años 2 y 3 luego de la plantación, sin que se haya podido determinar la causa específica de la muerte, ya que no se logró asociar a algún patógeno o factor abiótico.

1.4.4. Nutrición

No existen estándares sobre los requerimientos nutricionales del avellano. Algunos antecedentes pueden revisarse en Medel 2014.

1.4.5. Fructificación

Los árboles tienen flores hermafroditas en racimos axilares largos y delgados, de color blanco. El fruto corresponde a una nuez, su forma es variable, pero predomina la redonda con el ápice algo protuberante. Su tamaño varía entre 1,5 a 2,0 cm de diámetro. Su color verde cambia a rojo al inicio de la madurez, para terminar de color café oscuro a negruzco cuando está plenamente maduro. Permanece en el árbol entre 12 y 15 meses (Lobos, 1987; Halloy *et al.*, 1996).



Foto 1.2. Flores de avellano chileno en diferentes estados de desarrollo.

El fruto del avellano tiene un sabor muy apreciado y un gran valor alimenticio y calórico por su alto contenido de proteínas y lípidos (Cuadro 1.1). El aceite que se puede obtener de él, por su composición en ácidos grasos, es comparable a los de oliva y raps (Cuadro 1.2). Singularmente, entre los aceites vegetales presenta un alto contenido en ácido palmitoleico, lo que lo hace fácilmente absorbible por la piel y un muy buen filtro para la luz ultravioleta, por lo que podría tener un amplio uso en lociones bronceadoras en cosmética, donde ya existen algunas experiencias en cosmetología y fitoterapias (Lobos, 1987; Medel, 2014).

Por otra parte, estudios realizados en la Universidad Austral de Chile han evaluado favorablemente las perspectivas de los frutos de esta especie para uso en industria alimenticia, farmacológica, cosmetológica y fitoterapéutica (Jil, 2006; Carrillo, T. 2004).



Foto 1.3. Frutos de avellano chileno.

Cuadro 1.1. Composición química de la semilla de avellano chileno expresada en base seca.

Componente		
Humedad	%	7,07
Proteínas	%	12,66
Extracto etéreo	%	47,69
Glúcidos totales	%	20,44
Glúcidos reductores	%	1,00
Fibra cruda	%	4,90
Cenizas	%	4,12
Calorías	cal/g	680

Fuente: Elaborado sobre la base de INTEC-CHILE, 1982.

Cuadro 1.2. Composición porcentual de algunos aceites comestibles.

Ácido graso	Avellana chilena	Avellana europea	Oliva	Raps
Palmitoleico	27,6	22,0	0	0
Oleico	39,8	37,0	74,5	58,0
Linoleico	6,9	11,2	10,0	14,5
Linolénico	10,1	11,5	0,5	7,9

1.4.6. Portainjerto y Variedades

La Universidad Austral de Chile, en Valdivia, ha desarrollado por varios años un programa de evaluación de selecciones clonales de avellano (Medel y Medel, 2002), donde además se ha caracterizado la composición y propiedades de sus frutos (Medel, F. 2005; Valdivia, V. 2003). Actualmente este trabajo se encuentra en su etapa de obtención de patentes y registros (Medel, F. 2014, comunicación personal).

1.5. Estudio de propagación y establecimiento del avellano en Cauquenes

1.5.1. Metodología

En 1983 se intentó establecer bajo cultivo árboles de avellano chileno en el Centro Experimental Cauquenes del INIA. Para tal efecto, en 1982 se colectaron semillas en dos sectores cercanos de la Cordillera de la Costa: “El Corte” entre Cauquenes y Chanco, y en Coronel de Maule, al sur oeste de Cauquenes. Las semillas se colectaron al momento de su madurez y se guardaron en bolsas de papel, la mitad en un refrigerador (4°C) y la otra mitad a temperatura ambiente, por 3 meses, procediéndose a sembrarlas en platabandas de arena cuarzosa.

Además de la propagación por semillas, se utilizó el método de propagación por estacas. Para ello, se colectaron ramas que presentaron un buen crecimiento en la temporada anterior en el sector El Corte. Las ramas fueron removidas al inicio de la primavera. De las ramas colectadas se separaron estacas de la parte apical y basal, a las que se les aplicó hormonas comerciales para enraizamiento en la base y se las puso a enraizar en una cama de arena. Debido a que las estacas estuvieron a la intemperie, fueron regadas tres veces al día para evitar deshidratación.

De las plantas obtenidas por semilla, se plantaron dos hileras de 7 plantas por procedencia, en sector de lomajes con suelo serie Cauquenes, regados por goteo con dos goteros de 4 L/h por árbol. Las plantas fueron regadas 8 horas diarias desde octubre hasta abril. La fertilización y los tratamientos sanitarios fueron los detallados en el Cuadro 1.3. Se llevaron registros permanentes de los resultados y del estado de las plantas, los que se condensaron en informes anuales (Lavín, 1983; Lavín, 1983a; Lavín, 1984; Lavín, 1985; Lavín, 1987; Lavín, 1988 y Lavín, 1989).

¹ Evaluación de nuevas alternativas frutícolas para el secano interior. Subestación Experimental Cauquenes de INIA. Informes técnicos presentados en Odepa en 1983; 1984; 1985; 1987; 1988; y 1989.

Cuadro 1.3. Fertilización y tratamientos sanitarios aplicados a avellano chileno en Cauquenes.

Fertilizaciones	Fecha	Fertilizante	Dosis (g/árbol)
	13.01.84	Urea	100
	25.04.84	Urea	200
		Sulfato de potasio	200
		Boronatrocálcita	25
	09.08.85	Urea	200
		Sulfato de potasio	200
		Boronatrocálcita	10
	28.07.86	Nitrato de amonio	200
		Sulfato de potasio	100
		Superfosfato triple	100
	15.10.86	Salitre potásico	50
	25.08.87	Urea	100
	22.09.87	Salitre potásico	50
	20.10.87	Salitre potásico	50
	18.11.87	Salitre potásico	50
	22.12.87	Nitrato de amonio	50
Tratamientos sanitarios		Producto	(g-cc/100L agua)
	25.04.84	Oxicloruro de cobre	600
	25.04.84	Oxicloruro de cobre + aceite citroliv	600+1000
	27.07.84	Oxicloruro de cobre	600
	17.04.85	Oxicloruro de cobre + aceite citroliv	600+2000
	25.04.85	Oxicloruro de cobre + aceite citroliv	600+2000

1.5.2. Resultados

De las partidas de semillas de diferentes procedencias, las que recibieron tratamiento de frío germinaron entre un 32 y 71%, mientras que las que se mantuvieron a temperatura ambiente prácticamente no lograron germinar, pudriéndose la mayoría de ellas (Cuadro 1.4).

Cuadro 1.4. Germinación de semillas de avellano chileno (*Gevuina avellana* Mol.)

Procedencia	Tratamiento	Semillas sembradas (número)	Semillas germinadas (número)	Germinación (%)	Plantas obtenidas	
					(número)	(%)
El Corte	Con frío	60	43	71,7	42	70
	Sin frío	60	1	1,7	0	0
Coronel	Con frío	50	16	16,0	15	15
	Sin frío	50	0	0	0	0

Con las estacas se obtuvo enraizamiento, tanto en las apicales como en las basales, siendo superior el porcentaje de enraizamiento en las primeras (Cuadro 1.5). En ambos casos se observaron abundantes raíces proteiformes.

Cuadro 1.5. Enraizamiento de estacas de avellano chileno (*Gevuina avellana* Mol.)

Tipo de estaca	Estacas iniciales (número)	Estacas enraizadas (número)	Plantas obtenidas	
			(número)	(%)
Apicales	38	14	12	31
Basales	27	5	3	3

Los árboles plantados a salidas de invierno en terreno, bajo condiciones de cultivo, crecieron muy bien durante la primavera y verano; sin embargo, durante el invierno el follaje tomó un color amarillento y varios de ellos murieron. En la siguiente temporada se replantaron los árboles muertos y los sobrevivientes recuperaron una buena apariencia y retomaron el crecimiento. Al próximo invierno solo uno de los originalmente plantados logró sobrevivir (Cuadro 1.6).

Cuadro 1.6. Supervivencia de plantas de avellano chileno bajo cultivo, en Cauquenes.

Procedencia	Plantas plantadas (número)	Nº de plantas vivas			
		Al 1º año		Al 2º año	
		número	%	número	%
El Corte	7	4	57	1	14
Coronel	7	3	43	0	0

Se continuó replantando los árboles que se secaban y se adicionó nutrientes mediante fertilización, de acuerdo a las pautas para otras especies frutales. Incluso se hicieron aplicaciones preventivas contra posibles enfermedades (Cuadro 1.3.), pero al mantenerse el problema se decidió suspender el la intención de cultivo de la especie, sin haber podido determinar la causa del fracaso.

Como posibles causas se pueden argumentar, entre otras: el tipo de suelo, que escapa a los característicos de los lugares donde la especie vegeta naturalmente; algún problema nutricional debido a niveles bajos o excesivos de algún elemento en el suelo, debido a que el síntoma de clorosis generalmente responde a problemas de nutrición; sobresaturación de agua en el suelo durante el invierno, lo que pudo provocar asfixia de raíces o indirectamente algún problema nutricional.

1.6. Proyección de la especie en el secano interior

Si bien los resultados en este intento, de poner bajo cultivo a esta especie nativa no fueron auspiciosos, es tal la falta de conocimientos sobre sus repuestas a las prácticas de manejo, que no puede darse por descartada como una de las especies que puede abastecer de una nuez con bastante demanda y con un alto potencial de desarrollo de productos secundarios, como alimentos (harinas) y productos industriales (aceites). No se debe dejar de tomar en cuenta el interés que existe en otros países por desarrollar su cultivo.

Por lo anterior, y tal vez como intento primario, debiera estudiarse su respuesta en sectores similares a sus ambientes naturales. Si bien éstos no se dan en gran parte del secano interior, sí se encuentran en los sectores en que éste limita con la Cordillera de la Costa, donde es habitual encontrar algunos ejemplares creciendo espontáneamente. En estos sectores, el cultivo del avellano chileno y la producción de avellanas pueden constituirse en alternativa más rentable que la forestación, especialmente para los pequeños propietarios de estos sectores.

1.7. Literatura citada

- Carrillo, T. 2004.** Caracterización y evaluación del contenido de lípidos y ácidos grasos en nueve clones de *Gevuina avellana* Mol. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Tesis para optar al grado de Licenciado en Agronomía. 77 p.
- Donoso, C. 1978.** Avance de investigación: Antecedentes sobre producción de avellanas. *Bosque* 2(2):105-108.
- Donoso, Z. C.; Cortés B. M.; y Escobar R., B. 1992.** Técnicas de vivero y plantaciones para avellano (*Gevuina avellana*). Chile Forestal, Documento Técnico N° 63. CONAF.
- Grinbergs M., J.; Valenzuela F., E. y Ramírez, G., C. 1987.** Formación y desarrollo de raíces proteiformes en plántulas de *Gevuina avellana* Mol. Agro Sur, Valdivia, Chile. 15(1): 1-9.
- Halloy, S.; Grau, A. and McKenzie, B. 1996.** *Gevuina nut (Gevuina avellana, Proteaceae)*, a cool climate alternative to Macadamia. *Economic Botany* 50(2) pp. 224-235.
- INTEC-CHILE. 1982.** Recolección e industrialización de la avellana chilena. Santiago, Chile. 87p.
- Jil, P. 2006.** Variación del contenido de los ácidos grasos en el aceite extruido en frío de nueve clones de *Gevuina avellana* Mol. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Tesis para optar al grado de Licenciado en Agronomía. 72 p.
- Lobos, A. W. 1987.** Avellano chileno. IPA Carillanca, Temuco, Chile. Año 6 N° 2 pp. 12-14.
- Luebert, F. and Plischoff, P. 2005.** Sobre los límites del bosque valdiviano. *Chloris Chilensis* Año 8 N° 1. URL: <http://www.chlorischile.cl>
- Martínez, J. 2001.** Evaluación de la producción de nueces de once clones de *Gevuina avellana* Mol. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Tesis para optar al grado de Licenciado en Agronomía. 87p.
- Medel, F. and Medel, G. 2002.** Growth of seedling rootstocks of *gevuina avellana* Mol. by soil and foliar fertilization. *Acta Hort.* (ISHS) 594:179-183.
- Medel, F. 2005.** Clonal selection in *gevuina avellana* for nutritional and phytotherapy purposes. *Acta Hort.* (ISHS) 686:625-630.

- Medel, F. 2015.** Plantas de calidad para la producción comercial de gevuin (avellano chileno). Seminario Internacional: Actualidad en la Producción y Comercialización de Frutos de Nuez . EXPONUT 2014. Santiago, 08 de Mayo del 2014
- Muñoz, P. C. 1959.** Sinopsis de la flora chilena. Ed. Universitaria, Santiago, Chile. 840 p.
- Navarro, S. A. 2002.** Propagación por esquejes de cinco clones de Gevuin (*Gevuina avellana* Mol.). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Tesis para optar al grado de Licenciado en Agronomía. 97p.
- Silva, A., V. 2002.** Caracterización estructural, fenológica y productiva de once clones de “Avellano chileno” (*Gevuina avellana* Mol.). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Tesis para optar al grado de Licenciado en Agronomía. 98p.
- Valdivia, V. 2003.** Composición química cotiledonar en nueces de nueve clones de Gevuin (*Gevuina avellana*. Mol). Tesis de Licenciado en Agronomía, U Austral de Chile. 53 p.

2

AVELLANO EUROPEO

(*Corylus avellana* L.)

Arturo Lavín A.
Marisol Reyes M.

2.1. Clasificación botánica

El avellano pertenece a la familia *Betulaceae*, subfamilia *Coryloidea*, género *Corylus*, que posee 25 especies. Las de interés económico son: *C. avellana* L., *C. maxima* Mill y sus híbridos. Son interesantes para mejoramiento genético por su resistencia al frío y a enfermedades, *C. americana*, avellano americano, arbusto silvestre del este de los EE.UU. y *C. cornuta*, avellano picudo, arbusto silvestre, estolonífero, que crece desde la zona central a la costa oeste de los EE.UU. Por su baja tendencia a emitir sierpes desde el tronco, *C. colurna* L. avellano turco, árbol grande, silvestre, ornamental y *C. chinensis* Franch., avellano chino, árbol grande, subtropical, ornamental y maderero. Ambas especies pueden ser usadas como patrones de *C. avellana*. Otras especies son *C. ferox*, avellano tibetano, árbol pequeño que crece en tierras altas, *C. jacquemontii*, avellano indio, es una versión más pequeña que *C. colurna* (Westwood, 1982; Jona, 1986).

2.2. Origen

El origen del avellano parece estar en Asia, desde donde fue introducido a Grecia. La mayoría de las especies cultivadas de este género son nativas de Europa o Asia. A Chile probablemente llegó con los españoles (Grau, 2003; Valenzuela *et al*, 2001).

En idioma inglés, las avellanas se denominan Hazel o *Filbert*. Hazel viene de la palabra anglo-sajona “Haezel”, que quiere decir gorro, la que a su vez viene del griego “korys”, casco o capucha. En Norteamérica se denomina Hazel a las especies nativas y *Filbert* a las de origen europeo (Owen and Severson, 2006).

Las avellanas europeas ocupan el segundo lugar en el mercado mundial de producción de frutos de nuez. Turquía es el líder en el mercado mundial, con un 80% de total de la producción, seguido por Italia (Snare, 2008).

2.3. Descripción de la especie

Es una especie caducifolia. En estado natural son arbustos, con variable número de pies o fustes, pero bajo cultivo se utiliza principalmente un sistema de un monoeje (Foto 2.1.) (como árbol de un solo tronco), multieje (con tres a cuatro ejes). Especial mención requiere el sistema utilizado en Turquía, en el que se plantan tres a cuatro árboles en el hoyo de plantación, metodología que recibe el nombre de “ocak”.

Las hojas son ovales, en general, doblemente aserradas y más o menos pubescentes (Westwood, 1982). El crecimiento es simpodial y el vigor de los brotes originados por yemas axilares disminuye del extremo a la base del brote. Esto significa que el brote de un año presenta acrotonía, lo cual corresponde a la forma arbórea. Sin embargo, a fines del verano, el árbol presenta una basitonía, pues se produce el crecimiento de sierpes, lo que corresponde a la forma arbustiva (Tasias, 1975). Tiene raíces fibrosas, poco profundas, que se desarrollan, principalmente, en los primeros 60 cm del suelo (Hazelnut Growers of Australia, 2005).



Foto 2.1. Huerto conducido en sistema monoeje.

Es una especie diclino monoica, es decir, posee flores machos y flores hembra en un mismo pie, pero separadas físicamente. Las flores masculinas se agrupan en inflorescencias llamadas amentos, los que aparecen en las axilas de las hojas en forma aislada o en grupos de 2 a 3 e incluso hasta 8 (Fotos 2.2. a y b).

La flor femenina se denomina glomérulo (Foto 2.2.b.). Posee un gineceo bicarpelar y dos estilos que se juntan por la base en el esbozo de un ovario. El glomérulo tiene un aspecto similar a las yemas vegetativas, siendo posible distinguirlas en invierno al momento de la floración, porque en su extremidad aparece un ramillete de estigmas de color rojo vivo. Nacen en racimos sobre yemas laterales en madera del año anterior y situados en posición terminal, sobre un brote corto que se desarrolla de la yema mixta (Westwood, 1982; Torres, 1994).



Foto 2.2. Amento o inflorescencia masculina abierta (a). Flores femeninas denominadas glomérulos (b).

En medicina popular las hojas y corteza de las ramas son utilizadas como astringente, de acción hemostática y antiinflamatoria. Se señala que tienen un ligero efecto hipertensor y que su aceite es saludable para pieles grasas. Se caracteriza por su alto contenido de vitamina A y por ser rico en vitamina E, siendo además destacables los niveles de calcio, magnesio y potasio. También contiene ocho aminoácidos considerados esenciales. Tiene 634 kcal por cada 100 g de porción comestible. Otros componentes se señalan en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Composición de 100 g de frutos de avellano europeo.

Componente	(%)	Vitaminas y minerales	(mg)
Agua	5,8	Vitamina A	--
Proteínas	12,6	Tiamina, B1	0,46
Grasas	62,4	Riboflavina, B2	--
Carbohidratos	16,7	Niacina	0,9
		Vitamina C	Trazas
		Calcio	209
		Fósforo	337
		Hierro	3,4
		Sodio	2
		Potasio	704

Fuente: Adaptado de Westwood, 1982.

2.4. Características agronómicas

2.4.1. Suelos

Requiere de suelos bien drenados, no tolera excesos de humedad ni estratas duras. Si bien su sistema radical es más bien superficial, en suelos profundos se produce mayor exploración, pudiendo llegar a 2 o 3 m. En suelos poco profundos se produce crecimiento inicial por ocho a diez años, pero después declina, y no logra alcanzar rendimientos elevados. El pH óptimo para su desarrollo es entre 6 y 7 (Tous, 2001; Grau, 2007).

2.4.2. Clima

El avellano es una planta de climas templados. Las temperaturas medias anuales deben oscilar entre 12 y 16 °C (Hazelnut Growers of Australia Ltd., 2001; Grau, 2003).

El mejor clima es aquel con un verano suave e invierno frío. Se deben evitar sitios con vientos fuertes y de efecto desecante en verano (Tous, 2001). Sitios con

temperaturas sobre 35 °C y baja humedad relativa durante el período vegetativo, debieran evitarse (Grau, 2007).

En zonas muy ventosas, las plantas presentarán ejes doblados y ramas primarias mal ubicadas, lo que obligaría a instalar cortavientos (Grau, 2007).

Requiere largos períodos de frío para asegurar el llenado de frutos y adecuados rendimientos. Los requerimientos de frío de las yemas florales macho, hembra y vegetativas varían, pero con alrededor de 1.200 horas entre 5 y 7 °C se considera adecuado. Temperaturas inferiores a -5 °C pueden dañar las flores hembra cuando están abiertas. A fines del invierno, cuando se intercalan a las bajas temperaturas dominantes períodos cálidos cortos, se produce mayor daño en los amentos que cuando las bajas temperaturas son estables desde el inicio de la estación.

Cuando los amentos se encuentran en dormancia, pueden dañarse con temperaturas de alrededor de 21 °C. Temperaturas más altas en verano pueden quemar las hojas y evitar una adecuada fructificación.

El avellano no tolera condiciones ventosas combinadas con veranos calurosos y de baja humedad. Se señala que los climas con alta humedad durante el período vegetativo (70 - 80%, entre septiembre y abril) son óptimos para la especie (Tous, 2001; Grau, 2003). Sin embargo, existe una amplia variabilidad en la capacidad de respuesta de las diferentes variedades a esta condición climática.

Respecto a la exposición, el avellano necesita posiciones aireadas, pero no estar expuesto a viento permanente, ya sea en invierno o verano. Esto debido a que el viento excesivo perturba la fecundación en invierno y en verano, sobre todo si es cálido, pues provoca una transpiración excesiva en el follaje para lo que la especie no tiene adecuados mecanismos de control, o éstos son poco eficientes en condiciones de estrés. Además, su sistema radical no es muy eficiente para compensar fuertes pérdidas de humedad desde el follaje (Tous, 2001; Grau, 2003).

2.4.3. Riego

Las necesidades varían acorde a las condiciones climáticas. En climas cálidos, con precipitaciones que bordean los 500 mm/año (Tarragona, España), se requieren 2.500 m³/ha para riego, distribuidos entre noviembre y marzo (Tous, 2001). En zonas con precipitaciones cercanas a los 600 mm/año (Clermont-Ferrand, Francia), en ausencia de lluvias, para árboles de nueve años de edad se ha determinado requerimientos de riego que pueden variar entre 20 y 48 L/árbol/día, siendo particularmente demandante entre enero y febrero (Mingeau and Rousseau, 1994).

Especialmente sensible al déficit hídrico es el período desde polinización a llenado de nuez, donde se ha observado una reducción promedio del rendimiento de hasta 60%. Incluso, en algunas circunstancias puede producirse deterioro de la calidad y valor de la producción. Otro período muy crítico se produce 10 días antes de la fertilización floral, cuando el desarrollo de la inflorescencia es rápido, por lo que el momento y duración de los estados fenológicos puede ser relevante para evitar, parcialmente, los daños de un déficit hídrico (Mingeau *et al.*, 1994).

Estudios realizados en Italia (Tombesi, 1994), sugieren que para obtener la mayor asimilación por parte de las hojas, el contenido de agua en el suelo debería mantenerse sobre un 60% de la capacidad de campo, sin excederse demasiado para evitar pérdidas de agua.

2.4.4. Nutrición

La fertilización, como en cualquier frutal, debe realizarse de acuerdo al estado de crecimiento del huerto.

Previo a la plantación se recomienda realizar análisis de suelo. Éste será útil para determinar necesidades de potasio, magnesio y encalado (cuando el pH es inferior a 5,6).

En huertos establecidos se recomienda realizar análisis foliar y junto con la observación de las condiciones del huerto realizar la fertilización. Los niveles foliares normales de nutrientes se entregan en el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Rangos adecuados de concentración de elementos minerales en hojas de avellano europeo.

Elemento	Rango de concentración adecuada	
Nitrógeno	2,21 - 2,50	%
Fósforo	0,14 - 0,45	%
Potasio	0,81 - 2,00	%
Azufre	0,13 - 0,20	%
Calcio	1,01 - 2,50	%
Magnesio	0,25 - 0,50	%
Cobre	5 - 15	ppm
Zinc	16 - 60	ppm
Manganeso	26 - 650	ppm
Hierro	51 - 400	ppm
Boro	31 - 75	ppm

Fuente: Adaptado de Olsen, J. 2001.

La tasa anual de crecimiento de las ramillas en una planta de avellano, en los dos a tres primeros años, debiera ser de entre 45 y 75 cm; sin embargo, en árboles adultos 25 cm anuales son suficientes. Un crecimiento reducido y amarillez en las hojas, frecuentemente son signo de deficiencia de nitrógeno. En plantaciones nuevas, el nitrógeno debe comenzar a aplicarse pasados dos períodos de crecimiento. En árboles adultos, en el inicio del período de crecimiento, el avellano utiliza el N almacenado y muy poco el de la fertilización. La más eficiente extracción del N aplicado al suelo ocurre durante el crecimiento activo de primavera. El momento de aplicación puede tener un importante efecto en cómo el N aplicado es usado por el árbol. Aplicado en septiembre tiende a estimular un crecimiento vegetativo vigoroso, mientras que aplicaciones parcializadas, entre septiembre y diciembre, son destinadas hacia el almacenaje en troncos y raíces. Lo mismo ocurre con aplicaciones parcializadas de N foliar: en enero se destina al fruto, mientras que en postcosecha se destina al desarrollo de yemas (Olsen, 2001; Genc, 2005).

La deficiencia de potasio se manifiesta con hojas y nueces pequeñas (Olsen, 2001). Se recomienda aplicarlo anualmente en forma de sulfato de potasio, para cubrir los requerimientos de azufre del cultivo.

También se pueden presentar deficiencias de boro que se manifiestan en una muerte regresiva de las puntas de los brotes. Otros elementos que se deben cuidar son el azufre, magnesio, calcio y zinc (Olsen, 2001; Grau, 2003).

En Grau (2003) se entregan las recomendaciones de dosis y forma de aplicación de fertilizantes para distintas condiciones de suelo. Un esquema más generalizado respecto de distribución porcentual de fertilizantes, vía fertirriego, se muestra en el Cuadro 2.3. La fertilización anual para árboles en producción debe también considerar la extracción de nutrientes realizada por los frutos. En el Cuadro 2.4 se presenta la demanda de nutrientes para una producción de 1.200 k/ha.

Cuadro 2.3. Rangos adecuados de concentración de elementos minerales en hojas de avellano europeo.

	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	postcosecha
N	40	20	20	5	5	10
P	40	10	10	10	10	20
K	10	20	20	15	5	30
Ca	20	60				20
Mg		30	30	20	10	10

Fuente: Valdés, 2007.

Cuadro 2.4. Extracción de nutrientes para una hectárea de avellano con una producción de 1.200 kg.

Extracción de nutrientes (kg/ha)			
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
19	9	12	16

Fuente: Genc, C. 2005.

2.4.5. Fructificación

Ambos tipos de flores son inducidos el verano anterior a la cosecha. La polinización es anemófila y ocurre durante el invierno. Con bajas temperaturas y presencia de lluvias, el tubo polínico crece hacia la base del estilo y permanece en receso por 5 a 6 meses (verano). Luego retoma su crecimiento y los óvulos son fertilizados. La fertilización, entonces, tiene lugar en verano y la nuez rápidamente se desarrolla y madura a fines de esa estación (Childers, 1969; Grau, 2003).

Al momento de la polinización, el ovario aún no ha terminado de desarrollarse, encontrándose solo tejidos ováricos no diferenciados, incluso 4 a 5 meses después. Además, el fruto comienza a desarrollarse en el nucelo, antes de que se haya llevado a cabo la fertilización. Aunque es posible apreciar una nuez en desarrollo, de color verde blanquecino, si por alguna razón existe un impedimento u obstrucción que limite la fertilización, la nuez queda vana, siendo éste un factor varietal negativo (Jona, 1986).

Algunas variedades de avellano son autoincompatibles, por lo que requieren polinizadores. Otras son ineficientes al liberar el polen demasiado tarde o demasiado temprano para que sea efectivo (Westwood, 1982). Hampson *et al.* (1993) describen que en avellano, la incompatibilidad se manifiesta a nivel del estigma y se caracteriza por el rechazo del polen al entrar en contacto con éste. Como resultado de ello, se produce una importante pérdida de producción debido a la presencia de frutos vanos. Otra razón asociada a la incompatibilidad es la cantidad de polen disponible en relación con su potencial germinativo, lo que limita la cantidad de frutos cuajados, obteniéndose, de esta forma, alta cantidad de frutos vanos (Valenzuela *et al.*, 2001).

El fruto es un aquenio (Foto 2.3.) rodeado por un involucro foliáceo, con pericarpio leñoso indehisciente, conteniendo, en general, una sola semilla con dos cotiledones semiesféricos, ricos en reservas oleaginosas (Torres, 1994). Se agrupan en racimos en un número de 1 a 12. La forma varía desde redonda a oval u oblonga. Las nueces están rodeadas por un involucro hojoso, que se abre desde la base

a fines del verano. Sin embargo, la nuez no se suelta hasta 6 semanas después, cuando está seca y se abre.



Foto 2.3. Frutos de avellana.

2.4.6. Portainjertos

El avellano europeo se puede injertar, como todo frutal, pero la injertación no se usa comercialmente debido a su tipo de crecimiento que tiende a ser arbustivo, con varios fustes o troncos.

2.4.7. Variedades

A continuación se detallan algunas características de las variedades evaluadas en el Centro Experimental Cauquenes de INIA. Referencias sobre otras variedades existentes en el país se pueden consultar en el Boletín INIA N° 108: Avellano Europeo: Manual de plantación y manejo (Grau, 2003).

Barcelona

Es la variedad más importante en los Estados Unidos (Oregon). Su popularidad se basa en el gran mercado de venta de nueces con cáscara, la que se ve favorecida por su forma redondeada y buen sabor (Valenzuela *et al.*, 2001). Es un cultivar muy antiguo, probablemente originado cerca de Barcelona (España). Aparentemente es muy adaptable a un rango amplio de suelos y condiciones de clima.

La planta es de vigor medio y elevada productividad. Fruto de calibre medio a grande, redondo, con un 42% de llenado de nuez, especialmente empleado para consumo en fresco (snacks). Presenta dificultad de descascarado del tegumento. Tiene un rendimiento medio al descascarado. Productividad moderada.

La liberación de polen comienza hacia fines de mayo y se extiende hasta inicios de julio. La receptividad estigmática comienza la segunda quincena de junio y se extiende desde mediados a fines de julio. La cosecha comienza la primera semana de febrero, llegando hasta fines de marzo (Grau, 2003).

Daviana

Es de origen inglés. De vigor medio, crecimiento erecto y escasa productividad, es usado como polinizante.

La liberación del polen comienza entre fines de julio e inicios de agosto y se extiende hasta fines de agosto. La receptividad estigmática se extiende durante todo agosto. La cosecha comienza hacia fines de febrero y se extiende hasta mediados de marzo. Se clasifica como media – tardía en relación a los demás cultivares (Grau, 2003).

El fruto es oval, de tamaño medio a grande, con un 52% de llenado de nuez (Valenzuela *et al.*, 2001).

Butler

Es bien aceptada por los procesadores, por su nuez y cáscara. Es excelente como polinizante de Barcelona. Presenta un fruto de forma oval, de tamaño medio a grande, con un 48% de llenado de fruto (Valenzuela *et al.*, 2001).

2.5. Comportamiento agronómico de la especie en el Centro Experimental Cauquenes (INIA).

2.5.1. Metodología

En un trabajo de prospección del comportamiento de especies frutales en el secano interior, en noviembre de 1982, se plantaron, a una distancia de 7,5 x 5,0 m, cuarenta y cinco plantas de la variedad Barcelona y cinco plantas de Daviana como polinizante, todas sobre sus propias raíces. En el año 1987, debido a problemas en la cuaja, se incorporó el polinizante Butler. El manejo agronómico aplicado fue general para todo el huerto que consideraba 35 diferentes especies, salvo en lo concerniente a control de plagas y enfermedades.

Para describir el comportamiento de los diferentes cultivares, se utilizaron los registros desde la fecha de establecimiento del huerto (1981) hasta 1989 (Lavín, informes anuales²). Las variables que se analizaron fueron las siguientes:

■ Supervivencia

Se contabilizó el número de plantas vivas al quinto año desde plantación (1986-1987) y se llevó a porcentaje respecto de lo plantado.

² Evaluación de nuevas alternativas frutícolas para el secano interior. Subestación Experimental Cauquenes de INIA. Informes técnicos presentados a Odepa en 1983; 1984; 1985; 1987; 1988; 1989; 1990; 1991; 1992 y 1993.

■ **Crecimiento**

Desde el año de plantación de cada variedad se realizaron mediciones de perímetro de tronco a una determinada altura desde el nivel del suelo. Posteriormente, estas mediciones se transformaron en Área de Sección Transversal de Tronco (ASTT), expresada en cm^2 y se graficó en función del tiempo. Se utilizaron regresiones lineales para describir el crecimiento de cada variedad.

■ **Producción**

Se evaluó la producción (kg/árbol) para ocho temporadas (1988/89 –1995/96) y para transformarlas a producción por ha se consideraron 266 árboles/ha.

■ **Características de los frutos**

En las temporadas 1993/94 y 1995/96 se midió peso de nuez (g), peso de semilla (g) y porcentaje de llenado de frutos (%).

■ **Estados fenológicos**

Desde el año 1989 a 1999, para cada variedad, se registró visualmente la ocurrencia de los estados fenológicos de la flor masculina y femenina.

2.6. Resultados y discusión

2.6.1. Supervivencia

En las tres variedades fue bastante satisfactoria, solo observándose muerte de plantas en el establecimiento (Cuadro 2.5.).

Cuadro 2.5. Supervivencia de tres variedades de avellano europeo, a la quinta temporada desde plantación, en Cauquenes.

Variedad	Supervivencia (%)
Barcelona	97
Butler	100
Daviana	100

2.6.2. Crecimiento

Al observar la Figura 2.1. se aprecia que Barcelona y Daviana presentaron tasas de crecimiento similares. Butler, si bien fue plantado después, mantuvo un crecimiento menor al presentado por las otras dos variedades.

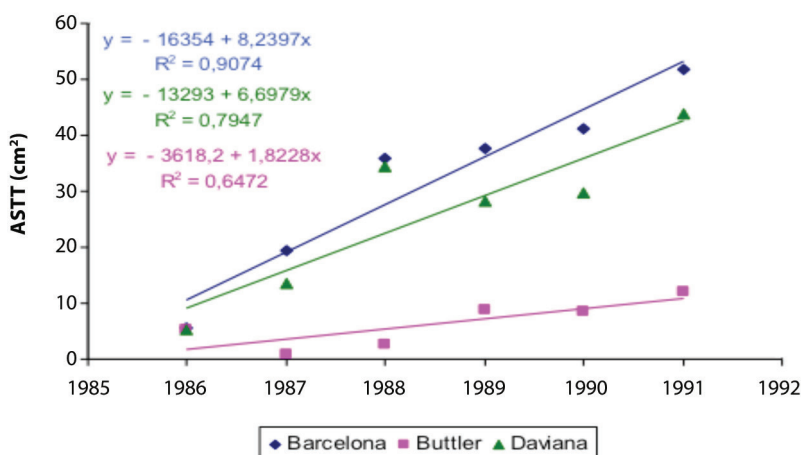


Figura 2.1. ASTT (cm²) de tres variedades de avellano europeo, para seis temporadas de crecimiento, en Cauquenes.

En los primeros años, aunque el crecimiento fue normal, se encontraba bajo el óptimo, lo que se atribuyó a la frecuencia y/o cantidad de agua aplicada (Lavín, informes anuales³).

³ Evaluación de nuevas alternativas frutícolas para el secano interior. Subestación Experimental Cauquenes de INIA. Informes técnicos presentados a Odepa en 19880 a 1990.

2.6.3. Producción

Barcelona se describe como una variedad de productividad moderada, similar a Butler, mientras que Daviana como de muy baja (Valenzuela, 2001). En este caso Barcelona tuvo una producción acumulada que duplicó a Daviana y triplicó a Butler (Figura 2.2.). La literatura extranjera cita valores de 2 a 2,5 kg/árbol al sexto año (Snare, 2005), mientras que experiencias nacionales dan valores de producción, al tercer año, de 1,2 a 1,3 kg/planta (Valenzuela *et al.*, 2001).

Comparando los rendimientos reportados en el país, con lo obtenido en este ensayo, las producciones iniciales no fueron reducidas; sin embargo, no se observa aumento con los años. Lo anterior podría deberse, de acuerdo a los requerimientos de suelo señalados anteriormente, que el utilizar un suelo muy delgado provoca un escaso crecimiento de la planta y un bajo potencial de rendimiento. Las características de suelo de la zona en que se realizó el estudio presentan factores de suelo delgado y de bajo potencial. Algunas experiencias en el país señalan que una buena producción estaría en 4.500 kg/ha y una media en 1.150 kg/ha. De acuerdo a estos rendimientos, los obtenidos serían bajos, lo que se podría deber a que no se usó un manejo agronómico intensivo para lograr altos rendimientos (Cuadro 2.6.).

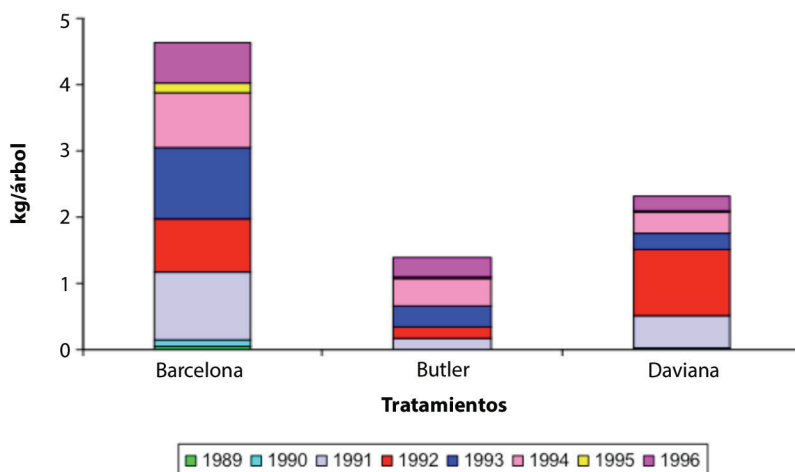


Figura 2.2. Producción acumulada en ocho temporadas, para las variedades Barcelona y Daviana, y seis temporadas para la variedad Butler. Cauquenes.

Cuadro 2.6. Producción evaluada (kg/árbol) y estimada (kg/ha), para seis (*) y ocho temporadas, en Cauquenes.

Variedad	Producción evaluada (kg/árbol)	Producción estimada (kg/ha)
Barcelona	0,58	154,05
Butler*	0,23	61,73
Daviana*	0,33	87,67
Promedio	0,38	101,15

2.6.4. Características de los frutos

La variedad Barcelona, en todas las temporadas evaluadas (Cuadro 2.7.), presentó un peso de nuez y de semilla superiores a lo señalado en la literatura (Grau, 2003). En cuanto a porcentaje de llenado, fue inferior, excepto para la cosecha 1993. Butler también presentó un buen tamaño de nuez y semilla, mientras que el porcentaje de nuez fue inferior. Daviana solo fue evaluada en una cosecha y el peso de la nuez y de la semilla fueron bajos.

Cuadro 2.7. Evaluación de atributos de calidad de frutos de tres variedades de avellano europeo. Cosechas 1993-1996. Cauquenes.

Variedad	Cosecha	Peso nuez (g)	Peso de semilla (g)	Llenado (%)	Frutos vanos (%)
Barcelona	1993	3,14	1,55	54,05	15
	1994	3,94	1,75	41,50	15
	1995	4,02	1,57	39,03	0
	1996	3,64	1,46	39,36	5
	Promedio	3,68 ± 0,71	1,58 ± 0,26	43,48 ± 7,56	9 ± 8
Butler	1994	4,36	1,72	38,60	10
	1995	3,91	1,63	42,60	0
	1996	4,25	38,99	38,99	5
	Promedio	4,17 ± 0,69	1,69 ± 0,24	40,06 ± 3,12	5 ± 5
Daviana	1993	2,39	1,20	47,19	5

En relación al porcentaje de frutos vanos, estudios realizados por Valenzuela *et al.* (2001), muestran gran diversidad entre variedades, con valores entre un 5,7 y 59,13%, por lo que los valores obtenidos pueden considerarse relativamente bajos.

2.6.5. Estados fenológicos

En la Figura 2.3. se presenta el desarrollo fenológico de las tres variedades estudiadas y un resumen para la especie. La emisión de los amentos se inició normalmente entre diciembre y enero, pero por razones prácticas, solo se muestra la fenología desde mayo. La floración de Barcelona fue más tardía y extendida que lo descrito por Grau (2003) (mediados de junio a fines de julio), comenzando en julio y extendiéndose hasta agosto. Estudios previos (Santos and Silva, 1994) sugieren una estrecha relación entre las características genéticas de dicogamia y el medio ambiente, lo que hace que algunas variedades puedan comportarse como protándricas, homogámicas o protogónicas, según las condiciones de clima bajo las que se desarrollan.

En general, se puede decir que las tres variedades estudiadas mostraron tendencia a la protandria, similar a lo observado por Santos y Silva (1994). En el resumen para la especie se ve que aproximadamente la mitad de la floración femenina es cubierta por el polen, lo que evidentemente disminuye los porcentajes de cuaja. Daviana y Butler, aunque su producción tiene valor comercial, fueron puestas como polinizantes de Barcelona y desde este punto de vista, Daviana sería más adecuada ya que su plena liberación de polen cubre casi la totalidad de la plena flor de Barcelona, mientras que Butler no alcanzó a cubrir la mitad del período de floración de Barcelona.

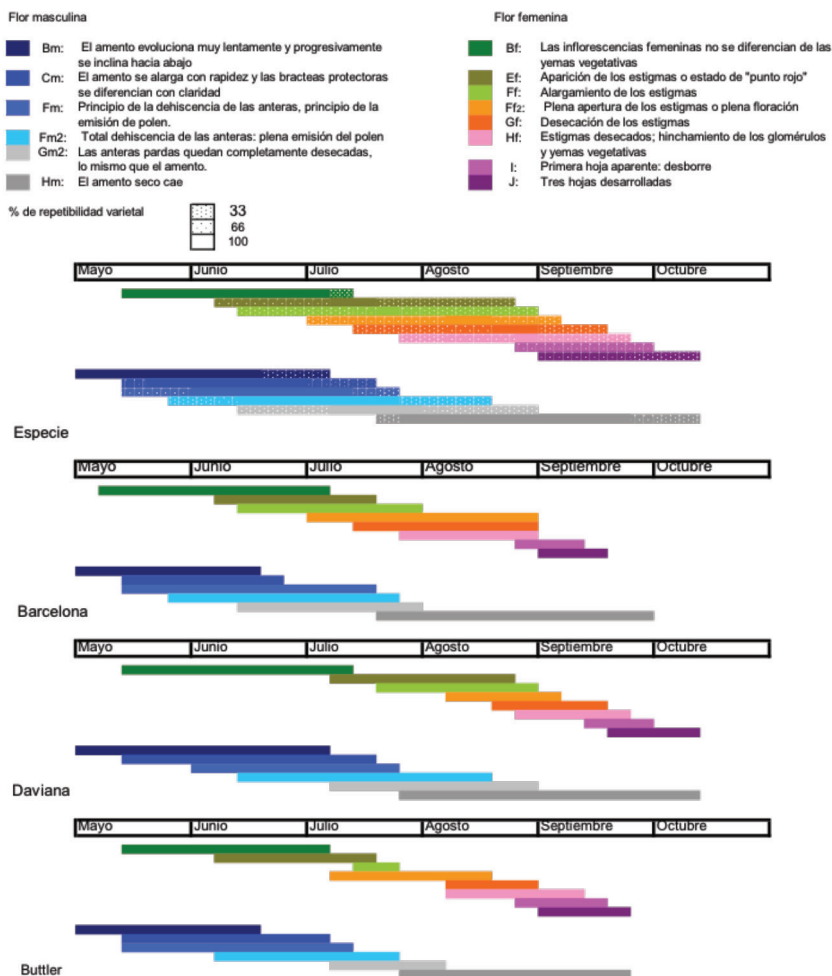


Figura 2.3. Fenología floral de flores hembra y macho, de tres variedades de avellano europeo. Temporadas 1988/89 a 1998/99. Cauquenes.

2.7. Proyección de la especie en el secano interior

El avellano europeo puede tener un amplio desarrollo en el área agroecológica del secano interior, especialmente en lomajes de pendientes suaves y con suelos de mediana profundidad, si se cuenta con la disponibilidad suficiente de agua para riego que permita satisfacer los requerimientos del cultivo. Huertos experimentales con riego oportuno han demostrado que se pueden obtener producciones rentables (Lavín y Reyes, 2005). Además, la disponibilidad adecuada de agua ayudaría a disminuir los efectos perjudiciales de las altas temperaturas (sobre 30 °C) y baja humedad relativa estival, la que puede llegar al 40% en la zona de estudio (Reyes y Mejías, 2011).

Otros factores incidentes en la producción y que deben ser evaluados previo a establecer el huerto, son la falta de temperatura durante la cuaja y la utilización de polinizantes compatibles, que en otras zonas han causado problemas. Es necesario establecer como polinizantes otros ecotipos disponibles en el país, que presentan una fecha de emisión de polen más tardía, de manera que coincida con el momento de receptividad estigmática de la flor femenina de la variedad principal.

Desde el punto de vista de las variedades, se ha trabajado en Chile con la variedad Tonda di Giffoni, que ha demostrado buena adaptación a la región del Maule, por lo que podría considerarse para futuras plantaciones.

El acondicionamiento del suelo para mejorar las características físicas, biológicas y químicas, previo a la plantación, resulta necesario debido a las condiciones propias de los suelos del secano. En cuanto a la presencia de plagas, el control del pulgón del avellano (*Myzocallis coryli* Goeze), que es propio de la especie, fue el único insecto que requirió control. Ello se realizó mediante control biológico con *Trioxis pallidus* o Crisopa (*Chrysoperla sp.*), que fue altamente efectiva en huertos del Centro Experimental Cauquenes.

2.8. Literatura Citada

- Childers, N. 1969.** Modern fruit science. Horticulture Publications. New Jersey, EE.UU. 912 p.
- Genc, C.** Hazelnut or Filbert (*Corylus avellana*) World Fertilizer User Manual. Disponible en: <http://www.fertilizar.org/ifa/publicat/html/pubman/hazelnut.htm>) Leído el 5 de febrero del 2005.
- Grau, P. 2003.** Avellano europeo: manual de plantación y manejo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile. Boletín INIA 108. 90 p.
- Grau, P. 2007.** Establecimiento, fenología y desarrollo del avellano europeo. Seminario: Avellano Europeo: una oportunidad productiva para la zona centro sur de Chile. Centro de eventos Fimaule, Talca, Julio 18. Disponible en: http://www.fdf.cl/biblioteca/presentaciones/2007/02_avellano_europeo/descargas/05_Pablo_Grau.pdf Leído el 13 de junio de 2011.
- Hampson, C., Azarenko, A. and Soeldner, A. 1993.** Pollen-stigma interactions following compatible and incompatible pollinations in hazelnut. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(6):814-819.
- Hazelnut Growers of Australia Ltd. 2001.** The Basics of establishing a Commercial Hazelnut Grove. Disponible en: www.hazelnuts.org.au Leído el 5 de febrero del 2005.
- Jona, 1986.** Hazelnut. In: CRC Handbook of Fruit Set and Development. CRC Press, Boca Raton, Florida. 652p.
- Mingeau, M. and Rosseau, P. 1994.** Water use of hazelnut trees as measured with lysimeters. Acta Horticulturae 351: 315-322.
- Mingeau, M., Ameglio, T., Pons, B. and Rosseau, P. 1994.** Effects of water stress on development growth and yield of hazelnut trees. Acta Horticulturae 351: 305-314.
- Olsen, J. 2001.** Hazelnut. Nutrient Management Guide. Oregon State University, Extension Service.
- Owen, P. and Severson, L. 2006.** A Filbert o Hazelnut?. Oregon Hazelnut Marketing Board. Disponible en <http://www.oregonhazelnuts.org/>. Consultado en octubre del 2009.
- Reyes, M. y Mejías, P. 2011.** Caracterización de suelo y clima para la provincia de Cauquenes. En Reyes M, y Díaz I Eds.: "Denominación de origen para el vino y aceite de oliva: una apuesta a la diferenciación de Cauquenes. Boletín INIA N° 217. P. 97 – 117.

- Santos, A. and Silva, A. P. 1994.** Dichogamy and flowering periods of eleven hazelnut varieties in Northern Portugal – eight years of observations. *Acta Horticulturae* 351: 211-214.
- Snare, L. 2005.** Hazelnut production. Disponible en: <http://www.agric.nsw.gov.au/reader/deciduous-fruits/h3149-hazelnut-production.htm> Consultado en febrero del 2005.
- Snare, L. 2008.** Hazelnut production. Disponible en: http://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0007/247939/Hazelnut-production.pdf Consultado en julio del 2010.
- Tasias, V. 1975.** El avellano en la Provincia Tarragona Exema. Servicio Agropecuario Provincial Tarragona. España. 152 p.
- Tombesi, A. 1994.** Influence of soil water levels on assimilation and water use efficiency in hazelnut. *Acta Horticulturae* (ISHS) 351: 247-255.
- Torres, A. 1994.** Ficha hortofrutícola para la novena Región de La Araucanía. *Corylus avellano* L. (Avellano Europeo). IPA Carillanca 13(2): 50 – 52.
- Valenzuela J., Lemus G. y Lobato A. 2001.** Avellano europeo. En Lemus G, Ed. Curso: Frutales de nuez no tradicionales: macadamia, pistacho, pecano, avellano europeo. Pag. 68 – 86.
- Westwood, N.H. 1985.** Fruticultura de zonas templadas. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 461 p.

3

PISTACHO

(*Pistacia vera* L.)

Arturo Lavín A.
Marisol Reyes M.
Patricio Almarza D.

3.1. Clasificación botánica

El pistacho pertenece a la familia de las *Anacardiaceae*, género *Pistacia* (con cuatro secciones: *Lentiscella*, *Eu lentiscus*, *Butmela* y *Eu terebintus*). El género está constituido por 11 especies, con algunas variedades botánicas, entre las que se encuentran *P. atlantica* Desf. (*Butmela*), *P. terebinthus* L., *P. chinensis* Bge., *P. khinjuk* Stocks y *P. palaestina* Boiss (*Eu terebintus*), que se usan como portainjertos y cuyos frutos se utilizan como fuente de aceite vegetal.

La única especie con frutos económicamente importantes es *P. vera* (*Eu terebintus*) (Zohary, 1952). Además, en la familia existen otras especies con importancia agrícola, como Castaña de Cajú (*Anacardium occidentale* L.) y Mango (*Mangifera indica* L.). Estas especies están emparentadas con las especies nativas chilenas como el pimienta boliviano (*Schinus molle* L. var. *Areira* (L.) DC.) y el huingán (*Schinus molle* (Cav.) Cabrera). Algunas experiencias demuestran que se puede injertar pistachos sobre pimienta, pero la compatibilidad no siempre es buena (Sudzuki, 1996).

3.2. Origen

En la isla de Madeira se han encontrado fósiles del género *Pistacia* que se remontan a la era terciaria. Las especies de pistacho tienen diversas zonas de origen, Norte América, China, pero la mayoría provienen del Asia central,

la cuenca del Mediterráneo y del norte de África, en áreas con clima riguroso, extremadamente secos, con altas temperaturas estivales y muy bajas en invierno, casi sin lluvias y en suelos alcalinos con pH sobre 8.

Pistacia vera L. parece ser originaria de Siria o de una zona bastante amplia comprendida entre Asia Menor, Palestina y Turkmenistán, donde se le encuentra en estado silvestre, pero también crece en Pakistán, India, Líbano, Palestina, Siria, Irán y la Isla de Chipre (Spina, 1984), aunque no ha sido posible establecer con certeza el origen de la especie. Desde allí fue distribuido por toda la cuenca del Mediterráneo, donde se cultiva por sus frutos desde hace más de 2.000 años.

Se introdujo a otras áreas del mundo como Europa, a comienzos de la era cristiana, y a América a principios del siglo pasado. A Chile llegaron en la década de los 40, cuando el Ministerio de Agricultura importó plantas de pistacho que se establecieron en el huerto experimental de la Quinta Normal. Posteriormente, en 1979, el INIA importó semillas de portainjertos desde California (*P. atlantica* y *P. palaestina* o *P. terebintus*), que después se injertaron con cultivares comerciales introducidos entre 1980 y 1982 (Valenzuela *et al.*, 1999).

Desde el punto de vista de la producción, a nivel mundial, Irán y Estados Unidos son los mayores productores y exportadores de pistacho (Rasavi, 2006).

3.3. Descripción de la especie

El pistacho cultivado (*P. vera*) es un árbol caducifolio (de hoja caduca), de copa redondeada, con una altura promedio de 4 a 5 metros y que puede alcanzar hasta 10 metros de diámetro (Foto 3.1.). Sus ramas madres y secundarias son abiertas y colgantes. La madera es muy dura, pesada y resistente, de color amarillo intenso cuando joven, mientras que en árboles adultos cambia a rojo oscuro surcada por ductos de resina que le dan un aroma característico. Las hojas son alternas,

compuestas de 1 a 7 folíolos, imparipinadas¹, vellosas cuando jóvenes, tornándose glabras² y coriáceas³, y de color verde grisáceo (Sudzuki, 1996; Maggs, 1975).



Foto 3.1. Huerto adulto de pistachos.

En su hábitat natural, los árboles originarios de semillas germinadas *in situ*, presentan un sistema radical pivotante muy desarrollado y profundo, lo que le permita sobrevivir bajo extremas condiciones de aridez. Cuando se cultiva en suelo profundo y bajo riego, los árboles desarrollan raíces profundas, mientras que en suelos delgados y condiciones de aridez, las raíces son superficiales (Sudzuki, 1996). El sistema radical, muy desarrollado y profundo, le da al árbol una gran tolerancia a la sequía, pero a su vez lo hace susceptible a la falta de oxígeno en el suelo (Lemus y Negrón, 2001). La alteración de la arquitectura natural del sistema radical en los procesos de propagación y viveros, parece limitar el desarrollo pivotante de las raíces.

¹ Que posee hojas con un último foliolo al final del raquis, por lo que su número es impar.

² Sin vellosidad.

³ De aspecto similar al cuero.

La yema terminal del brote es vegetativa, mientras que las yemas axilares son vegetativas o reproductivas. Las yemas vegetativas son pequeñas y fácilmente diferenciadas de las florales que son de mayor tamaño y que no tienen primordio vegetativo.

La brotación se produce en primavera previo a la floración. El primer flujo de crecimiento de los brotes (Foto 3.2.) finaliza en diciembre y bajo condiciones ambientales favorables, pueden ocurrir un segundo y hasta un tercer flujo de crecimiento (Lemus y Negrón, 2001).



Foto 3.2. Plantas jóvenes con crecimiento de brotes nuevos.

Es un árbol dioico, es decir, con flores femeninas y masculinas en plantas separadas. La inflorescencia corresponde a una panoja, portando 100 o más flores estaminadas o pistiladas (Foto 3.3.). Debido a lo anterior, los árboles con flores estaminadas o machos deben ser incluidos en plantaciones comerciales en una proporción de, al menos, uno por cada seis árboles productores o hembras. Es una especie anemófila⁴. Los árboles machos producen gran cantidad de

⁴La polinización se realiza por la acción del viento.

polen, generalmente antes que los pistilos de las flores hembras estén receptivos (Westwood, 1982). Los árboles, además de diferenciarse por el sexo de las flores, también presentan características morfológicas distintas en yemas, hojas y ramas (Sudzuki, 1996). Las flores son pequeñas, apétalas, y crecen en panículas laterales cortas.



Foto 3.3. Inflorescencia femenina (a) y masculina (b).

Debido a lo extenso y variable de la floración, el período de apertura de las flores femeninas debe ser cubierto por más de una variedad polinizante. Una producción óptima de fruta se obtiene cuando el polen es trasladado a las flores femeninas en los dos primeros días desde antesis, por lo tanto, se debe disponer de polen incluso antes que comience la apertura de las flores femeninas para obtener una cuaja comercial (Shuraki and Sedgley, 1994). Este tema es uno de los más complicados en las experiencias nacionales. Las razones son la escasa disponibilidad de cultivares polinizadores y los importantes desfases entre la floración de las plantas hembras con la de los machos entre un año y otro.

El fruto es una drupa que comercialmente se llama nuez (Foto 3.4.). Consta de una semilla dentro de una cáscara bivalva delgada y dura, rodeada de una cubierta carnosa y resinosa de un peso que oscila entre 1,4 y 1,8 gramos. El epicarpio y mesocarpio conforman el pelón, el cual encierra la semilla formada por el endocarpio y en cuyo interior se encuentra la parte comestible. Esta última corresponde aproximadamente al 54% del total del fruto.

Cuando el fruto madura, la cubierta carnosa se suaviza y se separa parcialmente de la cáscara. Ésta toma un color blanquecino opaco y se abre desde su ápice en dos valvas, dejando expuesta la cubierta roja y purpúrea de la semilla (Maggs, 1975). Esta característica, llamada dehiscencia, es deseable en los frutos de esta especie, exigiéndose a las variedades comerciales un promedio mínimo de 70% de apertura.



Foto 3.4. Frutos recién cosechados y en proceso de secado.

El fruto presenta una curva de crecimiento sigmoidea, similar a las drupáceas. Luego de la floración y polinización, los frutos comienzan a crecer alcanzando su tamaño final en pocas semanas. Posteriormente, el embrión comienza a expandirse y a llenar las cáscaras vacías. La caída de flores puede llegar hasta un 90 a 98% y la de los frutos se produce dos semanas después de cuajados (Sudzuki, 1996).

La fructificación se produce solo sobre madera de dos años (IFoto 3.5.). La floración se inicia 4 o 5 años después de la plantación, pero a los 7 u 8 años comienzan las producciones económicamente significativas (University of Georgia, 2005).

Algunas experiencias productivas en nuestro país señalan que la entrada en producción puede ocurrir entre los 8 y 12 años, según la variedad, llegando a producir hasta 12 ton/ha de fruta con cáscara. La cosecha es gradual y se realiza entre los meses de febrero y abril. La madurez fisiológica de los frutos está determinada por la apertura del pelón. La calidad comercial de los pistachos está muy influenciada por la época de cosecha, ya que una vez que el pelón madura, por traspaso de taninos desde él, las valvas, que deben ser de un color blanco mármol, se tiñen de color rojizo en su extremo, perdiendo condiciones de presentación. Esta tinción aumenta mientras más tiempo permanece el fruto con pelón maduro en el árbol. Además, se ha comprobado que el peso máximo de la semilla o nuez se alcanza justo cuando el pelón se pone opaco y se suelta. Posteriormente, la semilla se arruga y pierde peso por deshidratación (Crane, 1978).



Foto 3.5. Frutos desarrollándose en madera de dos años.

Durante la cosecha, se debe tener la precaución de no cosecharlos ni almacenarlos húmedos, después de lluvias, ya que pueden desarrollarse hongos como *Aspergillus flavus* o *A. parasiticus*, los que producen Aflatoxina, una toxina

que también es un potente cancerígeno. Mientras más se atrase la cosecha hay mayores probabilidades de desarrollo de estos hongos, los que también pueden prosperar en almendras, maní, nueces, frijoles y granos para ganado.

La semilla del pistacho es muy nutritiva. Es rica en proteínas (18,8 a 23,8% de su peso), en aceite (50 a 60% de su peso) y con un contenido calórico de 67 kcal (Spina, 1984). En el Cuadro 3.1. se incluyen datos sobre la composición del fruto de pistacho.

Cuadro 3.1. Composición de 100 g de semillas de pistacho.

Componente	(%)	Vitaminas y minerales	(mg)
Agua	5,3	Vitamina A	230
Proteínas	19,3	Tiamina, B1	0,67
Grasas	53,7	Riboflavina, B2	--
Carbohidratos	19	Niacina	1,4
	Vitamina C	--	
	Calcio	131	
	Fósforo	500	
	Hierro	7,3	
	Sodio	--	
	Potasio	972	

Fuente: Adaptado de Westwood, 1982.

3.4. Características agronómicas

3.4.1. Suelos

El pistacho puede crecer en una amplia gama de suelos, aunque prefiere los arenosos, profundos, con buen drenaje y pH sobre 7. Las características químicas y de profundidad no son tan importantes como sí lo es el evitar la saturación del suelo, ya que no la resiste, y es altamente sensible a Verticilosis (Crane and Maranto, 1982; Hobman and Bass, 1987). Es más tolerante a suelos alcalinos o salinos que la mayoría de los frutales.

3.4.2 Clima

Requiere clima similar a aquellos aptos para el cultivo del olivo (Crane and Maranto, 1982), con veranos cálidos y secos, y suficiente frío invernal para el desarrollo de sus yemas frutales (700 a 1000 horas bajo 7 °C). Resiste el frío invernal, pero no tolera heladas primaverales. El viento fuerte y desecante o las lluvias durante la floración, pueden reducir la cosecha al interferir en la polinización (Crane and Maranto, 1982; Hobman and Bass, 1987). Una alta humedad ambiental afectaría la polinización, dificultando el transporte del polen y, en otro sentido, podría favorecer la incidencia de enfermedades.

Para obtener una maduración óptima de los frutos, la plantación debe ubicarse en zonas donde se acumulen suficientes unidades de calor (UC) durante el periodo vegetativo, sobre todo para las variedades tardías. Estas necesidades se sitúan entre 2800 y 3600 UC.

3.4.3 Riego

Aunque es capaz de vegetar y producir en zonas muy áridas, bajo cultivo comercial los mejores niveles productivos se logran con aporte de riego durante el crecimiento vegetativo. Diversos autores señalan que, en general, no requiere mucha agua, pero para tener un cultivo comercial se debe asegurar disponibilidad hídrica en los períodos de floración y crecimiento del fruto.

Los requerimientos hídricos van a variar en función del suelo y su exposición. Bajo condiciones de secano, para obtener una producción aceptable, se ha adoptado un límite de 700 mm de agua, que corresponde a una provisión de 7.000 metros cúbicos por hectárea/año, considerando 3 meses de sequía. Si la pluviometría no supera los 400 mm/año, el cultivo debe desarrollarse bajo condiciones de riego, salvo que tengan lluvias tardías en el verano, lo que de todas maneras afectaría el llenado de los frutos y, en definitiva, su calidad (Almarza, P., comunicación personal).

En la zona de Choapinos, comuna de Rengo, con 3.200 grados día, una pluviometría de 450 mm y un suplemento de 9 riegos equivalentes a 250 mm, se han logrado cosechas de entre 1,6 hasta 8,6 kilos por árbol en las variedades Kerman, Larnaca y Aegina. En España, donde en muchos casos la lluvia no sobrepasa los 250 mm, se suplementan con 4.500 metros cúbicos/hectárea/año, y se obtienen cosechas de alrededor de 1.500 kilos/hectárea (Almarza, P., comunicación personal).

En Argentina, los requerimientos hídricos se estiman en 7.000 m³, en California 10.000 m³ y en Australia 11.200 m³, distribuidos entre inicio de primavera y fines de verano, con la máxima demanda entre diciembre y enero (Arakelian, 2005; Crane and Maranto, 1982; Hobman and Bass, 1987).

3.4.4. Nutrición

Para determinar los niveles de nutrientes a aplicar, resulta muy recomendable hacer un análisis de suelo previo a la plantación, de manera de poder corregir posibles deficiencias antes que éstas sean notorias en los árboles. En plantaciones establecidas puede utilizarse como método de diagnóstico nutricional el análisis foliar. Éste debe realizarse durante febrero, tomando folíolos del tercio medio de ramillas del año. En el Cuadro 3.2. se incluyen los síntomas de deficiencia de los principales nutrientes y los rangos entre los cuales se consideran normales la concentración de los nutrientes en los tejidos del pistacho.

Cuadro 3.2. Síntomas de deficiencia y estándares nutricionales foliares para pistacho.

Elemento	Síntomas de deficiencia	Rango normal	
Nitrógeno	Disminución del crecimiento de la parte aérea y radical. Los brotes son cortos, delgados, con la corteza rojiza. Las hojas son pequeñas, verde pálidas, con las venas y pecíolos rojizos. Posteriormente las hojas se tornan amarillas y caen prematuramente.	2,3 – 2,7	%
Potasio	Palidez general en las hojas. En las hojas más viejas la clorosis comienza en la punta y progresa por los márgenes. Posteriormente, las áreas cloróticas se vuelven necróticas.	1,0 – 2,0	%
Calcio	Crecimiento reducido de copa y raíces. Hojas pequeñas, redondeadas y en escaso número. Pecíolos, internudos y brotes cortos y delgados. Los primeros síntomas son observados en las hojas jóvenes. La punta de las hojas se pone clorótica y se curvan hacia abajo. Las plantas más afectadas se presentan enanas y defoliadas.	1,3 – 4,0	%
Boro	Los síntomas aparecen en los brotes principales, temprano en la temporada. Las hojas jóvenes y puntos de crecimiento aparecen quemados. Hojas de apariencia deformada, retorcidas, acopadas y rizadas son características de la deficiencia de boro. En la madera se desarrollan áreas ampolladas irregularmente. La punta de los brotes normalmente muere.	60 – 230	ppm
Zinc	Crecimiento retrasado de yemas florales y vegetativas en primavera, y subsecuente enanismo de hojas en brotes con internudos muy cortos. Deficiencias severas causan una alta cantidad de nueces vanas.	7 – 15	ppm

Elaborado sobre la base de: Hobman F., Lang D. and Bass A. 1987; y Crane J. and Maranto J. 1982.

3.4.5. Fructificación

Se ha observado en el pistacho una tendencia al añerismo⁵, aunque exista buena polinización y condiciones de manejo. Esto se debe a la abscisión de las yemas florales parcialmente desarrolladas y no a la inhibición de su desarrollo (Lemus, 2004). El inicio del desarrollo del fruto coincide con el período de inducción floral

⁵ Fenómeno que se caracteriza por la producción de una gran cosecha un año, seguido de una muy pequeña al período siguiente.

en la yema frutal que desarrollará fruta en la temporada siguiente. La formación de 20 o más frutos por racimo floral, en la mayoría de las variedades provoca fuerte abscisión de yemas florales. Lo anterior puede deberse a competencia por fotosintatos⁶ entre el proceso de inducción y el de formación de óvulos, o a la presencia de hormonas inhibitorias traslocadas desde las hojas, que en ese momento están en pleno desarrollo, hacia las yemas florales (Sudzuki, 1996). Los procesos que inducen el fenómeno y los medios para prevenirlo aún se desconocen. Se recomienda raleo de frutos y anillado de tallos entre la sección fructífera (ramas de dos años) y la portadora de yemas (ramas del año).

La falta de coincidencia entre la antesis de las flores femeninas y masculinas constituye otro de los problemas claves. El problema, aparentemente, se debe a condiciones de clima y suministro de agua, las que influyen en la época de fructificación de las variedades. Éste puede disminuirse aumentando el número de variedades en el plantel (Lemus, 2004).

Existe un alto porcentaje de frutos vanos. Se debe principalmente al aborto del embrión, o bien a partenocarpia⁷. Se cree que el aborto de la semilla se debería principalmente a la falta de polinización. También se señalan como causas un mal desarrollo del tubo polínico, la muerte del pedicelo del ovario y/o presencia de partenocarpia. La intensidad de este fenómeno está relacionada con la variedad. Es variable de un año a otro y dependería del portainjerto (Lemus, 2004).

Debido a que este fruto se comercializa para ser abierto con la mano, la dehiscencia⁸ de las valvas del endocarpio es una característica muy deseable. Ésta comienza desde el ápice distal hacia la sutura ventral y dorsal. Se inicia a fines de enero, al menos un mes antes de la madurez del embrión, y continúa hasta la cosecha a mediados de marzo (Sudzuki, 1996).

⁶ Productos químicos resultantes de la fotosíntesis.

⁷ Formación de frutos sin que haya polinización y fecundación previa.

⁸ Abertura o eclosión del fruto.

La magnitud de la indehiscencia del endocarpio varía de un cultivar a otro, entre uno y otro árbol de la misma variedad, y entre un año y otro. En los frutos vanos el endocarpio no se parte. No está claro el mecanismo que la induce ni cómo prevenirla.

3.4.6. Portainjertos

Los primeros portainjertos que se introdujeron a Chile fueron *P. atlantica* y *P. palaestina*. De éstos, el primero aún se usa y el segundo fue desestimado, aparentemente, por la dificultad de conseguir semillas. También existen árboles injertados sobre *P. terebintus* y *P. khinjuk*. En algunos países, como Irán, se usa mayoritariamente *P. vera* como portainjerto, lo que simplifica la injertación ya que el prendimiento de los injertos es muy superior al logrado con otro de diferente especie. Recientemente, se han importado nuevos portainjertos con ciertas ventajas sobre los antiguos. En la actualidad, la mayoría de los portainjertos plantados en Chile corresponden a *P. atlantica*, aunque existen algunos de *P. terebintus*.

***P. atlantica*.** Sería originario de las montañas de Afganistán o de las antiguas repúblicas rusas. Se comporta bien con suficiente frío. El prendimiento de los injertos es difícil y tiene un desarrollo poco uniforme entre individuos. Es sensible a *Verticillium* y menos resistente que otros a *Phytophthora* y agalla del cuello, pero tolerante a nemátodos. Muy vigoroso, induce cosechas moderadas y con tendencia al añerismo. Se sospecha incompatibilidad con Kerman en EE. UU., no así en Australia.

***P. palaestina*.** Originario del sur de Turquía, Siria y Jordania, crece en climas templados.

***P. terebinthus*.** Se caracteriza por un vigor moderado, por lo que es necesaria una buena selección de plantas. Susceptible a *Verticillium*, pero resistente a *Phytophthora*, agalla del cuello y nemátodos. Induce producciones moderadas, pero parejas. Muy buena tolerancia al frío y excelente compatibilidad con las variedades de *P. vera*.

P. khinjuk. Es originario de Anatolia, en Turquía, donde es usado, y de algunas regiones de Irán, donde no se usa como portainjerto. Es de lento crecimiento en altura y diámetro, y difícil de injertar por bajo prendimiento de los injertos. Crece hasta 10 metros y tiene buena tolerancia a bajas temperaturas.

P. intergerrima. Muy vigoroso y de crecimiento parejo. Es resistente a la mayoría de las enfermedades como *Verticillium*, *Phytophthora*, agalla del cuello e incluso a los nemátodos. Induce alta producción con algo de afeísmo. Moderada resistencia al frío y compatible con Kerman.

P. vera. Es el que posee mejor afinidad con las variedades comerciales, ya que son de la misma especie. Es muy sensible a *Verticillium*, lo que en suelos con exceso de humedad es un problema. Es el portainjerto más usado en Irán.

Pioneer Gold. Corresponde a *P. intergerrima*, originario de las montañas de la India. Es un poco sensible al frío. Crece muy bien y es tolerante a *Verticillium*. Es el portainjerto más usado (un 90%) en los huertos de California.

Pioneer Gold 2. Es un híbrido entre *P. atlantica* x *P. intergerrima*. Posee características similares a *P. intergerrima*.

UCB1. Híbrido entre *P. intergerrima* x *P. atlantica*, originado en la Universidad de California. Es más tolerante al frío, crece bien y es menos tolerante a *Verticillium* que Pioneer.

Pisteh 1. Corresponde a *P. vera* originario de Irán. Muy resistente al frío (-18°C) y muy tolerante a falta de agua en el suelo. Su crecimiento es lento, muy rústico, fácil de injertar, poco tolerante a *Verticillium*.

Pisteh 2. También corresponde a *P. vera*. Es muy resistente al frío y tolerante a falta de agua. Es algo susceptible a *Alternaria*.

3.4.7. Variedades

Las variedades de pistacho se evalúan agronómicamente sobre la base de su productividad y de la tendencia a producir frutos llenos. Esto exige que tenga que asegurarse la fecundación de las flores con un número apropiado de polinizantes (Spina, 1984).

En los distintos países y regiones donde se cultiva el pistacho, existen diferentes variedades que se diferencian, principalmente, por el color y tamaño de la semilla, época de cosecha, y sus cualidades para distintos usos. Todas corresponden a *P. vera* y la mayoría son originarias de Irán. Algunas son denominadas con otros nombres, como por ejemplo Fandoghi bautizada como Kerman en EEUU; Badami llevada a Australia y llamada Sirora; y una tercera llevada a Italia y llamada Italiano.

Entre las variedades productoras (hembras) existentes en Chile figuran Kerman, Sirora, Larnaka, Red Aleppo y Aegina. Entre los polinizantes (machos) Peters, Criss, Askar (ASK) y Avidon. Desde Israel fueron importadas por un particular en la década de los 80, las variedades hembras Montaz, Kastel, Sfax y Nazaret, y los machos 115 y Enkar, pero no se sabe si aún existe este material. Recientemente se han importado las variedades Ahmad Aghai, Kalleh Ghoochi, Akbari, Momtaz, Badami e Italiano (H. Shirvani, comunicación personal).

En Chile, debido a las primaveras y veranos templados, no convendría plantar variedades muy tardías, ya que existe el peligro de lluvias tempranas y el desarrollo de Aflatoxina en los frutos almacenados con alta humedad. Es importante incorporar variedades de madurez temprana.

Kerman, Momtaz y Akbar Aghai son variedades de madurez tardía, con frutos grandes, pero de color verde pálido. Sirora madura antes que Kerman y tiene el fruto más chico y de forma más alargada. Italiano, Aegina y Red Alepo son de madurez temprana. Tienen frutos pequeños, pero de color verde intenso.

‘Kerman’ [Fandoghi]

Variedad hembra. Una selección realizada en la Estación Experimental Chico del USDA⁹, California, en 1957, a partir de semillas llevadas desde Irán (Ferguson, 1995). La industria californiana de pistacho se basa en esta variedad.

Se caracteriza por su alta producción, nueces grandes y de muy buena calidad. Sin embargo, presenta problemas como la tendencia al afeísmo, 64% de nueces dehiscentes y 21% de frutos vanos (Navarrete, 1991). La planta es vigorosa y tiene elevadas necesidades de frío invernal (1.000 horas).

La drupa es de un tamaño superior a la media, de forma redondeada y grosera, con la parte apical redondeada y la base puntiaguda, con color amarillo pajizo claro a verde amarillento. El rendimiento en semilla es elevado y el grano es muy claro (de amarillo pajizo a amarillo verdusco claro).

La floración es tardía. La maduración de los frutos en Italia tiene lugar a mediados de septiembre (marzo en Chile) (Spina, 1984).

En el Campo Experimental Los Tilos (Buin) presentó un 48,65% de llenado de nuez, además pesos de fruto (1,68 g) superiores a los descritos por Crane e Iwakiri (1981), quienes mencionan pesos que fluctúan entre 1,40 y 1,46 g. El peso promedio de la semilla fue de 0,84 g, superior al obtenido por Crane e Iwakiri. Además, la producción por planta fue mayor a Sirora, tanto en el peso fresco de fruto con pelón como seco sin pelón (15,6 y 8,2 kg, respectivamente). El período de floración de este cultivar, medido en Buin entre las temporadas 1994/95 y 1997/98, varió de 10 a 15 días (Valenzuela *et al.*, 1999).

⁹ United States Department of Agriculture.

‘Sirora’ [Badami]

Variedad hembra. Tuvo su origen a partir de una semilla obtenida desde un árbol de Kerman polinizado al azar, en el CSIRO¹⁰ de Australia (Ferguson, 1995). En Irán existe una variedad similar, Badami, por lo que algunos sostienen que se llevó desde allá. Esta variedad se caracteriza por una mayor precocidad y vigor que Kerman (Navarrete, 1991). Sin embargo, bajo las condiciones agroclimáticas de Buin, presentó menor vigor y producción que Kerman. Además, presentó mayor porcentaje de dehiscencia (54,35%) y una nuez más pequeña. El período de floración de esta variedad, medido en Buin entre las temporadas 1994/95 y 1997/98, fue de 9 a 10 días (Valenzuela *et al.*, 1999).

‘Aegina’

Variedad hembra. Su origen se sitúa en Grecia, en la cuenca del Mediterráneo (Ferguson, 1995). En Buin, tuvo un peso de frutos de 0,87 g y un porcentaje de llenado del 53% (Valenzuela *et al.*, 1999).

‘Larnaca’

Variedad hembra. Originaria de Chipre (Ferguson, 1995). En Los Tilos (Buin), el peso de frutos fue de 1,01 g, mientras que el porcentaje de llenado fue similar a Aegina, con un 53%, lo que es superior al observado en Kerman (48,65%).

‘Peters’

Variedad macho. Polinizante universal. Algunos estudios indican que provendría de una zona cercana a Armenia (Ferguson, 1995).

¹⁰ The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation.

Su floración coincide tanto para las variedades de floración temprana, como Red Aleppo y Trabonella, como para las de floración más tardía como Kerman. Peters es un prolífico productor de polen (Lemus y Negrón, 2001). En Los Tilos, para las temporadas 1994/95, 1996/97 y 1997/98, el período de floración fue de 13, 15 y 14 días, respectivamente (Valenzuela *et al.*, 1999).

‘Askar’ o ASK

Variedad macho. Para esta variedad, en Los Tilos, se registró un período de floración de 20, 15 y 18 días para las temporadas 1994/95, 1996/97 y 1997/98 (Valenzuela *et al.*, 1999).

Otras características de la planta y frutos de algunas variedades se entregan en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Características de plantas y frutos de variedades de pistachero.

Variedad	Árbol				Frutos			
	Vigor	Floración	Producción	Vecería	Tamaño	Forma	Vacios	Dehiscencia
Kastel	Medio	Tardía	Media	Media	Grande	Redondo	Medio	Alta
Boundoky	Alto	Media	Baja	Media	Pequeño	Ovalado	Alto	Baja
Sfax	Medio	Media	Media	Media	Pequeño	Alargado	Medio	Media
Batoury	Medio	Temprana	Media	Baja	Grande	Alargado	Alto	Baja
Lathwardy	Medio	Media	Alta	Baja	Pequeño	Alargado	Medio	Baja
Joley	Medio	Media	Alta	Alta	Mediano	Alargado	Bajo	Alta
Ouleimy	Alto	Media	Baja	Media	Mediano	Alargado	Medio	Baja
Bronte	Medio	Media	Baja	Media	Pequeño	Alargado	Alto	Baja
Iraq	Bajo	Temprana	Media	Media	Mediano	Alargado	Medio	Alta
Kerman	Medio	Tardía	Media	Alta	Grande	Redondo	Alto	Baja
Mateur	Alto	Temprana	Alta	Media	Mediano	Alargado	Medio	Media
Lárnaka	Medio	Temprana	Alta	Baja	Mediano	Alargado	Bajo	Alta
Aegina	Medio	Temprana	Alta	Alta	Mediano	Alargado	Medio	Media
Ashoury	Alto	Temprana	Media	Media	Mediano	Alargado	Alto	Alta
Napoletana	Medio	Media	Baja	Media	Mediano	Alargado	Alto	Baja
Avidon	Bajo	Media	Baja	Alta	Pequeño	Ovalado	Medio	Alta
Avdat	Alto	Temprana	Media	Media	Mediano	Alargado	Medio	Alta

3.4.8. Plantación

El sistema más usado es en cuadrado, con distancias de plantación que varían de 7 a 10 m en seco y 4 m sobre hilera y 5 m entre hilera bajo riego.

La proporción de polinizantes es 1 macho por cada 8 a 10 plantas hembras. La distribución de los machos dependerá del viento dominante y se muestra en las Figuras 3.1. y 3.2.

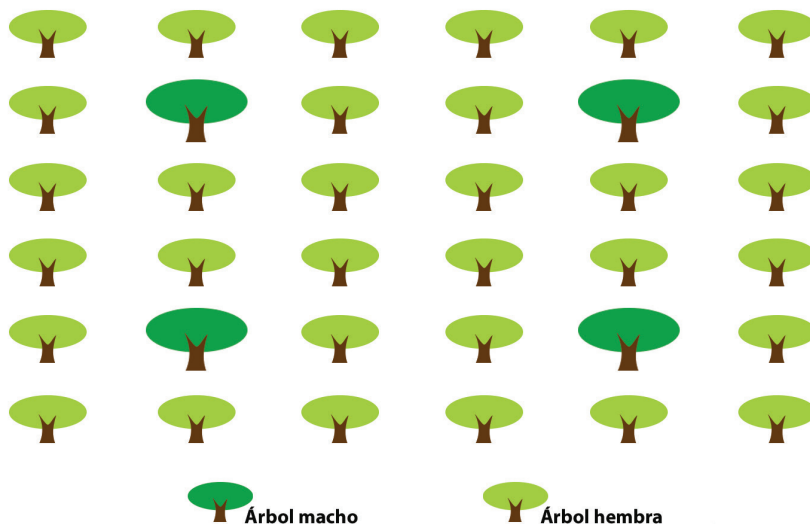


Figura 3.1. Disposición de árboles machos y hembras en una plantación sin viento dominante.

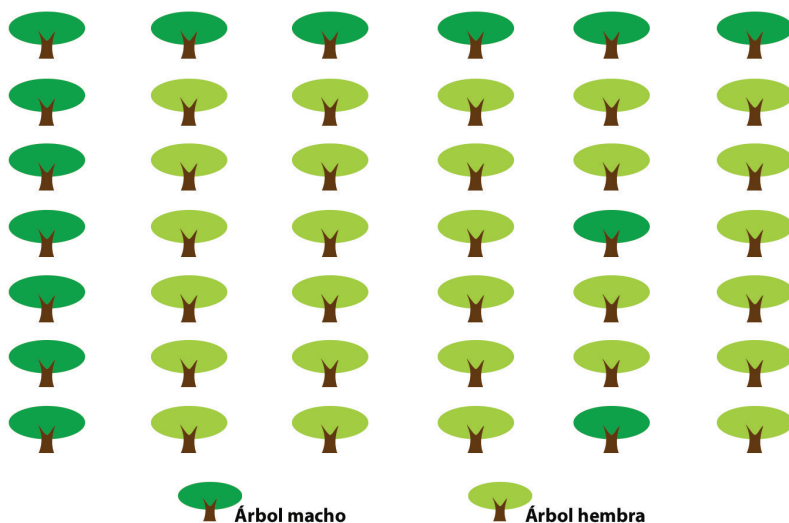


Figura 3.2. Disposición de árboles machos y hembras en una plantación (con viento dominante noroeste).

3.4.9. Injertación

El porcentaje de prendimiento del injerto figura como una de las principales razones, por las que este cultivo no se haya podido introducir en muchos países, incluido Chile. En INIA Rayentué, Región de O'Higgins, se han desarrollado diversos trabajos y consultorías internacionales, donde se ha buscado solucionar los principales problemas que afectan esta especie bajo las condiciones nacionales. Entre éstas, se ha dado relevancia a la injertación, motivo por el cual se entregan algunas recomendaciones sobre este punto.

Factores a considerar para obtener una injertación exitosa:

a) Injerto de Chip en primavera

- El material vegetal para reproducir debe provenir de un huerto confiable, que garantice tanto las variedades como sus polinizantes.

- Seleccionar ramillas lignificadas del año anterior, con yemas vegetativas bien desarrolladas, que sean obtenidas de huertos jóvenes que aún no entran en producción y en pleno receso vegetativo.
- Guardar las ramillas en paquetes de 25 unidades, envueltas en papel húmedo y en bolsas negras selladas a 2 °C.
- Injertar a comienzos de primavera, con temperaturas entre 20 y 22 °C, con injerto de chip (yema con un trozo de madera).
- El diámetro de la ramilla debe ser muy parecido al del porta injerto, para que la yema calce bien.
- Se debe amarrar con firmeza y envolver de arriba hacia abajo, para que la yema se inserte en el sacado hecho en el porta injerto y haga contacto.
- Las amarras no deben ser retiradas antes de que el injerto esté completamente brotado (a lo menos 4 hojas).
- Este tipo de injerto es utilizado en Chile en viveros con plantas en bolsas y se obtiene entre un 50 y 60% de prendimiento. Los resultados de prendimiento en terreno definitivo superan el 70%.

b) Injerto de parche en verano

- Este injerto se realiza con yemas lignificadas del año. En Chile esto ocurre a mediados de enero.
- Se utiliza una cuchilla de doble hoja, que debe tener 1,5 cm de separación entre ambas cuchillas.
- Este injerto debe realizarse en horas de menor temperatura (en la mañana o al atardecer). Las ramillas deben ser mantenidas en cajas de aislapol para su conservación.
- En Chile es usado, principalmente, en terreno definitivo. Su porcentaje de prendimiento es superior al injerto de chip, habiéndose obtenido resultados de 90%.

3.5. Comportamiento agronómico de la especie en Cauquenes

3.5.1. Metodología

En el año 1984 se establecieron tres hileras de 10 plantas cada una, dispuestas de este a oeste, donde las cinco primeras plantas de cada hilera correspondieron al portainjerto *P. atlantica* y las cinco restantes al portainjerto *P. palaestina*. Posteriormente, entre los años 1985 y 1990 se injertó la hilera 2 con Sirora y la hilera 3 con Kerman. En ambas hileras las plantas número 3 y 7 fueron injertadas con el polinizante Peters.

Para describir el comportamiento de las diferentes combinaciones portainjerto/injerto, se utilizaron los registros medidos desde 1984 (fecha de plantación) hasta el 2003 en algunos casos (Lavín, informes anuales¹¹). Las variables evaluadas fueron las siguientes:

3.5.1.1. Supervivencia. Se consideró el porcentaje de plantas vivas al quinto año de plantación de los portainjertos, temporada 1990/91. Para los injertos, esta temporada correspondió a la tercera o cuarta, debido a que no prendieron todos en la misma temporada. No se consideraron las plantas que no prendieron en el primer año.

3.5.1.2. Crecimiento. De acuerdo con lo descrito por Westwood (1982), existe una relación lineal entre el peso o el volumen de la copa de un árbol con el área de la sección transversal de tronco. Así entonces, es posible obtener una medida lineal sencilla a partir de la cual se puede estimar la superficie fructificante por hectárea. Por lo tanto, el crecimiento se expresó como Área de Sección Transversal de Tronco, ASTT, en cm² en función del tiempo, al nivel del injerto y del portainjerto, utilizando regresiones lineales para su descripción.

¹¹ Evaluación de nuevas alternativas frutícolas para el secano interior, Informes técnicos presentados a Odepa 1984, 1985, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992 y 1993).

Debido a las dificultades en la injertación, fue necesario realizar una normalización de los datos. Para esto se consideró el año 1 como el año en que cada árbol fue injertado.

También fue determinada la relación ASTT variedad/portainjerto, que indica la afinidad existente entre ellos.

3.5.1.3. Producción. Se evaluó la producción (kg/árbol) para nueve temporadas (1993/94 – 2001/02) y para transformarla a kg/ha se consideraron 200 árboles/ha.

La eficacia de las plantas fue medida calculando la productividad por árbol, lo que de acuerdo a lo señalado por Westwood (1982), se estima calculando los gramos o kilos por cm² de sección de tronco. Así, entonces, se obtiene la productividad de la superficie fructífera.

3.5.1.4. Características de los frutos. Se determinó peso de nuez (g), peso de semilla (g) y porcentaje de llenado de frutos (%) para las temporadas 1993/94 a 1998/99.

3.5.1.5. Estados fenológicos. En el año 1989 y desde 1991 a 1999 se registró visualmente la ocurrencia de los estados fenológicos de la flor masculina y femenina que a continuación se detallan.

Flor femenina: Yema en reposo
Yema hinchada
Brote de 1 a 10 cm
Aparición de botón
Plena flor
Caída de pétalos
Fruto cuajado

Flor masculina: Alargamiento de amentos
 Plena emisión de polen
 Amento seco
 Caída de amentos

3.6. Resultados y discusión

3.6.1. Supervivencia

Las variedades y portainjertos tuvieron similares niveles de supervivencia (Cuadro 3.4.). Se debe mencionar que el prendimiento de los injertos fue bastante bajo, motivo por el cual se debió reinjertar en varias ocasiones. Sin embargo, una vez prendido el injerto no hubo pérdida de plantas.

Cuadro 3.4. Supervivencia de tres variedades de pistacho (%), injertados sobre dos portainjertos, en la quinta temporada de crecimiento, en Cauquenes.

Variedad	Portainjerto	
	Atlántica	Palaestina
Peters	75 (3)*	75 (3)
Sirora	100 (4)	100 (4)
Kerman	100 (4)	100 (4)
Portainjerto	93 (15)	93 (15)

*() Corresponde al número de árboles evaluados.

3.6.2. Crecimiento

A) Portainjertos. El crecimiento de ambos portainjertos fue similar durante las primeras temporadas. No obstante, con el paso del tiempo, el crecimiento alcanzado por *P. atlantica* fue superior a *P. palaestina*, lo que se aprecia claramente al observar las pendientes de las ecuaciones de ajuste lineal presentadas en la Figura 3.3.

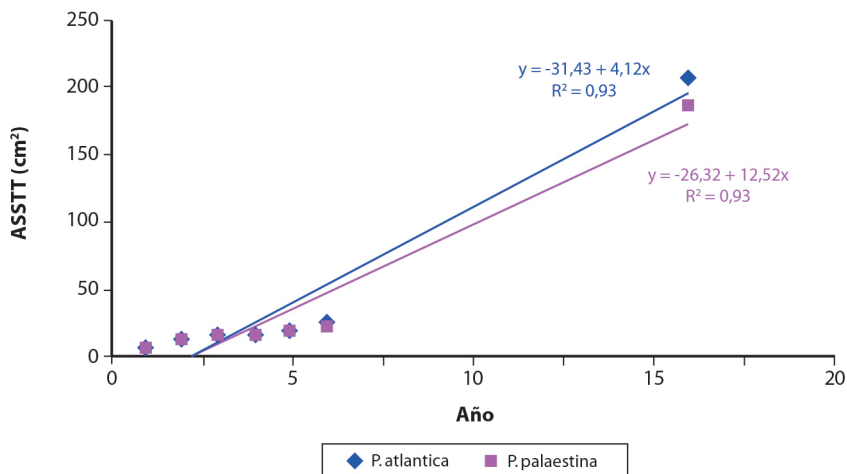


Figura 3.3. ASSTT (cm²) de dos portainjertos de pistacho, desde la primera a la decimoquinta temporada de crecimiento, en Cauquenes.

En Chile, aparentemente no existe información sobre el comportamiento del portainjerto *P. palaestina*, pues el portainjerto mayormente usado ha sido *P. atlantica*.

B) Variedades. Al comparar el crecimiento de las tres variedades sobre ambos portainjertos, se observó una leve superioridad en el crecimiento alcanzado por ellas cuando fueron injertadas sobre *P. palaestina*, como se puede apreciar en las ecuaciones lineales presentadas en la Figura 3.4.

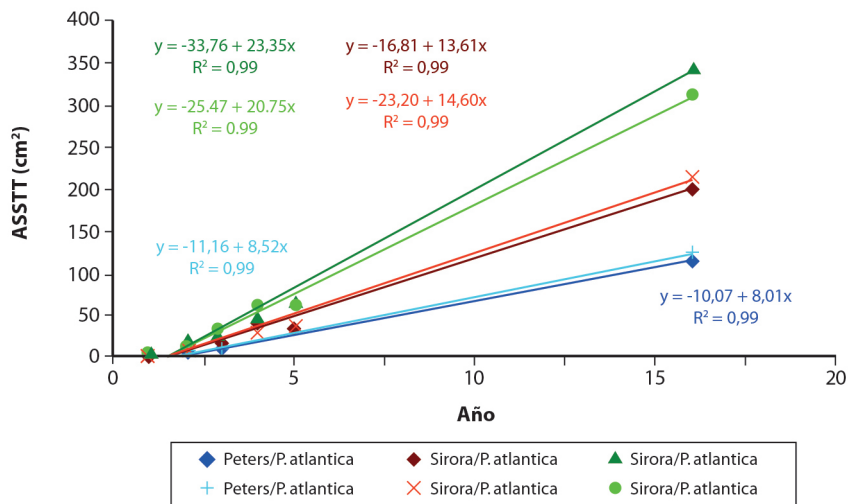


Figura 3.4. ASTT (cm²) de tres variedades de pistacho, injertados sobre dos portainjertos, por quince temporadas de crecimiento (1987/88 a 2002/03), en Cauquenes.

En cuanto al crecimiento de cada variedad (Figura 3.4.) sobre ambos portainjertos, el mayor crecimiento fue alcanzado por Kerman seguido de Sirora y luego Peters. Esto concuerda con lo descrito por Valenzuela *et al.* (1999), quienes evaluaron el comportamiento vegetativo de éstos y otras variedades de pistacho en la zona de Buin, Región Metropolitana, donde la mayor altura y diámetro de tronco y copa correspondieron a Kerman, seguido de Sirora y Peters. También se ha descrito a Sirora como más vigorosa y productiva que Kerman (IPGRI, 1997) lo que podría indicar un comportamiento diferente de estas variedades bajo condiciones agroecológicas diferentes en la zona central de nuestro país.

C) Relación ASTT variedad/portainjerto. En el Cuadro 3.5. se observa que la afinidad de las variedades con ambos portainjertos fue bastante similar, con valores promedio de $1,20 + 0,28$ para *P. atlántica* y $1,27 + 0,21$ para *P. palaestina*. Estos valores indican que habría un mayor crecimiento de las variedades en comparación con ambos portainjertos.

Cuadro 3.5. Relación ASTT variedad/portainjerto (cm²/cm²) de tres variedades de pistacho, injertados sobre dos portainjertos, en la decimoquinta temporada desde plantación, en Cauquenes.

	ASTT variedad/portainjerto (cm ² /cm ²)	
	Atlántica	Palaestina
Peters	1,31 ± 0,11	1,33 ± 0,40
Sirora	1,19 ± 0,34	1,23 ± 0,21
Kerman	1,13 ± 0,40	1,28 ± 0,16
Promedio	1,20 ± 0,28	1,27 ± 0,21

Peters presentó, sobre ambos portainjertos, la relación más alta, con $1,31 \pm 0,11$ y $1,33 \pm 0,40$ para *P. atlantica* y *P. palaestina*, respectivamente, lo que parece indicar que tendría una menor afinidad con estos portainjertos que los otras dos variedades.

3.6.3. Producción

A) Portainjertos. Para las temporadas evaluadas, el portainjerto *P. atlántica* fue el que presentó la mayor producción promedio, aunque en su combinación con la variedad Kerman no produjo, o su producción fue demasiado baja para ser considerada (Cuadro 3.6.).

La combinación Sirora sobre *P. atlantica* fue la que obtuvo la mejor producción y Kerman sobre *P. palaestina* la menor (Cuadro 3.6.). Valenzuela *et al.* (1999) obtuvieron, en árboles de 15 años, producciones muy superiores a la obtenida por el presente estudio, con 8.2 kg por planta para Kerman y 4,1 para Sirora.

Cuadro 3.6. Producción promedio (kg/árbol) y producción estimada (kg/ha) de dos variedades de pistacho injertadas sobre dos portainjertos para once temporadas evaluadas, en Cauquenes.

	Producción	
	Evaluada (kg/árbol)	Estimada (kg/ha)
Sirora/atlántica	1,6	319,8
Sirora/palaestina	1,1	229,6
Kerman/palaestina	0,8	154,8
Promedio	1,2	234,7

B) Variedades. La Figura 3.5. muestra la producción acumulada para 11 temporadas, donde se puede apreciar que Sirora fue más productiva que Kerman, con alrededor de 14 kg por árbol. Como se observa en el Cuadro 3.7. y en la Figura 3.5., Kerman entró primero en producción. Las producciones por temporada fueron, en ambas variedades, bastante variables, lo que podría explicarse por el añerismo, razón por la cual pueden reportarse variaciones de hasta un 600% (Navarrete, 1991). Entre ambas variedades no hubo ninguna coincidencia entre las temporadas de mayor o menor producción, de manera que no podría atribuirse a problemas climáticos que pudieran haber afectado a ambas.

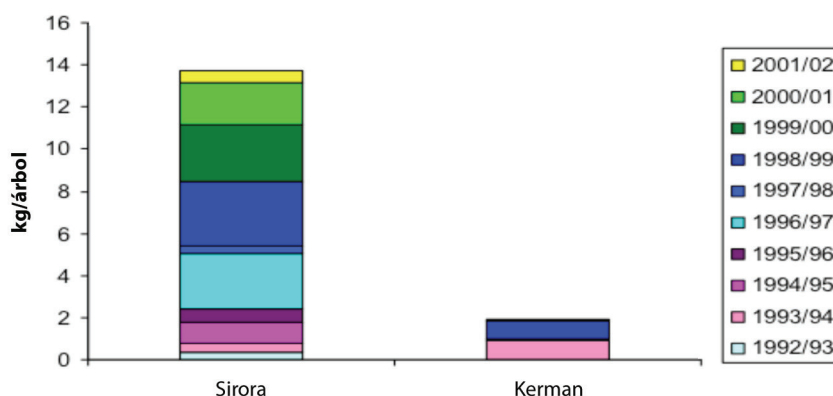


Figura 3.5. Producción acumulada de dos variedades de pistacho para once temporadas evaluadas en Cauquenes.

Cuadro 3.7. Producción promedio (kg/árbol) de dos variedades de pistacho, injertados sobre dos portainjertos, para once temporadas evaluadas en Cauquenes.

Temporada	Variedad/portainjerto (kg/árbol)		
	Sirora/Atlántica	Sirora/Palaestina	Kerman/Palaestina
1991/92		0,01	2,17
1992/93		0,36	0,03
1993/94	0,08	0,70	1,51
1994/95	0,47	1,42	
1995/96	0,69	0,69	0,01
1996/97	3,17	2,10	
1997/98	0,41	0,20	
1998/99	3,31	2,90	0,85
1999/00	3,70	1,70	
2000/01	1,96	1,96	0,07
2001/02	0,61	0,60	
Promedio	1,60		0,77

La productividad de Sirora sobre *P. atlantica* fue muy superior a la alcanzada por esta misma variedad sobre *P. palaestina* y a la de Kerman sobre este mismo portainjerto (Cuadro 3.8.).

Cuadro 3.8. Productividad promedio (g/cm²) de dos variedades sobre dos portainjertos de pistacho para once temporadas en Cauquenes.

Temporada	Productividad promedio (g/cm ²)		
	Sirora/Atlántica	Sirora/Palaestina	Kerman/Palaestina
1991/92		3,60	0,27
1992/93		5,83	12,62
1993/94	0,97	10,12	
1994/95	5,14	4,27	0,04
1995/96	6,54	11,55	
1996/97	26,57	0,98	
1997/98	3,05	12,96	3,82
1998/99	22,57	6,94	
1999/00	23,12	7,41	0,26
2000/01	11,30	2,09	
2001/02	3,25	3,69	2,49
Promedio	11.39 ± 10	6,31 ± 3,91	3,25 ± 4,83

3.6.4. Características de los frutos

Los resultados del análisis de peso de la nuez (Cuadro 3.9.), muestran que las nueces de mayor peso, en promedio, correspondieron a Kerman con 1,11 g, mientras que Sirora fue levemente inferior con 1,07g. Este comportamiento concuerda con lo descrito por Valenzuela *et al.*, quienes también obtuvieron mayor peso para Kerman en relación con Sirora. Sin embargo, los pesos descritos por ellos fueron superiores, con 1,68 g y 1,19 g, respectivamente.

Cuadro 3.9. Características de la fruta de dos variedades de pistacho para las temporadas 1993/94 – 1998/99 en Cauquenes.

Variedad	Temporada	Peso nuez (g)	Peso semilla (g)	Llenado (%)
Sirora	1993/94	0,95	0,41	42,69
	1994/95	1,08	0,52	48,09
	1995/96	1,03	0,40	38,82
	1996/97	1,16	0,58	49,91
	1997/98	1,02	0,42	40,88
	1998/99	1,17	0,56	47,61
	Promedio	1,07 ± 0,09	0,48 ± 0,08	44,66 ± 4,48
Kerman	1993/94	1,21	0,54	44,51
	1995/96	0,88	0,30	34,39
	1996/97	1,20	0,52	43,85
	1998/99	1,16	0,44	37,93
	Promedio	1,11 ± 0,16	0,45 ± 0,11	40,17 ± 4,86

El peso de la semilla, con respecto al nivel de producción en Sirora, fue casi independiente, incluso mostrando leves alzas cuando aumentó la producción (Figura 3.6.). Esto implica que los niveles de producción alcanzados son inferiores al potencial de los árboles, es decir, la cantidad de frutos no ha alcanzado a establecer una competencia entre ellos en el árbol, lo que de suceder haría bajar su tamaño o peso.

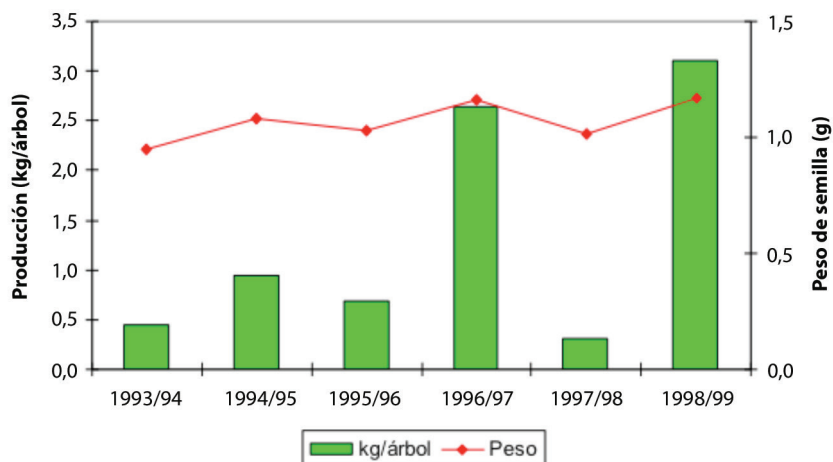


Figura 3.6. Evolución de los pesos de semilla y producción promedio para la variedad Sirora, para seis temporadas evaluadas en Cauquenes.

El peso de la semilla también fue superior para Kerman (Cuadro 3.9.), similar a lo obtenido por Valenzuela *et al.*; pero los valores descritos por estos autores son mayores, ya que ellos obtuvieron pesos de semilla de 0,84 g y 0,65 g para Kerman y Sirora, respectivamente.

En lo referente al llenado de nuez (Cuadro 3.9.), se obtuvo valores de 44,66% para Sirora y 40,17% para Kerman. Valenzuela *et al.* (1991) registraron llenados de 10 y 8% mayores, lo que puede ser efecto de las mejores condiciones de suelo y disponibilidad de agua y nutrientes.

3.6.5. Fenología

Para los años 1990 a 1999, en los que se midió la fenología floral del pistacho, la acumulación de frío fue en promedio de 845 horas frío (HF <7,0 °C, entre abril y septiembre), con una variación bastante amplia, entre 582 y 1.292 para los años 1996 y 1998, respectivamente (Figura 3.7.). Aunque Crane and Maranto (1982)

señalan que la especie requiere entre 700 y 1000 HF para romper el receso invernol, la brotación no se vio afectada en los años en que la acumulación de frío fue menor a 700 HF.

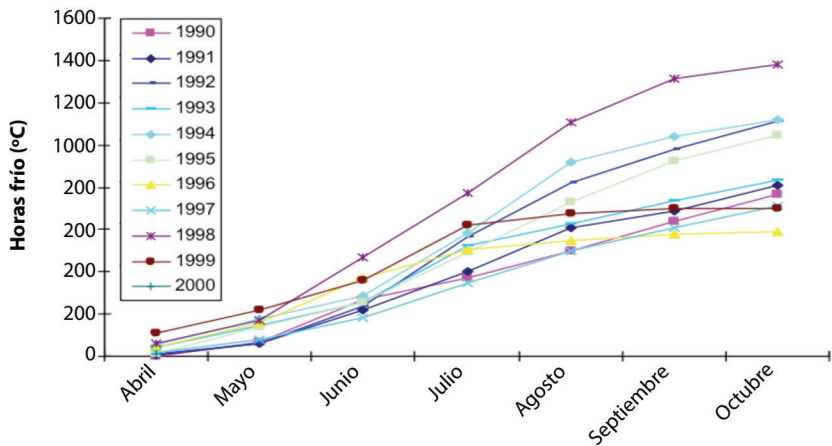


Figura 3.7. Acumulación de frío invernol (entre 0 °C y 7 °C) durante los años 1990 a 1999, en Cauquenes.

La acumulación de días-grado para el área del estudio (Figura 3.8.) alcanza a 1.698 días grado (>10 °C) en promedio, con 1.537 a 1.857 días grado como mínimo y máximo por temporada. Si bien el pistacho tolera climas más calurosos, dichos valores permiten su cultivo sin limitaciones.

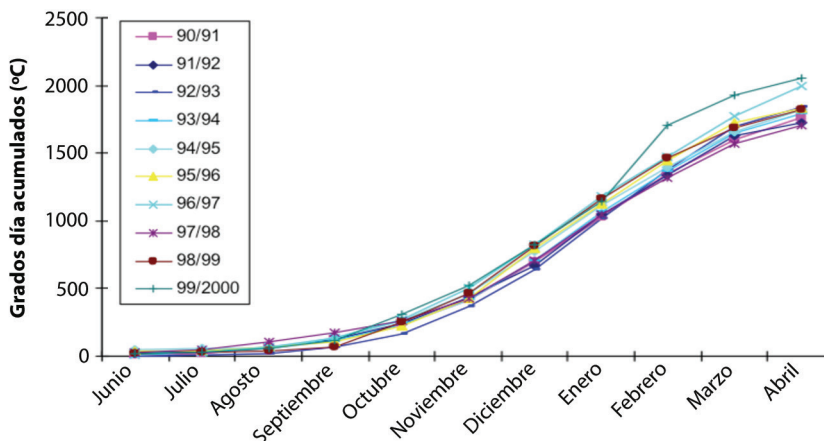


Figura 3.8. Acumulación de grados día (base 10 °C) entre las temporadas 1989/90 a 1998/99, en Cauquenes.

Con respecto a los estados fenológicos, durante las temporadas evaluadas (Figura 3.9.) el desarrollo floral para las variedades hembra se inició a mediados de octubre, para terminar en noviembre con frutos cuajados. En general, Kerman fue más temprana que Sirora, aunque Spina (1984) describe a Kerman como una variedad tardía. Con respecto a los procesos fenológicos de la flor masculina, el alargamiento de amentos comienza a fines de agosto y termina a fines de noviembre con la caída de ellos.

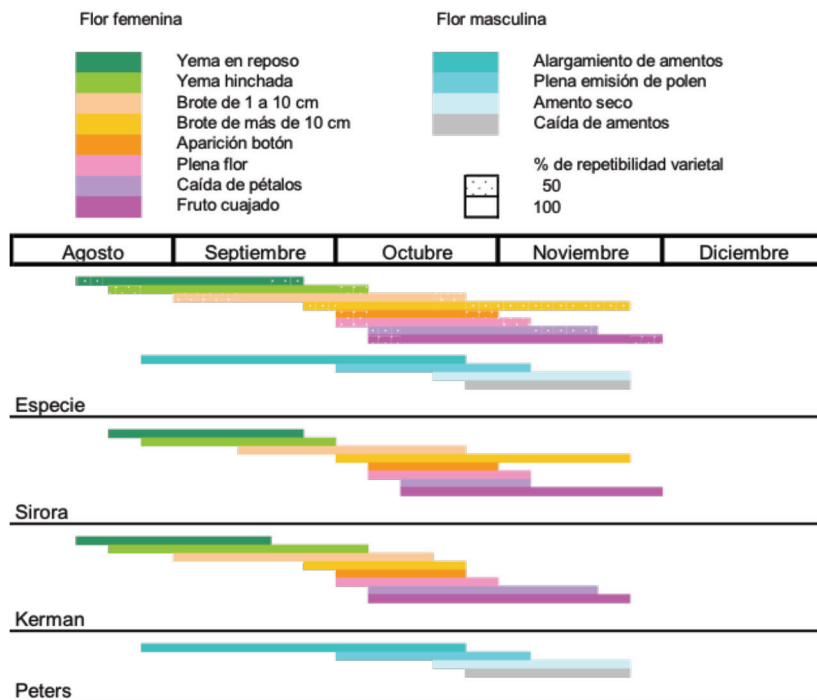


Figura 3.9. Fenología floral de tres variedades de pistacho, para los años 1989 y 1991 a 1999 en Cauquenes.

En la Figura 3.9. se presenta la ocurrencia del estado receptivo para las flores femeninas y el de liberación de polen para la flor masculina en diferentes temporadas. Se puede observar que existió una gran variabilidad entre años para la ocurrencia de un mismo estado y que, en general, el estado receptivo de la flor femenina ocurre antes que el de liberación de polen en la flor masculina.

En promedio, la duración de la floración es similar para Kerman y Sirora, con 14 y 13 días, respectivamente (Cuadro 3.10.), en ambos casos más extendida que lo descrito por Valenzuela *et al.* (1999) con 13 días para Kerman y 9 para Sirora.

Cuadro 3.10. Duración (días) de la apertura floral y emisión de polen para tres variedades de pistacho, para los años 1991-1999, en Cauquenes.

Año	Apertura flor (días)		Emisión de polen (días)
	Sirora	Kerman	Peters
1991/92		0,01	2,17
1991	25	15	8
1992		14	29
1993	19	14	7
1994	11	11	22
1995	15	8	13
1996	8	8	17
1997	8	13	35
1998		17	23
Promedio $\pm$ D. estándar	14 $\pm$ 7	13 $\pm$ 3	19 $\pm$ 10

Aunque, en promedio, la apertura de las flores machos (emisión de polen) es más larga que la floración femenina (Cuadro 3.10.), presenta una alta desviación lo que se traduce en que algunos años el período de traslape es bastante corto y tardío (1991 y 1993), por lo que la disponibilidad de polen es limitada y no se cubre todo el período de floración femenina.

Al respecto, Shuraki and Sedgley (1994) señalan que se obtiene una producción óptima de fruta cuando el polen es trasladado a las flores femeninas dentro de los dos primeros días de floración. Lo anterior puede explicar el hecho que la variedad Sirora en las temporadas 1996/97 y 1998/99, tuvo uno de los mayores rendimientos observados (Cuadro 3.6.), ya que en ambas temporadas el inicio de la emisión de polen cubrió la floración desde el comienzo.

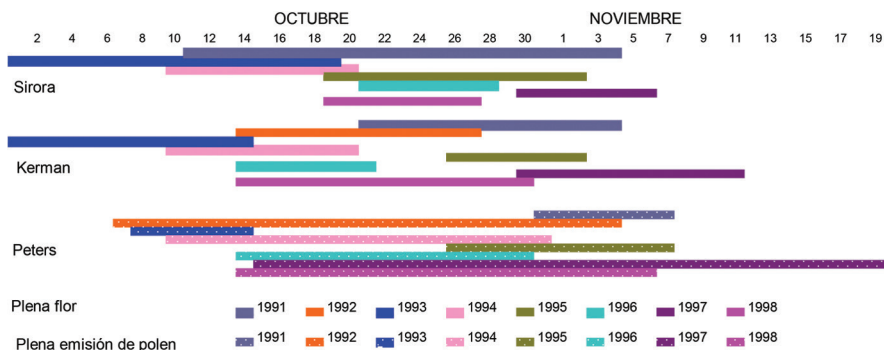


Figura 3.10. Floración para dos variedades de pistacho y un polinizante durante las temporadas 1991-1999, en Cauquenes.

3.7. Proyección de la especie en el secano interior

Si bien los resultados obtenidos con la especie son buenos en cuanto a crecimiento, pero no en cuanto a productividad, esta especie es de un gran potencial para el desarrollo de plantaciones en el secano interior, si se logran superar los problemas detectados en su cultivo.

Dos son los grandes problemas que inciden en que no se haya desarrollado su cultivo actualmente: el alto costo de las plantas terminadas, debido a los bajos índices de prendimiento de los injertos, y la baja cuaja de frutos, la que se debe al desfase de la floración entre las plantas macho y las hembras. Como mayoritariamente se ha usado Peters como polinizante y éste ha demostrado no cubrir todo el período de apertura de flores hembras, es fundamental la incorporación de más variedades macho en las plantaciones, como, por ejemplo, Askar o ASK que en sus primeras evaluaciones ha demostrado cubrir más extensamente el período de flores hembras, como también la variedad Criss.

Una vez solucionados estos problemas, solo será necesario calibrar un manejo agronómico adecuado, especialmente en cuanto a aporte de agua de riego, para lograr producciones rentables. Esta especie tiene la gran ventaja de ser tolerante

a un bajo suministro hídrico y, además, bajo las condiciones del secano de la provincia de Cauquenes, prácticamente no tiene enfermedades ni plagas que le causen graves daños de crecimiento o producción.

3.8. Literatura citada

- Arakelian, J.P. 2005.** El pistacho, una alternativa que tiene buenos mercados. <http://www.a-campo.com.ar/espanol/fruticultura/fruticult2.htm>. Consultado el 1 de febrero del 2005.
- Crane, J.C. 1978.** Quality of pistachio nuts is affected by time of harvest. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 332-333.
- Crane, J.C. and Iwakiri, B.T. 1981.** Morphology and reproduction of pistachio. Horticultural Reviews 3: 376-393.
- Crane, J.C. and Maranto, J. 1982.** Pistacho Production. Cooperative Extension University of California. Division of Agriculture and natural Resources. Publication 2279. 15 p.
- Ferguson, L. 1995.** Pistachio production. University of California at Davis, Center for Fruit and Nut Crop. Research. 160 p.
- Hobman, F. and Bass, A. 1987.** Pistachio growing in Australia. En Bass A., Dahlenburg A., Giles G., Gillespie K., Hobman R., and Lang D. Ed. Primary Production of Pistachios. South Australian Department of Agriculture. pp. 1-17.
- Hobman, F., Lang, D. and Bass, A. 1987.** Pistachio Fertilizer Programme. En Bass A., Dahlenburg A., Giles G., Gillespie K., Hobman R., and Lang D., Ed. Primary Production of Pistachio. South Australian Department of Agriculture. pp. 18-23.
- IPGRI-International Plant genetic Resources Institute. 1997.** Pistachio. En: Handbook f North American Nut Trees. Northern Nut Growers Assciation: 348-361.
- Lemus, G. y Negrón, C. 2001.** En Lemus G, Ed. Curso: Frutales de nuez no tradicionales: macadamia, pistacho, pecano, avellano europeo. P. 27 - 49.
- Maggs, D.H. 1975.** Prospects for pistachio nutgrowing in Australia. West Australian Nutgrowing Society 1:47-63.
- Navarrete, R. 1991.** El cultivo del pistacho. El Campesino 122 (8): 35 – 51.

- Rasavi, S. 2006.** Pistachio Production, Iran vs. the World. En: Javanshah A., Facelli, E. and Wirthensohn M. Eds. ISHS IV International Symposium on Pistachios and Almonds. Acta Horticulturae 726.
- University of Georgia. 2005. Pistachio** – Pistacia vera L. www.uga.edu/fruit/pistacio.html Consultado el 28 de enero del 2005.
- Shuraki, Y.D. and Sedgley, M. 1994.** Effect of pistil age and pollen parent on pollen tube growth and fruit production of pistachio. J. Hort. Sci. 69(6): 1019 – 1027.
- Spina, P. 1984.** El Pistacho. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 93 p.
- Sudzuki, F. 1996.** Frutales subtropicales para Chile. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 219 p.
- Valenzuela, J., Muñoz, C., Lemus, G., Cortés, J. y Lobato, A. 1999.** Pistacho (*Pistacia vera* L) Evaluación de una alternativa frutícola para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, (Chile). Centro Regional La Platina. (Santiago). Serie la Platina N° 87. 24 p.
- Westwood, N. H. 1982.** Fruticultura de zonas templadas. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 461 p.

4

PECANO

(*Carya illinoensis* Koch.)

Marisol Reyes M.
Arturo Lavín A.

4.1. Clasificación botánica

El pecano, *Carya illinoensis*. Koch, pertenece a la familia *Juglandaceae*, con seis géneros, entre ellos *Juglans*, *Carya* y *Pterocarya*, con cerca de 40 especies distribuidas en las regiones templadas del hemisferio norte. El pecano está emparentado con árboles frutales, ornamentales y forestales como los nogales.

El género *Carya* tiene alrededor de 20 especies, de las cuales solo unas pocas producen nueces comestibles. Generalmente tienen bajos rendimientos, cáscara gruesa o dura y nueces pequeñas. Algunas especies que tienen nueces comestibles son: *C. cordiformis* (Wang) Koch, *C. glabra* (Mill) Sweet y *C. laciniosa* (Wang) Sarg., llamadas vulgarmente nuez amarga, nuez del cerdo y nuez corteza concha, respectivamente. La más importante de las especies cultivadas es el pecano (Gil, 1997; University of Georgia, 2005).

4.2. Origen

La especie es originaria del sur de Estados Unidos y del norte de México. Los frutos eran usados por los indígenas hace 8 mil años en Texas. Es el fruto seco nativo más importante de los Estados Unidos. El término “Pecan” viene de la palabra aborígen americana “Pacane” y quiere decir “nuez que es tan dura que requiere una roca para partirla” (University of Georgia, 2005).

A escala mundial, los principales países productores son Estados Unidos y México (Indexmundi, 2005). En Estados Unidos (Georgia) se produce un marcado añerismo (Cuadro 4.1.) que, consecuentemente, afecta los precios, mientras que en la producción mexicana no se produce este fenómeno.

En Chile, según el Catastro Frutícola 2011, existen 19,1 ha de pecano en la Región de Coquimbo y 0,5 ha en la Región de Valparaíso.

Cuadro 4.1. Rendimiento y precios en años de alta y baja producción en pecanos en Georgia, Estados Unidos.

Año	Producción (toneladas)	Precio promedio (US\$/kilo)
1992	13.607	0,33
1993	68.038	0,12
1994	29.483	0,21
1995	34.019	0,24
1996	40.823	0,14
1997	45.359	0,19
1998	18.143	0,27

Fuente: Adaptado de Georgia Agricultural Education, 2002.

4.3. Descripción de la especie

Es un árbol caducifolio, muy longevo, que alcanza hasta 30 m de altura, de copa frondosa y madera quebradiza (Foto 4.1.). Las hojas son alternas, imparipinadas, con 7 a 17 folíolos, opuestos, aserrados y asimétricos, verde brillante en el haz y más claro en el envés (University of Georgia, 2005).



Foto 4.1. Vista de árbol.

La raíz puede penetrar a una profundidad de 10 m, pero la mayoría de las raíces se encuentran alrededor de 1,2 m de profundidad y puede abarcar el doble del espacio que cubre el follaje en la superficie (Ibacache *et al*, 2001). Ocasionalmente puede no tener pelos radicales. Se le señala como tolerante a la anaerobiosis (Gil, 1998).

Es una especie monoica en la que las flores femeninas se ubican en la zona terminal de los brotes del año, dando lugar a los frutos en grupos de 2 a 8 nueces. Por otra parte, las flores masculinas corresponden a amentos y se encuentran ubicados en la zona basal, en madera del año anterior. La inflorescencia femenina es una espiga terminal de pocas flores que no tienen pétalos y constan de grandes estigmas sujetos a un ovario. Nacen en primavera cercanas a la punta del crecimiento del brote del año (Foto 4.2.).



Foto 4.2. Flores y frutos cuajados, se observa su ubicación cercana a los ápices de las ramillas.

El pecano es autofertil, pero dicógamo, es decir, la maduración de ambas flores no es coincidente, por lo que se deben plantar juntas aquellas variedades cuyas flores masculinas y femeninas coincidan en su maduración (University of Georgia, 2005). Las variedades protándricas son llamadas Tipo I y las protoginias Tipo II. Solo unas pocas variedades liberan el polen al mismo tiempo en que la flor femenina está receptiva. Sin embargo, las mejores variedades liberan el polen antes que la flor femenina esté receptiva (protandria) o después que el período de receptividad ha terminado (protoginia). Cuando el amento madura, libera grandes cantidades de polen, lo que aumenta las oportunidades de que el polen llegue al estigma (Polomski, 2005).

La polinización es anemófila. El polen del pecano, como el del nogal, es relativamente pequeño y muy liviano. Por esta razón no es necesario tener polinizantes tan cercanos a la variedad principal como ocurre en almendros y cerezos. El pecano se asemeja al avellano europeo en el largo período que se requiere entre polinización y fecundación. Alrededor de 12 semanas después de la polinización, que es cuando el fruto está próximo a alcanzar su tamaño definitivo, el embrión entra en período de crecimiento rápido que dura de 6 a 8 semanas.

El fruto es una drupa, de 2,5 a 4,5 cm de longitud; la cáscara o involucro, es verde y carnosa que está compuesta de brácteas y tejido del ovario (exo y mesocarpio) y envuelve al fruto hasta la madurez. La nuez es de forma oblonga, lisa, de cáscara delgada y puntiaguda. En su interior contiene la semilla con un embrión grande con dos cotiledones (Foto 4.3.) que están separados por una delgada lámina que se extiende desde la cara interior del endocarpio (Stein, 2005; Polomski, 2005).



Foto 4.3. Nueces de cinco variedades de pecana.

El período de desarrollo del fruto es largo y se extiende por más de seis meses desde que es polinizado. El aspecto más crítico es el largo período requerido para el llenado del fruto, que se extiende por cerca de seis semanas, en el que además deben almacenarse reservas para la próxima temporada. Por este motivo, es importante mantener los árboles en óptimas condiciones durante el período, por lo que incluso se recomiendan aplicaciones de nitrógeno para mantener las hojas por el máximo tiempo posible antes de su caída (Stein, 2005).

Algunas veces se producen fallas en el llenado de nueces debido a insectos o enfermedades que dañan el follaje. La defoliación temprana producida por enfermedades, insectos o deficiencias minerales, influyen directamente la caída de nueces. La sequía, tarde en la estación de crecimiento, también puede ser causa de fallas en el llenado, ya que éste es tardío, a diferencia de la formación de la cáscara que ocurre temprano durante el ciclo anual (Polomski, 2005.)

También se puede producir la caída prematura de nueces. Grandes caídas se producen en años en los que falla la polinización. Las lluvias excesivas durante la liberación del polen impiden la polinización y las nueces vanas caen. A veces, también el clima causa un desfase entre la apertura de las flores macho y hembra. Asimismo, una nutrición muy pobre es otro factor que puede causar caída temprana de frutos (Polomski, 2005).

La nuez de pecana es altamente saludable. Está libre de colesterol, tiene 687 kcal/100 g de porción comestible, con altos contenidos de proteínas y grasas insaturadas. Es, además, fuente de calcio, zinc, hierro, potasio, magnesio, vitamina A, B₁ y B₂ (Cuadro 4.2.) (University of Georgia, 2005).

Cuadro 4.2. Composición de 100 g de pecanas.

Componente	(%)	Vitaminas y minerales		
Agua	3,4	Vitamina A	130	Unidades internacionales
Proteínas	9,2	Tiamina, B1	0,86	mg
Grasas	72	Riboflavina, B2	0,13	mg
Carbohidratos	15	Niacina	0,9	mg
		Vitamina C	2	mg
		Calcio	73	mg
		Fósforo	289	mg
		Hierro	2,4	mg
		Sodio	trazas	
		Potasio	603	mg

Fuente: Adaptado de Westwood, 1982.

4.4. Características agronómicas

4.4.1. Suelos

El pecano prefiere suelos livianos de textura media, pH 5,5 – 6,0, pero puede crecer en suelos algo más arcillosos y pH levemente más alto. Requiere suelos profundos, sin napas freáticas altas. No tolera suelos alcalinos o con alto contenido salino. Son sensibles a la presencia de carbonato de calcio (University of Georgia, 2005).

4.4.2. Clima

Con disponibilidad de agua en el suelo, puede desarrollarse igualmente bien en áreas con climas áridos o húmedos; sin embargo, debido a la alta presión de enfermedades en zonas muy húmedas, es preferible cultivarlo en climas subtropicales.

Es bastante resistente a las bajas temperaturas, aunque los árboles jóvenes pueden morir completamente cuando el termómetro disminuye a -20 °C.

Debido a la tardía salida del reposo invernal, las heladas raramente son un problema, a pesar de que los brotes nuevos pueden morir con temperaturas de $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. El requerimiento de unidades de calor puede ser una mayor limitación que la resistencia a bajas temperaturas, por los problemas que se producen en el llenado de la nuez, al no existir temperaturas adecuadas para la fotosíntesis durante el período crítico del crecimiento del fruto, a fines del verano. Por ello, requiere de veranos largos y calurosos, con noches tibias para tener un adecuado desarrollo y maduración del fruto. Algunas variedades requieren entre 180 y 220 días para el desarrollo del fruto (University of Georgia, 2005).

Los requerimientos de frío son escasos, alrededor de 500 horas bajo $7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, llegando algunos a brotar normalmente, incluso sin frío, como en los casos de México e Israel. Algunos autores señalan que tiene un letargo corto y poco profundo, requiriendo entre 400 y 500 horas-frío (HF) en lugares de otoño e invierno suave; sin embargo, si el otoño es frío, se desarrolla un letargo más profundo que eleva el requisito de frío para salir de él. Son los árboles más tardíos en reactivarse en primavera, lo que aparentemente se debe a un alto requerimiento de calor post receso. Se determinó que existiría una interacción entre el frío y la acumulación de calor, donde el frío es requerido para reducir la variabilidad en la salida del receso y no para romper el receso en sí (University of Georgia, 2005).

4.4.3. Riego

Uno de los principales cuidados que se debe tener durante los primeros dos a tres años es el riego, debido a que hay una alta pérdida de raíces durante el trasplante. En huertos adultos, el requerimiento de agua es de alrededor de $12.000\text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$, generándose la mayor demanda durante diciembre, enero y febrero. En árboles nuevos debiera aplicarse entre 38 y 57 L/día/planta (Polomski, 2005).

El pecano es muy sensible al agua de riego que contenga más de 1.000 ppm^1 de sales totales disueltas, más de 300 ppm de cloruros o más de 0,5 ppm de boro.

¹ Partes por millón.

Altos niveles de estos elementos pueden causar quemaduras en las hojas y algún grado de defoliación, especialmente durante el verano (Ibacache *et al.*, 2001).

4.4.4. Nutrición

En general se recomienda no fertilizar al momento de plantación, excepto en condiciones de muy bajo nitrógeno, donde se recomienda fertilizar durante la parte final de la estación de crecimiento. Algunos autores señalan que, debido a las altas necesidades que tiene la especie y a la frecuencia con que se presentan deficiencias, debiera adicionarse Zn al momento de plantar (0,5 kg de fertilizante con un 22% de Zn/árbol), siempre con la precaución de no dejar las raíces en contacto directo con el fertilizante (National Department of Agriculture of South Africa, 2005). En árboles jóvenes, el crecimiento anual de los brotes debiera ser entre 60 a 120 cm y esto, junto a un análisis de suelo previo a la plantación, debiera dar una base para determinar los requerimientos de fertilización durante los primeros años de crecimiento (Polomski, 2005).

En plantaciones adultas, una buena herramienta para determinar las necesidades de fertilizantes es el análisis foliar. Éste se debe realizar en enero, seleccionando árboles representativos del huerto y sin daños por insectos o enfermedades. Se eligen y marcan los árboles para sacar siempre las muestras de ellos. Se debe sacar el par de folíolos centrales de la hoja compuesta, del sector medio de brotes de la temporada, sin frutos. Los datos aportados por el análisis foliar, deben relacionarse con el vigor de los árboles, para determinar los niveles de fertilización a aplicar (Ibacache, 2002; National Department of Agriculture of South Africa, 2005). Los niveles de nutrientes considerados adecuados para el pecano se incluyen en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. Rangos adecuados de concentración de elementos minerales en hojas de pecano.

Elemento	Rango de concentración adecuada	
Nitrógeno	2,50 - 3,00	(%)
Fósforo	0,12 - 0,30	(%)
Potasio	0,75 - 1,50	(%)
Azufre	0,15 - 0,25	(%)
Calcio	0,70 - 2,50	(%)
Magnesio	0,30 - 0,70	(%)
Cobre	4 - 50	(ppm)
Zinc	50 - 100	(ppm)
Manganeso	150 - 500	(ppm)
Fierro	50 - 300	(ppm)
Boro	20 - 50	(ppm)

Fuente: Ibacache *et al.*, 2001.

El zinc es uno de los elementos más importantes en la nutrición del pecano. Su deficiencia causa “arrosetamiento”² de los brotes, hojas con bronceado y moteado o cloróticas. Además, se produce defoliación temprana, muerte de ramillas terminales, ramillas cortas y delgadas, creciendo desde las ramas madres con rosetas de hojas verde amarillo en las puntas y nueces anormalmente pequeñas. Otro elemento importante es el boro, dada su participación en la elongación del tubo polínico (Polomski, 2005; National Department of Agriculture of South Africa, 2005).

En suelos con pH alcalino se producen síntomas de deficiencia de Zn y/o Mn y en suelos con altos contenidos de carbonatos se provocan síntomas de deficiencia de Fe (Ibacache, 2002).

4.4.5. Fructificación

La producción se inicia a partir del 5° a 6° año, de 1 a 2 kg/árbol. A los 15 años alcanza entre 20 y 40 kg/árbol, mientras que un huerto adulto (Foto 4.4.) podría alcanzar las 8 t/ha (Ibacache *et al.*, 2001; Madero, 2005).

² Efecto de un agente externo que impide la elongación del brote.



Foto 4.4. Vista de un huerto adulto en labores de cosecha.

El pecano tiene tendencia a presentar añerismo. Cuando los árboles están muy cargados y el contenido de nutrientes y humedad del suelo es inadecuado, las nueces no pueden madurar apropiadamente y el almacenaje de nutrientes será insuficiente para originar una buena producción en la temporada siguiente (Ibacache *et al.*, 2001).

Se ha sugerido el raleo químico precoz para tratar de obviar la baja producción después de un año de carga; sin embargo, el pecano inicia sus flores masculinas en la misma estación, justo antes de la antesis, por lo que no hay frutos en desarrollo cuando tiene lugar la iniciación floral.

La fuerte caída de flores femeninas que sigue a un año de cosecha abundante, sugiere que una buena cosecha tiene un efecto perjudicial en el árbol completo. Una poda vigorosa antes de un año de alta carga ha producido mejores rendimientos

en el año de baja carga frutal. La poda no solo reduce la producción en el año de alta carga, sino que también causa un crecimiento vegetativo mayor, que puede mejorar el equilibrio hormonal del árbol al año siguiente.

En cuanto a plagas y enfermedades, en las zonas de cultivo de esta especie, el principal problema se debe a la “sarna”, provocada por el hongo *Cladosporium effusum* (Wint.). Uno de los principales métodos de control es el uso de variedades más tolerantes al hongo. En Chile, en el Centro Experimental Vicuña de INIA, no ha sido necesario aplicar ningún pesticida, pues no se ha presentado daño económico de plagas o enfermedades (Ibacache, 2002).

4.4.6. Patrones

Los pecanos se injertan sobre plántulas originadas de semillas de las propias variedades comerciales o de árboles seleccionados para tal propósito. Las semillas requieren ser estratificadas previo a la plantación para mejorar su germinación (Ibacache y Rojas, 2000).

4.4.7. Variedades

Las variedades comerciales se dividen en dos categorías: las de mercado o de mesa, de fruto grande, como “Stuart” y “Desirable”; y las que se destinan a procesamiento, con frutos de alto rendimiento en semilla como “Cheyenne”, usada para repostería, helados, etc.

Kiowa

Es protogínea³, con liberación del polen en media estación y receptividad de temprana a media estación. Su maduración se alcanza en media estación a tardía.

³ Madura primero la parte femenina de la flor.

La nuez representa un 58% del peso del fruto y en promedio tiene 84 nueces/kg (Grauke, 2005a).

Cheyenne

Es protándrica⁴, con liberación del polen en media estación y media a tardía receptividad del pistilo. Muy precoz y prolífica. Maduración en media estación a tardía. Un 58% del peso de los frutos corresponde a la nuez y tiene un calibre promedio de 105 frutos/kg (Grauke, 2005b).

Grabohls

Es protogínea, con liberación del polen tardía y receptividad de temprana a media. Muy precoz y prolífica, con severa tendencia al añerismo. Maduración en media estación. Tiene un 59% de llenado de nuez y un calibre de 92 frutos/kg (Grauke, 2005c).

Wichita

Es protogínea, con liberación del polen en media estación y receptividad de temprana a media. Precoz y prolífica. Madurez en media estación. El árbol es vigoroso, con crecimiento vertical, y a menudo presenta un flujo de crecimiento tardío. Tiene un 62% de llenado de nuez y un calibre de 95 frutos/kg. (Grauke, 2005d).

Grapark

Tiene un 60% de llenado de nuez y tamaño de 84 frutos/kg (Grauke, 2005e).

⁴ Madura primero la parte masculina de la flor.

4.5. Comportamiento agronómico de la especie en Cauquenes

4.5.1. Metodología

En el año 1984, en un sector de lomajes con suelos delgados y pobres en fertilidad, se establecieron 5 hileras de 7 plántulas (plantas provenientes de semilla) cada una, a una distancia de 7,5 x 5m. Posteriormente, en el año 1987, una vez que se tuvo diámetro suficiente de troncos, se injertó con las variedades Cheyenne, Kiowa y Wichita, y luego, en 1989 se incorporaron las variedades Grabohls y Grapark. Anualmente se fertilizó con urea (300 g/planta), superfosfato triple (100 g/planta), salitre potásico (400 g/planta en cuatro parcializaciones desde noviembre a febrero) y boronatro calcita (25 g/planta). Además se realizaron tratamientos sanitarios de oxiclورو de cobre en caída de hojas y brotación, y se regó diariamente, durante el período estival, con 8L/árbol.

Para describir el comportamiento de las diferentes variedades, se utilizaron los registros desde la fecha de establecimiento del huerto (1981) hasta 1989 (Lavín, Informes anuales⁵). Las variables que se analizaron fueron las siguientes:

4.5.2. Producción

Se evaluó la producción (kg/árbol) entre las temporadas 1995/96 - 2001/02) y para expresarlas como kg/ha se consideraron 266 árboles/ha.

4.5.3. Características de los frutos

Entre las temporadas 1995/96 a 1998/99, se determinó peso promedio de frutos (g), peso de semilla (g) y porcentaje de llenado (%). Para esto, en cada temporada

⁵ Evaluación de nuevas alternativas frutícolas para el secano interior. Informes técnicos presentados a Odepa en 1983, 1984, 1985, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992 y 1993).

se pesaron individualmente 20 frutos de cada variedad, cada uno de los cuales fue partido, pesándose la semilla y estableciéndose la relación semilla/frutos.

4.5.4. Estados fenológicos. Entre las temporadas 1991/92 a 1998/99 se registró visualmente la ocurrencia de los estados fenológicos de la flor masculina y femenina.

4.6. Resultados

4.6.1. Producción

Para las temporadas evaluadas, Grabohls fue la variedad que presentó la mayor producción acumulada (Figura 4.1.). Debe recordarse que esta variedad y Grapark fueron injertadas dos temporadas después que el resto. A pesar de ello, ambas alcanzaron los mejores rendimientos acumulados y demoraron menos en entrar en producción. Wichita destaca como la variedad que mantuvo más uniformes sus rendimientos anuales.

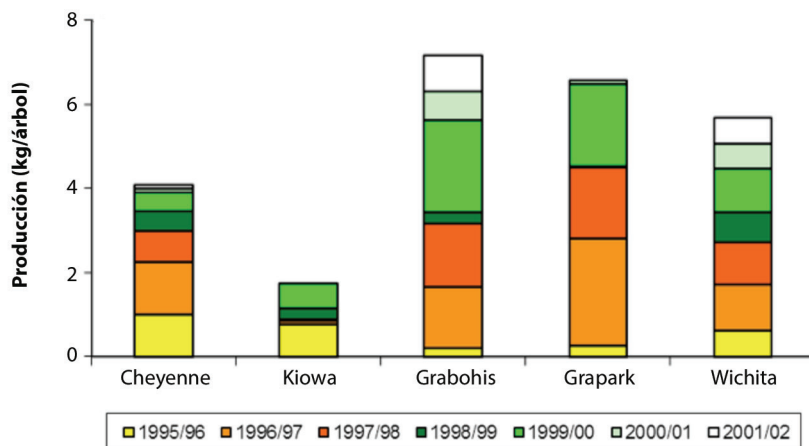


Figura 4.1. Producción acumulada para cinco variedades de pecano, en siete temporadas evaluadas en Cauquenes.

En comparación con lo descrito para esta especie, en Chile los niveles de producción registrados (Cuadro 4.4.) son muy inferiores. En estudios realizados por INIA, en la localidad de San Esteban, Región de Valparaíso, los árboles tuvieron una producción promedio de 12 kg/árbol al 7º año (Lemus, 2004), mientras que en la Región de Coquimbo se determinaron producciones al cuarto año, del orden de 600 a 975 kg/ha en Wichita y de 800 a 1.375 kg/ha en Grabohls (Ibacache *et al.*, 2001).

A diferencia de lo observado en el huerto experimental, en pecanos establecidos de manera ornamental en el Centro Experimental Cauquenes de INIA, y otros en predios particulares de la misma provincia, en condiciones de suelos bajos y con mayor disponibilidad hídrica, demostraron un crecimiento, vigor y producción muy superiores. En ocho temporadas evaluadas, en árboles ornamentales, la variedad Wichita, con 12 kg/árbol, presentó las mayores producciones (Cuadro 4.5.), mientras que el nivel productivo de las otras variedades también alcanzó rendimientos bastante altos. Debido a esto, consideramos que si la especie dispone de una buena condición de suelo y riego, se constituye en una buena alternativa de cultivo para la zona de Cauquenes en la Región del Maule, ya que el precio es muy bueno y la oferta en el mercado nacional es baja.

Cuadro 4.4. Producción evaluada (kg/árbol) y estimada (kg/ha) en cinco variedades de pecano. Promedio para ocho temporadas evaluadas (1991/92, 1995/96-2001/02) en Cauquenes.

Variedades	Producción evaluada (kg/árbol)	Producción estimada (kg/ha)
Wichita	0,61	161,61
Cheyenne	0,48	127,51
Kiowa	0,25	67,19
Grabohls	1,02	272,21
Grapark	0,85	226,59
Promedio	0,64	171,02

4.6.2. Características de los frutos

Todas las variedades evaluadas alcanzaron pesos muy inferiores a lo descrito para cada variedad (Cuadro 4.5.).

Cuadro 4.5. Producción evaluada (kg/árbol) y estimada (kg/ha) en seis variedades de pecano. Promedio para ocho temporadas evaluadas (1991/92, 1995/96-2001/02) en árboles ornamentales en Cauquenes.

Variedades	Producción evaluada (kg/árbol)	Producción estimada (kg/ha)
Wichita	12	3.051
Cheyenne	9	2.100
Kiowa	5	1.191
Grabohls	9	2.191
Grapark	9	2.207
Desirable	8	1.938
Promedio	9	2.113

En comparación con lo descrito en la literatura, el tamaño de los frutos cosechados en Cauquenes, en el sector de lomajes, es muy inferior a lo requerido para ser vendido con cáscara, en que se califican como aceptables variedades que requieren menos de 173 nueces/kilo; de ahí hacia arriba se comercializan como nuez partida (Ibacache *et al.*, 2001). De acuerdo a esto, la fruta producida, bajo las condiciones de este ensayo, no podría ser vendida en cáscara.

El porcentaje de llenado de frutos (Cuadro 4.6.) es algo inferior a lo descrito como “comercialmente aceptable”, donde se considera desde un 55% de llenado de nueces. Experiencias desarrolladas por INIA, en la Región de Coquimbo, señalan pesos promedio de 7,5 g de nuez y porcentajes de semilla de entre 49.2% y 64.2% (Ibacache *et al.*, 1994).

Cuadro 4.6. Evaluación de atributos de calidad de frutos de tres variedades de avellano europeo. Cosechas 1993-1996. Cauquenes.

Variedad	Nueces/kg (Nº)	Peso nuez (g)	Peso semilla (g)	Llenado (%)
Wichita	319	3,13	1,45	46,40
Cheyenne	384	2,60	1,17	45,14
Kiowa	641	1,56	0,83	53,42
Grabohls	304	3,29	1,43	43,47
Grapark	333	3,00	1,16	38,66
Promedio	396	2,71	1,21	45,42

En la Figura 4.2. se muestra la evolución del peso de nueces de las cinco variedades evaluadas. Se observa que hubo una disminución con los años. Al comparar estos datos con los de producción, no hay una relación entre ellos, como sucede generalmente. A mayor cosecha, hay menor tamaño de frutos. Por ejemplo, la temporada 1995/96 fue de alta producción y tamaño de nueces, mientras que en las temporadas siguientes, a pesar de tener cosechas levemente inferiores, no aumentó el tamaño de las nueces. Esto hace suponer que el bajo tamaño de las nueces se debería a falta de vigor en el árbol, dado el menor riego que se le estaba aplicando al huerto, por problemas de disponibilidad de agua. Al igual a lo señalado anteriormente con respecto a la mayor producción en árboles ubicados en mejores condiciones de suelo y riego, el tamaño de las nueces de esos árboles, es muy superior a lo observado en el ensayo.

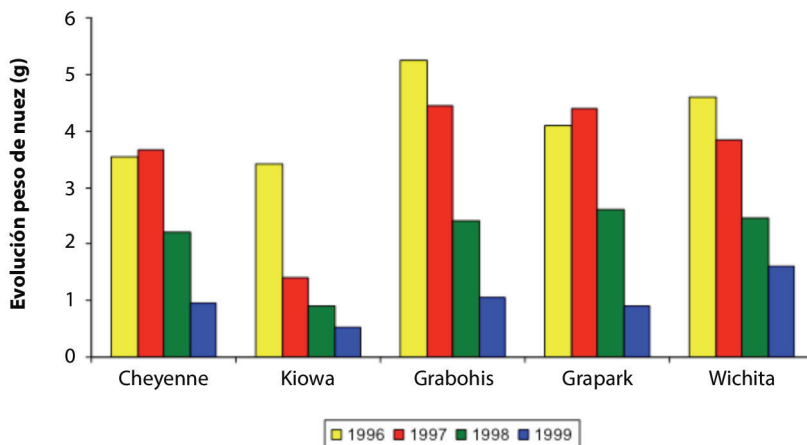


Figura 4.2. Evolución del peso de nuez (g) para cinco variedades de pecano, en cuatro temporadas evaluadas en Cauquenes.

4.6.3. Fenología

El desarrollo de la fenología floral del pecano se caracteriza por la falta de coincidencia entre la floración femenina y la liberación del polen. Para el caso de este ensayo, no se vio una marcada dicogamia⁶ en ninguna de las variedades (Figura 4.3.). Grabohis es descrita como una variedad protogínica, pero se observó que la liberación tardía del polen no fue tan marcada, al igual que con la variedad Grapark. El resto de las variedades fue bastante coincidente en las floraciones masculinas y femeninas.

Un hecho que se debe tener presente es el largo período que demora la madurez de la fruta. En general, la cosecha se realizó entre los meses de mayo y junio.

⁶ Falta de sincronía en la apertura de la parte masculina y femenina de la flor.

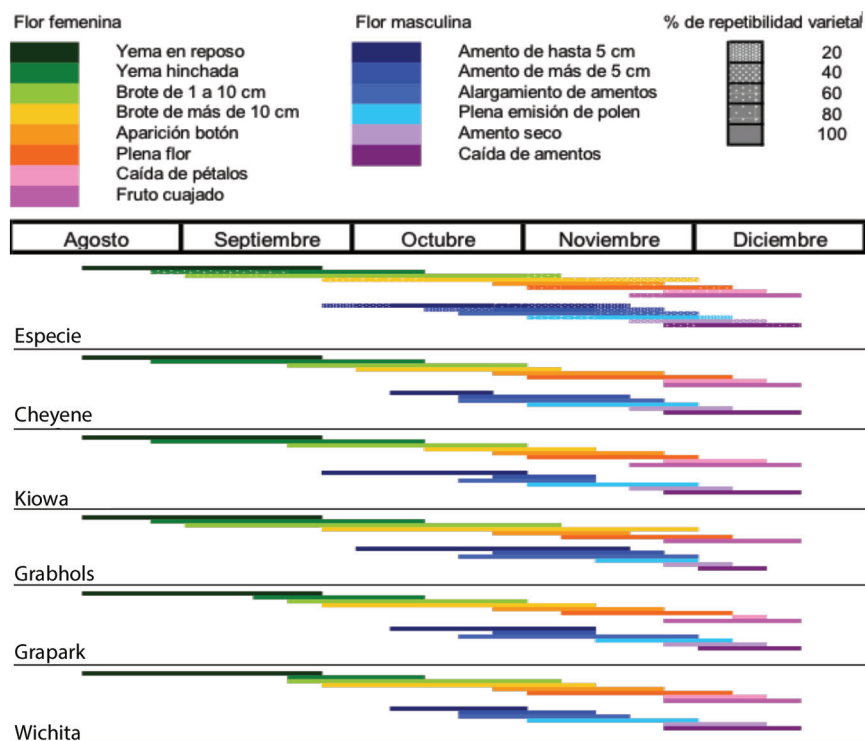


Figura 4.3. Fenología floral de cinco variedades de pecano, en nueve temporadas evaluadas en Cauquenes.

4.7. Proyección de la especie en el secano interior

El pecano es una especie que en la provincia de Cauquenes estaría en el límite de su posible zona de plantación, ya que requiere de veranos largos, secos y calurosos para terminar la madurez del fruto. En el secano interior de Chile, dichas condiciones se logran en la mayor parte de los años, pero en otros, los frutos deben ser cosechados después de las primeras lluvias, lo que obliga a un proceso de secado artificial inmediato, para evitar daños y el posible desarrollo de aflatoxinas.

La plantación de esta especie debe hacerse en suelos relativamente profundos y con buena disponibilidad hídrica, ya que es un árbol de gran desarrollo y

con un sistema radical profundizador. Además, para alcanzar producciones comerciales, es necesario realizar un adecuado programa de manejo agronómico, especialmente en los temas de riego y fertilización.

4.8. Literatura citada

Georgia Agricultural Education. 2002. Pecan Production. Disponible en: <http://aged.ces.uga.edu/browseable.../Fruit.../Pecan%20Production.ppt>_ Consultado en julio del 2010.

Gil, G. 1997. Fruticultura: El Potencial Productivo. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile

Grauke, L. J. 2005b. Pecans Cultivars-Cheyenne. Texas AgriLife Extension Service, Texas A&M System Disponible en: <http://extension-horticulture.tamu.edu/CARYA/PECANS/cheyenne.htm>. Consultado el 19 de enero del 2005.

Grauke, L. J. 2005c. Pecans Cultivars-Grabohls. Texas AgriLife Extension Service, Texas A&M System. Disponible en: <http://extension-horticulture.tamu.edu/CARYA/PECANS/Grabohls.htm>. Consultado el 19 de enero del 2005.

Grauke, L. J. 2005e. Pecans Cultivars-Grapark. Texas AgriLife Extension Service, Texas A&M System. Disponible en: <http://extension-horticulture.tamu.edu/CARYA/PECANS/grapark.htm>. Consultado el 19 de enero del 2005.

Grauke, L. J. 2005a. Pecans Cultivars-Kiowa. Texas AgriLife Extension Service, Texas A&M System. Disponible en: <http://extension-horticulture.tamu.edu/CARYA/PECANS/kiowa.htm>. Consultado el 19 de enero del 2005.

Grauke, L. J. 2005d. Pecans Cultivars-Wichita. Texas AgriLife Extension Service, Texas A&M System. Disponible en: <http://extension-horticulture.tamu.edu/CARYA/PECANS/wichita.htm>. Consultado el 19 de enero del 2005.

Ibacache, A. Valenzuela, J y Lobato, A. 1994. El pecano: comportamiento varietal en la cuarta región. Revista Frutícola. 16(1):5-10.

Ibacache, A. y N. Rojas. 2000. Manual de injertación de pecano y pistacho. Gobierno Regional de Coquimbo e Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile). Centro Regional de Investigaciones Intihuasi (La Serena). Boletín INIA N°20.

Ibacache, G.; Lemus, G.; Negrón, C. y Contreras, M. 2001. Pecano. En: Lemus G. (Ed.). Frutales de nuez no tradicionales: macadamia, pistacho, pecano, avellano europeo. Serie Actas N°07. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

- Ibacache, A., 2002.** Manejo de un huerto de pecano. Informativo N° 10. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación Intihuasi.
- Indexmundi. 2005.** Pecans; inshell basis-Production, Consumption, Exports, and Import Statistics. Disponible en: http://www.indexmundi.com/en/commodities/agricultural/pecans_inshell_basis/. Consultado el 24 de enero del 2005
- Lemus, G., 2004.** El cultivo del pecano (*Carya illinoensis*). Disponible en: [http://beta1.indap.cl/Docs/Documentos/Fruticultura/Pecano/Cultivo_del_Pecano_\(INIA\).pdf](http://beta1.indap.cl/Docs/Documentos/Fruticultura/Pecano/Cultivo_del_Pecano_(INIA).pdf). Consultado el 6 de julio del 2010.
- Madero, E. 2005.** Crece la producción de nuez pecan. Disponible en: <http://inta.gov.ar/info/intainfo/ant/2004/267producciones.htm>. Consultado el 27 de enero de 2005.
- National Department of Agriculture of South Africa, 2005.** Cultivations of pecans. Disponible en: <http://www.nda.agric.za/docs/pecan/pecan.htm>. Consultado el 19 de enero del 2005.
- ODEPA, 2010.** Superficie de frutales por región. Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/agrodatos/frutales.xls> . Consultado el 6 de julio del 2010.
- Polomski, B. 2005.** Pecan Planting and Fertilization. Clemson University. Disponible en: http://www.clemson.edu/extension/hgic/plants/vegetables/tree_fruits_nuts/hgic1356.html . Consultado el 19 de enero del 2005.
- Stein, L. 2005.** Pecan Tree & Nut Physiology. Disponible en: <http://uvalde.tamu.edu/xtension/physiol.htm>. Consultado 19 de enero del 2005.
- University of Georgia, 2005.** Pecan. *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch. Disponible en: www.uga.edu/fruit/pecan.html . Consultado el 19 de enero del 2005.

5

MACADAMIA

(*Macadamia tetraphylla* L.)

Marisol Reyes M.
Arturo Lavín A.

5.1. Clasificación botánica

El género *Macadamia* pertenece a la familia *Proteaceae*, el que incluye al menos cinco especies en Australia y diez a escala mundial. Debido a que su semilla es comestible, *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche y *Macadamia tetraphylla* L., junto a algunos híbridos entre ambas, son las especies de esta familia que actualmente tienen importancia económica. Ambas son nativas de Australia (Nagao and Hirae, 1992).

En Chile esta familia está representada por árboles de gran valor maderero como lo son, entre otras, *Gevuina avellana* Mol. (Avellano chileno, de fruta similar a macadamia), *Embothrium coccineum* Forst. ("Notro" y "Ciruelillo"), *Lomatia ferruginea* (Cav.) R. Br., ("Fuinque", "Huinque"), *Lomatia hirsuta* (Lam.) Diels, ("Radal") y *Orites myrtoidea* (Poepp. et Endl.) Benth et Hook, ("Mirtillo, Radal de hojas chicas") (Muñoz, 1959; Sudzuki, 1996).

5.2. Origen de la especie

Las macadamias originarias de Australia (entre los 25° y 31° de latitud sur), corresponden a especies relativamente nuevas en cuanto a la comercialización de su fruta y son las únicas plantas nativas de Australia que han sido incorporadas al cultivo comercial por su fruto comestible (Moncur *et al.*, 1985).

M. integrifolia es originaria de los bosques húmedos subtropicales del sudeste de Queensland, lo que la hace poco tolerante a las bajas temperaturas, mientras que *M. tetraphylla* es de origen más meridional, lo que la hace más tolerante a áreas con clima templado (Nagao and Hirae, 1992).

La macadamia fue introducida a Hawai desde Australia hacia fines de los 1.800, pero no fue comercialmente cultivada hasta los inicios de los 1.900 (Nagao and Hirae, 1992). Los principales países productores en la temporada 2002/2003 fueron, Australia, Estados Unidos (Hawai), Sudáfrica, Guatemala y Kenia con 37.000, 23.000, 16.000, 10.000 y 6.500 toneladas, respectivamente, siendo el principal exportador Australia seguida de Sudáfrica y Guatemala (Indexmundi, 2005). Las principales zonas productoras en Australia están en Queensland y Nueva Gales del Sur, de donde proviene, y por lo que también se le conoce como nuez de Queensland. Otros países donde, en la actualidad, se realiza y fomenta su cultivo son Brasil y Costa Rica.

En Chile solo existen plantaciones experimentales en la Región de Coquimbo (Campo Experimental Pan de Azúcar, en la Serena y Campo Experimental Lolol, en Ovalle ambos de INIA), Región de Valparaíso (Piguchén, en la Comuna de Putaendo y San Esteban y en el área de La Cruz-Quillota) y Región del Maule (Centro Experimental Cauquenes de INIA) (Lavín *et al.*, 2001). En la Región de O'Higgins, en la localidad de Panilonco, comuna de Pichilemu, existe una plantación con algunas plantas provenientes de semilla, las que aún no han fructificado.

5.3. Descripción de la especie

Los árboles de macadamia son siempre verdes, de follaje denso (Foto 5.1.), alcanzando los 10 a 20 m de altura y un ancho de copa de 13 a 15 m (Bowen, 1991). En el caso de *M. tetraphylla*, las hojas pueden tener 50 cm de largo, márgenes aserrados (Foto 5.2.) y se presentan en verticilos alrededor de cada nudo, en número de cuatro (Nagao and Hirae, 1992).



Foto 5.1. Vista de un árbol ubicado en el secano de la comuna de Cauquenes.



Foto 5.2. Detalle de hojas con borde aserrado.

Las flores son blanco cremosas o rosadas (Foto 5.3.). Aparecen de julio a septiembre y *M. integrifolia* puede tener varios flujos a través del año. El racimo floral posee 200 o más flores. Cada flor tiene cuatro estambres y un ovario con dos óvulos. Las flores abren desde la base del racimo y la plena floración puede tomar una semana. Después de la floración, solo un óvulo es fertilizado.

Alrededor de cinco a ocho semanas después de la floración, ocurre una considerable caída de frutos, cuando éstos tienen el tamaño de una arveja. Se trata de un ajuste natural de la carga frutal (Quinlan and Wilk, 2005).



Foto 5.3. Racimo floral de macadamia.

El fruto de la macadamia corresponde a un folículo (Foto 5.4.). La semilla, que corresponde a la parte comestible, está cubierta por una cubierta café muy resistente (tegumento), el que está envuelto por el pelón hasta el momento de la cosecha.



Foto 5.4. Frutos de macadamia. Se observa la semilla y tegumento que la protege.

5.4. Características agronómicas

5.4.1. Suelo

Se adapta a un amplio rango de suelos, desde arenosos a arcillosos, siempre que tengan buen drenaje. Sin embargo, su mejor desarrollo se produce en suelos profundos y fértiles, sin capas impermeables, con pH entre 5,5 y 6,5. No tolera suelo o agua con altas concentraciones de sal. Deben preferirse zonas con pendientes inferiores al 25-30%, para facilitar la recolección de las nueces, las cuales caen al suelo cuando están maduras (Gobierno de Costa Rica, 2005; California Rare Fruit Growers, 2005).

5.4.2. Clima

Existen diferencias entre las dos especies cultivadas de macadamia con respecto a su adaptación climática. *M. tetraphylla* se caracteriza por ser más tolerante al frío y a la sequía, por lo que se cultiva en California y, probablemente, sería la más adecuada para ser cultivada en Chile. Shigeura (1981) señala que las áreas que poseen temperaturas mínimas promedio de entre 14 y 17 °C durante los meses de invierno, son adecuadas para *M. integrifolia*, mientras que áreas con temperaturas más bajas podrían ser adecuadas para *M. tetraphylla*.

De acuerdo a Sudzuki (1996), el óptimo de producción se obtiene con temperaturas entre los 15 a 35 °C. Bajo los 10 °C no se desarrolla y sobre los 30 °C la vegetación es clorótica. Sin embargo, es necesario mencionar que además de la temperatura, se debe considerar la altitud, ya que determina el rendimiento y la calidad de la fruta. La elevación óptima para la macadamia está entre los 225 y 550 m.s.n.m¹ (Bowen, 1991). También se ha señalado que tendría ciertos requisitos de acumulación de horas de frío (Moncur *et al.*, 1985).

¹ Metros sobre el nivel del mar.

Aunque la macadamia crece entre los 0° y 34° de latitud, la producción óptima se encuentra en áreas donde la temperatura no supera los 32 °C ni cae bajo los 13 °C. Los rangos máximos y mínimos de temperatura para una óptima producción están solo parcialmente relacionados con el desarrollo floral, ya que pequeñas variaciones entre la temperatura del día y la noche tendrían un marcado efecto en la intensidad y largo de la floración (Nagao and Hirae, 1992).

5.4.3. Riego

En cuanto a las necesidades de agua, la falta de humedad en el suelo reduce el rendimiento, restringe el crecimiento del tronco y causa abscisión de hojas y muerte regresiva de ramas. El tamaño de la nuez también se reduce cuando los árboles son sometidos a déficit hídrico en verano y temprano en invierno. Los requerimientos hídricos de la macadamia son dependientes del tipo de suelo. En Hawái, en árboles que crecen en suelos de roca volcánica, 3.180 mm/año de lluvias uniformemente distribuidas son suficientes. En suelos más profundos, solo se necesitan 1.650 mm/año. Incluso puede sobrevivir en áreas con 510 mm/año, pero el crecimiento del árbol es lento y la producción es baja en años excesivamente secos.

En zonas de suelos arcillo limosos, con precipitaciones de 1.090 mm/año, se ha tenido buenos resultados al regar cuando la humedad del suelo llega a 0,6 bares a 0,76 m de profundidad del suelo a una distancia de 1,8 m del tronco. En suelos franco-limosos con precipitaciones promedios de 1.520 mm/año, el riego suplementario puede provocar aumentos del 10% en el diámetro de tronco y producción anual, y las diferencias de rendimiento pueden llegar a un 50% en años muy secos. Para estas condiciones, las tasas de riego varían entre 9,5 L/día en árboles jóvenes y 19 L/día para árboles de 10 años de edad (Nagao and Hirae, 1992).

5.4.4. Nutrición

Para determinar los requerimientos nutricionales se recomienda realizar análisis foliares en primavera, coincidiendo con la ocurrencia del mayor desarrollo vegetativo, y con el período cuando las frutas están comenzando su desarrollo. Se toman muestras de hojas maduras que hayan alcanzado recientemente su plena expansión. Como referencia, se entregan los niveles de nutrientes recomendados para Hawai y Australia (Cuadro 5.1.).

Cuadro 5.1. Rangos de concentración de nutrientes en hoja de macadamia, recomendados en Hawai y Australia.

Elemento		Hawai	Australia
Nitrógeno	(%)	1,45 - 2,00	1,40 - 1,50
Fósforo	(%)	0,08 - 0,11	0,08 - 0,10
Potasio	(%)	0,45 - 0,60	0,60 - 0,70
Calcio	(%)	0,55 - 1,00	0,60 - 0,90
Magnesio	(%)	0,08 - 0,10	---
Azufre	(%)	0,24	0,18
Cloro	(%)	---	0,03
Manganeso	(ppm)	50 - 1500	100
Fierro	(ppm)	50	---
Cobre	(ppm)	4,0	4,5
Zinc	(ppm)	15 - 20	15
Boro	(ppm)	40 - 100	40 - 75
Aluminio	(ppm)	<200	---

Fuente: Adaptado de Nagao and Hirae, 1992.

En Venezuela se recomiendan aplicaciones de nitrato de calcio, boro y microelementos en dosis crecientes de acuerdo a la edad de las plantas, además de encalar los suelos ácidos cada dos años.

5.4.5. Fructificación

A pesar de que la polinización ocurre antes de la antesis², la autofecundación es extremadamente baja, mientras que la polinización cruzada entre variedades determina un fuerte incremento en la cuaja, indicando que los racimos son básicamente autoestériles. Sudzuki (1996) señala que la polinización es cruzada y puede haber autopolinización aun cuando existe cierta incompatibilidad por existir dicogamia³. La germinación de los granos de polen comienza 1 a 2 días después de la polinización con un máximo a los tres días. La producción aumenta considerablemente al disponer abejas melíferas en los huertos (Nagao and Hirae, 1992).

Botánicamente, el fruto de la macadamia corresponde a un folículo poseedor de una sola semilla (Bowen, 1991; Sudzuki, 1996; Defilippi y Echeverría, 1997). La envoltura externa correspondiente al llamado “pelón” en la nuez. Lo forman el exocarpio y el mesocarpio, el conjunto es dehiscente mediante una sutura ventral (Defilippi y Echeverría, 1997). La semilla está conformada por el embrión y los cotiledones, los cuales están cubiertos por lo que se conoce normalmente como “cáscara”. Esta “cáscara” está formada por dos tegumentos, el externo duro con muchas fibras y células, y el interno, mucho más delgado, formado a partir de la epidermis interna del tegumento.

El fruto requiere en total 210 días para madurar (Nagao and Hirae, 1992). Después de 45 a 60 días desde la antesis se produce una caída de frutos. En general, no más del 1% de las flores llegan a ser nueces (Quinlan and Wilk, 2005).

Los árboles sometidos a estrés hídrico 5 a 6 semanas después de cuaja, presentan fuertes caídas de fruta. También ocurren abscisiones prematuras cuando no hay suficiente translocación de asimilados para el desarrollo del fruto (Nagao and Hirae, 1992).

² Período de expansión de una flor hasta que está completamente desarrollada y funcional.

³ Maduración de las partes masculina y femenina de la flor en tiempos distintos.

Un árbol de macadamia, injertado, comienza a producir al cuarto año desde su plantación, generando no más de 1kg/árbol. La producción va incrementando para llegar al séptimo año a 4,5 kg/árbol, 10 kg/árbol al año 10 y a 35 kg/árbol en árboles maduros (Trochoulías *et al.* 1984). En Chile, las experiencias productivas se han realizado solo con plantas de semilla (Foto 5.5.).



Foto 5.5. Planta proveniente de semilla. Tregualemu, Región del Maule.

Los frutos poseen un contenido de aceite, de entre 72 a 78%, el que contribuye fuertemente a la calidad de la nuez (Cuadro 5.2.). Se caracteriza por su bajo nivel de ácidos grasos insaturados y sobresale también la presencia de riboflavinas (Sudzuki, 1992; Trochoulías *et al.* 1984). Se considera una de las nueces más finas del mundo y se utiliza en confitería, pastelería, para consumo directo al natural y saladas.

Cuadro 5.2. Composición de 100 g de frutos de macadamia.

Componente		Vitaminas y minerales	
Grasa (%)	78,6	Fósforo (%)	0,24
Proteína (%)	9,3	Calcio (%)	0,06
Carbohidratos (%)	7,5	Riboflavina (mg)	118
Fibras (%)	1,8	Niacina (mg)	1,59
Cenizas (%)	1,4	Thiamina (mg)	0,215
Humedad	1,1	Vitamina A	---
		Ácido ascórbico	---

Fuente: Adaptado de Westwood, 1982.

5.4.6. Patrones y variedades

Si bien en el cultivo de la macadamia se injertan los árboles, para poder tener árboles uniformes en cuanto a sus características, especialmente de frutos, se usan como patrones plantas provenientes de semilla de las mismas especies. Se recomienda obtener las semillas para propagación de árboles vigorosos (Trochoulías *et al.* 1984).

Diversos métodos de injertación, tanto en invernadero como en el campo, son usados con éxito. Solo se recomienda evitar injertar en invierno.

Si bien aún en Chile no existen variedades comerciales, en los países productores se utilizan básicamente variedades de *M. integrifolia*, ya que se considera que produce nueces de mejor calidad, aunque es mucho más susceptible a las bajas temperaturas invernales. También existen algunas variedades comerciales de *M. tetraphylla* e incluso de algunos híbridos entre ambas especies.

En Nueva Gales del Sur, Australia, las siguientes variedades de *M. integrifolia* son de uso comercial: Keauhou (HAES 246), Kakea (HAES 508), Hinde (H2), Keaau (HAES 660), Ikaika (HAES 333), Kau (HAES 344), Mauka (HAES 741), Makai (HAES 800) Own Choice y Senimke (SI). Algunos híbridos también han sido plantados, pero en pequeñas superficies como: Greber Hybrid, Rankine (HY) y Renown (D4) (Trochoulías *et al.* 1984).

En California, Estados Unidos, se usan variedades de ambas especies y algunos híbridos como Dorado, James, Keaau, Keauhou y Waimanalo de *M. integrifolia*; Burdick y Cate de *M. tetraphylla*; e híbridos como Beaumont, Elimbah y Vista (California Rare Fruit Growers, 2005).

5.4.7. Sanidad

Según Sudzuki (1996), en nuestro país la macadamia está prácticamente libre de plagas y enfermedades que afecten la economía del cultivo. Sin embargo, en Australia, existen plagas que pueden dañar severamente los brotes, hojas, flores y frutos. En Hawai las flores pueden ser atacadas por los hongos *Phytophthora capsici*, *Botrytis cinerea* y *Cladosporium* sp. En Sudáfrica se han aislado *Alternaria*, *Stemphyllum* y *Botrytis* sp., todas ellas presentes en nuestro país.

En Cauquenes, al propagar semillas en bolsas y mantenerlas en invernadero durante el verano, es decir con alta humedad y temperatura, se produjo una alta mortalidad de plantas debido, aparentemente, al ataque de un hongo en el cuello y raíces (*Ophiostoma* sp.) hongo presente en bosques de pino insignie donde solo ataca árboles debilitados.

5.5. Variables estudiadas

El estudio se realizó en el Centro Experimental Cauquenes de INIA, ubicado al oriente de la Cordillera de la Costa, en los 36°40'S y 38°21'O, en un sector de lomajes típicos del secano interior (Lavín, informes anuales⁴).

Los árboles utilizados provinieron de semillas introducidas por INIA en 1982 desde California, Estados Unidos, las que fueron multiplicadas en un vivero de la

⁴ Evaluación de nuevas alternativas frutícolas para el secano interior, Informes técnicos presentados a Odepa 1984, 1985, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992 y 1993.

Estación Experimental la Platina en Santiago, donde se seleccionó el material que se plantó en Cauquenes durante 1984. El marco de plantación fue de 4 x 9 m (278 árboles por hectárea) y quedó conformado por 46 árboles distribuidos en 4 hileras. Se realizaron prácticas de manejo, como poda durante la primavera de 1994, y se fertilizó el huerto desde el tercer al noveno año.

Para describir el comportamiento de los árboles, se utilizaron los registros medidos desde plantación, en 1984, hasta el 2003 en algunos casos. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

5.5.1. Supervivencia

Considera anualmente el porcentaje de plantas vivas sobre la base del total plantado en 1984.

5.5.2. Salida de juvenilidad

Contabiliza el número de árboles que anualmente florecen por primera vez desde su plantación.

5.5.3. Producción

Se evaluó la producción (kg/árbol) para nueve temporadas (1993/94 – 2001/02) expresándose, también, en rendimiento unitario (kg/ha) para lo que se consideraron 278 árboles/ha.

La evaluación se realizó sobre la base de frutos sin pelón (pericarpio), el que fue retirado una vez realizada la cosecha. Tanto la cosecha como la eliminación del pelón se realizaron siempre manualmente.

5.5.4. Situación nutricional

Dado que desde los primeros años después de plantados, varios de los árboles mostraron sectores del follaje con una clorosis y alteración del tamaño y forma de las hojas, en un comienzo se atribuyó esta sintomatología a efectos de bajas temperaturas, especialmente durante algunos días de invierno. Pero la ubicación del follaje alterado no siempre era en los sectores bajos de la copa y, por lo tanto, más susceptible a sufrir daños por frío. Esto hizo pensar en algún problema nutricional y, por ello, en septiembre de 1994 se realizaron análisis foliares para macro y micronutrientes en hojas con y sin clorosis.

5.5.5. Caracterización de los frutos

Para las temporadas 1993/94 a 2001/02, exceptuándose las temporadas 1995/96 y 1996/97 en las que debido a las heladas no hubo producción, se determinó en los frutos la distribución de calibres y el peso promedio. Se clasificaron los frutos en cuatro categorías según su diámetro: inferiores a 20 mm, entre 20-20,3 mm; entre 20,3-20,6 mm y superiores a 20,6 mm, expresándose cada categoría como porcentaje del total. El peso de los frutos se obtuvo pesando el número de frutos en cada categoría de diámetro, expresándolo en gramos. También se obtuvo el peso promedio del total de frutos.

Para obtener la relación semilla/fruto, en las temporadas 1993/94 y 1994/95, de cada árbol se pesaron 0,5 kg de frutos, especialmente la semilla y la cubierta seminal. Además, durante la temporada 1999/2000 para el total de frutos cosechados se evaluó el porcentaje de nuez respecto al folículo (fruto con pelón).

En la temporada 1994/95, a una muestra de aproximadamente 0,5 kg de los frutos de siete de los árboles más productivos, se le sometió a análisis físico y químico para conocer las características de los frutos de esta especie al cultivarla en el país.

Debido a que la apertura del pelón es gradual en los frutos de cada árbol, como

una manera de poder uniformar la fecha de cosecha, en la temporada 1993/94 se realizó un ensayo para inducir la apertura del pelón. En los frutos cosechados de los árboles con mayor producción, se probó un tratamiento de inmersión en una solución de Etileno comercial a dosis de 6cc/10 L de agua (300 ppm) por 5 minutos, se le dejó reposar por 12 horas y se evaluó la apertura del pelón.

5.5.6. Estados fenológicos

Desde 1991 a 1999 se registró visualmente la ocurrencia de los estados fenológicos que se detallan a continuación.

Brotación	: Visualización de brotes apicales.
Desarrollo de la inflorescencia	: Aparición de racimos.
Inicio de floración	: 10% de las flores del racimo abiertas.
Plena flor	: 50% de flores abiertas.
Término de floración	: Las flores comienzan a secarse.
Cuaja	: Se comienzan a observar frutos de bajo 4 mm.
Desarrollo del fruto	: Los frutos alcanzan su tamaño final.
Cosecha	: Apertura del pelón y caída de frutos.

También se registró la acumulación de calor efectivo, como Grados Día (GD), mediante la siguiente ecuación:

$$^{\circ}\text{C día} = \sum ((T_{\text{max}} + T_{\text{min}})/2 - T_b)$$

Donde **T_{max}** y **T_{min}** son las temperaturas máximas y mínimas diarias, respectivamente, y **T_b** es la temperatura base de la especie, la que en este caso es 12,5 °C (Nagao and Hirae, 1992). Este cálculo se hizo mensualmente para cada año entre 1993 y 1999, luego se calculó un promedio para cada mes.

5.6. Resultados obtenidos

5.6.1. Supervivencia.

Al quinto año desde plantación había un 65% de árboles vivos, que disminuyó a un 63% en 1996, debido al efecto de las heladas que se ha mantenido en el tiempo (Cuadro 5.3.).

Cuadro 5.3. Supervivencia (N° y %) de árboles de macadamia en Cauquenes.

Año	Árboles vivos	
	N°	%
1991	30	65
1992	30	65
1993	30	65
1994	30	65
1995	30	65
1996	29	63
1997	29	63
1998	29	63
1999	29	63
2000	29	63

Según Defilippi y Echeverría (1997) las plantas jóvenes son muy susceptibles a ser dañadas por heladas débiles y vientos fuertes, debido a que poseen corteza blanda y un sistema radical muy poco desarrollado. La macadamia no tolera heladas severas. El daño se empieza a producir con temperaturas inferiores a -2,7 °C, especialmente si la temperatura baja se mantiene por varias horas (McHargue, 1996).

En Cauquenes, según los datos registrados en la Estación Meteorológica del Centro Experimental Cauquenes de INIA, la ocurrencia de temperaturas bajo ciertos umbrales es muy variable (Cuadro 5.4.). Al relacionar la magnitud del daño sufrido por los árboles con las bajas temperaturas medidas, se ha observado que tanto días aislados con temperaturas muy bajas ($< -3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) como varios días seguidos con temperaturas no tan bajas ($< -2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) provocan daños en el follaje, de leves a severos, ya que hay variabilidad entre árboles. La muerte de árboles solo se ha constatado con la ocurrencia de temperaturas tan bajas como -4°C . En Cauquenes, en el bloque de evaluación, han ocurrido daños en los inviernos de los años 1995, 1996, 2000 y 2002, con muerte de árboles solo durante 1996 ($-4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Cada vez que ha habido daño por heladas, se ha perdido toda la cosecha y, generalmente, en la temporada siguiente, la producción de frutos se ha visto disminuida.

5.6.2. Salida de juvenilidad

El término del período de juvenilidad comenzó a ocurrir desde el año 1991, a los siete años desde plantación, y solo en dos árboles. En los tres años siguientes el número de árboles que floreció se incrementó fuertemente llegando a 25 en el año 1994 (Cuadro 5.5.). Producto del daño causado en las yemas florales por heladas durante el período 1995-1996, no se pudo seguir midiendo la evolución del término del período de juvenilidad.

Debe recordarse que las plantas fueron obtenidas de semilla, por lo que era de esperar una entrada en producción alrededor del 6° año. La obtención de plantas de macadamia mediante mugrón aéreo permite reducir el período de juvenilidad, obteniéndose árboles que entran en producción alrededor de los 4 años, con rendimientos considerados comerciales alrededor de los 6 a 7 años (Nagao and Hirae, 1992).

5.6.3. Producción

Cuadro 5.4. Número de días con temperaturas mínimas bajo distintos umbrales. Años 1989/2002. Estación Meteorológica Centro Experimental Cauquenes INIA.

Mes	Temperatura	Número de días bajo cada temperatura														
		1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Mayo	0	1	1		2	4						1			1	
	-1								1						0	
	-2								1						1	
	-3														0	
	-4		1												0	
	Min.Extrema	-0,2	-4,0	0,4	-0,6	-0,8	0,2	0,2	-2,0	0,2	2,8	0,0	0,1	1,3	-2,5	
	Min. Promedio	5,1	6,0	7,0	7,6	6,7	6,3	6,1	5,9	8,3	7,7	6,7	5,6	7,7	5,2	
Junio	0		1	3		1	1	1	2	1	1	4	3	1	3	
	-1		1		3				6			1		1	3	
	-2		3		1				3			1			5	
	-3														1	
	-4								1							
	Min. Extrema	1,0	-2,9	-0,8	-2,0	-0,4	-0,6	-0,2	-4,4	-0,2	-0,6	-2,0	-0,6	-1,3	-3,7	
	Min. Promedio	6,4	4,0	5,2	4,9	6,6	7,2	5,9	2,6	6,7	4,1	5,8	7,4	5,2	2,5	
Julio	0	1	1	2	3	4	5	3	4	4	4	2	2	6	4	
	-1	1	2		2	2	1	1	1	1	2	3	3	2	1	
	-2			1	2	2		3				2	2	2		
	-3	1						3							2	
	-4															
	Min. Extrema	-3,2	-1,8	-2,0	-2,6	-2,3	-1,2	-3,6	-1,0	-1,2	-1,8	-2,6	-2,6	-2,2	-3,6	
	Min. Promedio	3,8	4,4	4,7	2,4	3,2	4,1	2,9	4,0	5,2	3,4	2,1	2,1	2,6	2,8	
Agosto	0	1					4	4		2	5					
	-1	1	1	2	3		2	1			1		1			
	-2			3				1			1					
	-3							1								
	-4				1											
	Min. Extrema	-1,0	-1,1	-2,8	-4,0	1,6	-1,2	-3,2	0,0	0,0	-2,6	1,0	-1,8	1,8	0,2	
	Min. Promedio	4,4	5,7	3,4	3,4	5,4	2,4	4,2	6,0	5,5	2,8	5,6	5,8	5,7	6,3	
Septiembre	0					1						1	1			
	-1	1						1								
	-2															
	-3															
	-4															
	Min. Extrema	-1,0	1,0	1,0	1,8	-0,6	0,2	-1,0	0,6	1,4	0,2	-0,2	-0,2	0,7	1,1	
	Min. Promedio	5,1	5,9	6,4	5,4	5,1	6,4	4,7	5,4	6,7	3,8	6,6	6,6	5,4	5,5	

Cuadro 5.5. Salida de juvenilidad (N° y %) de árboles de macadamia en Cauquenes.

Año	Árboles con flores	
	N°	%
1991	2	7
1992	9	30
1993	19	63
1994	25	83
1995	25	83
1996	25	86
1997	26	90
1998	28	97
1999	28	97
2000	28	97

En Australia, en el primer año de producción, el rendimiento no excede 1 kg/árbol. A los 10 años es de 10 kg/árbol y a los 20 años de 35 kg/árbol (Trochoulías *et al.* 1984). Estos rendimientos varían según el clima y la variedad. En Hawái, el rendimiento de cinco cultivares de entre 10 y 16 años desde plantación, varía entre 37,9 a 47,4 kg por árbol, en huertos plantados a 8 x 9 m (Nagao and Hirae, 1992).

En Cauquenes, la producción en un comienzo mostró una tendencia normal a subir año a año, pero después del primer daño por heladas, ha tenido una tendencia errática como se ve en el Cuadro 5.6., en el que se muestra la producción promedio desde el año 1995. Se observa que aunque en 1998 hay una marcada alza, en el resto de los años no hay una clara tendencia al aumento. Esto podría ser explicado por el hecho de ser plantas provenientes de semilla que no fueron injertadas, por lo que presentan producciones desuniformes y poco estables. Lo anterior, claramente se observa en la Figura 5.1. donde se muestra la producción alcanzada por cada árbol para los años evaluados. Se puede ver que son pocos los que desde su entrada en producción han presentado producción todos los años y menos los que la han aumentado o sostenido en el tiempo. La desuniformidad, tanto en el desarrollo de la plantación como en la producción, puede ser el resultado del método de propagación usado en los árboles. Según Sudzuki (1996)

la macadamia es fácil de propagar por semilla, pero presenta el inconveniente de obtener producción a los 8 a 12 años con calidad impredecible de frutos. Por otro lado, Defilippi y Echeverría (1997) señalan que la mejor manera de obtener precocidad y uniformidad, tanto en el crecimiento como en la producción, y lograr buena calidad, es usando medios de propagación como la injertación, estacas de madera del año o mugrón aéreo.

Los cultivares de macadamia poseen un estrecho rango de adaptabilidad. En

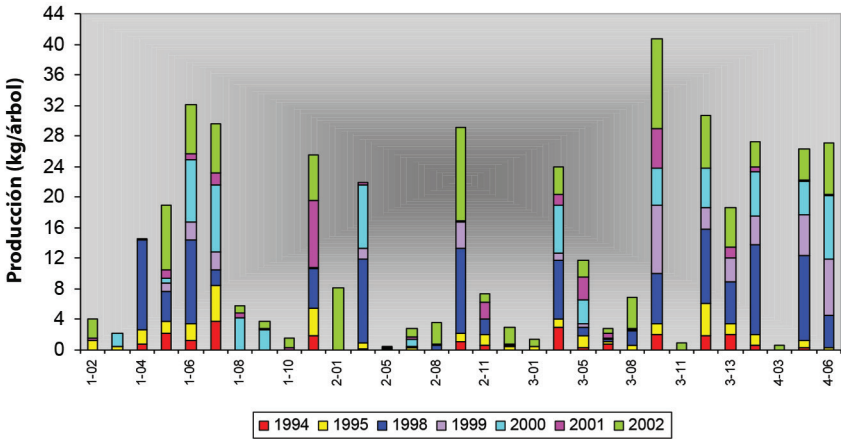


Figura 5.1. Producción acumulada (kg/árbol) para árboles de macadamia, entre los años 1994 y 2002, en Cauquenes.

Cuadro 5.6. Producción evaluada (kg/árbol) y estimada (kg/ha) de árboles de macadamia, para seis temporadas, en Cauquenes.

Temporada	Producción evaluada (kg/árbol)	Producción estimada (kg/ha)
1994/95	1,4	311
1997/98	5,7	1309
1998/99	2,9	732
1999/00	3,9	973
2000/01	1,2	310
2001/02	3,9	977
Promedio	3,2 + 1,7	768 + 400

ensayos realizados en Australia, donde se plantaron variedades Hawaianas, se vio que los rendimientos eran la mitad de lo que se obtenía en Hawai, con árboles de la misma edad. Por este motivo, se recomienda hacer una selección de los cultivares mejor adaptados a cada condición agroclimática (Nagao and Hirae, 1992).

Haciendo una comparación entre los rendimientos promedio y los árboles con mayores rendimientos, se puede hacer una proyección de producción potencial (Figura 5.2.), de donde se puede concluir que es posible subir la producción obtenida en más de un 50%. A esto debiera sumarse una menor distancia de plantación; por ejemplo, en Sudáfrica se recomiendan distancias de hasta 7 x 7m.

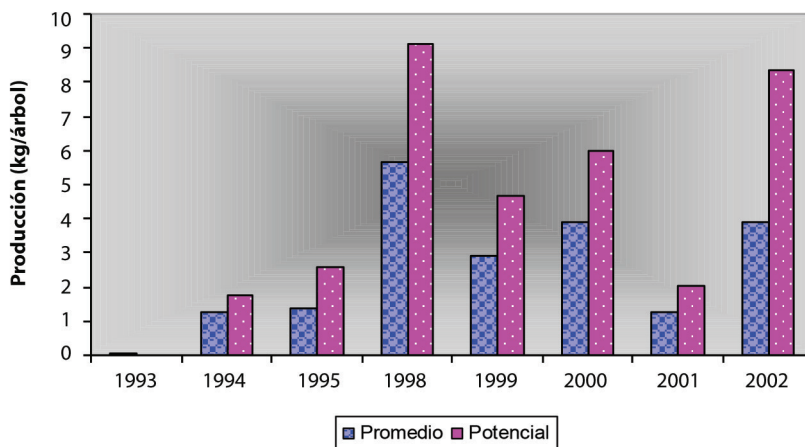


Figura 5.2. Producción promedio y potencial (kg/árbol) de frutos de macadamia en Cauquenes.

5.6.4. Situación nutricional

Para N, P, Mg, Na y Cu se midieron valores similares en las hojas con y sin síntomas, mientras que para K, Ca, Fe, Zn, B y Mn los valores fueron superiores a los de las hojas con síntomas (Cuadro 5.7.). Con respecto a las referencias que existen en Hawai y Australia (Cuadro 5.1.) para los macronutrientes, los valores de N son bajos en ambos casos, los de P normales, los de K alto, sin ser tóxico, en las hojas con síntomas y normal en aquellas sin síntomas. En calcio se da lo contrario; normal para

las con síntomas y bajo para las sin síntomas, mientras que son bajos los niveles de Mg en ambos casos.

Cuadro 5.7. Valores medidos para macro y micronutrientes en hojas con y sin clorosis. Cauquenes, septiembre de 1994.

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm	B ppm
Con síntomas	1,09	0,08	1,10	0,63	0,06	0,04	216	496	146	9,2	14,4
Sin síntomas	1,07	0,08	0,53	0,29	0,05	0,04	62	260	25	8,0	5,8

En micronutrientes, los valores de Mn fueron normales para ambos casos, los de Fe muy alto en las con síntomas y altos en las que no los tuvieron. El Cu fue alto en ambos casos y el Zn muy alto cuando había síntomas y levemente alto cuando no estaban presentes. Los niveles de B fueron diferentes para ambos casos, pero siempre bastante bajos para lo considerado normal en otros países.

Es difícil llegar a una conclusión con tan pocos datos, pero sí se puede concluir que es muy importante determinar los niveles adecuados de nutrientes para la especie bajo las condiciones de los suelos del secano interior.

En ensayos posteriores realizados en el secano costero de la provincia de Cauquenes, no se han detectado problemas nutricionales, aun cuando en ellos también se observan los síntomas antes descritos (Lavín y Reyes, 2005).

5.6.5. Caracterización de los frutos

5.6.5.1. Diámetro

Los frutos de macadamia deben ser de un tamaño que satisfaga las exigencias de los mercados. Contardo (1996) plantea que existe una marcada diferencia entre el producto que se transa internacionalmente entre los países asiáticos y los países de occidente. En los primeros se prefiere macadamia de menor tamaño, la que no tiene gran aceptación en Europa y Estados Unidos.

La distribución porcentual de los frutos según su diámetro se muestra en la Figura 5.3., en la que se observa que casi la mitad de ellos se encuentra entre 20,3 y 20,6 mm, mientras que el menor porcentaje es de aquellos que están bajo los 20 mm.

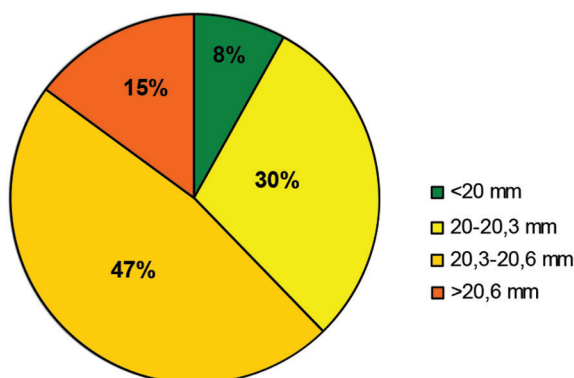


Figura 5.3. Distribución porcentual de frutos para cuatro categorías de diámetro.

5.6.5.2. Peso

El peso de los frutos está en directa relación a su tamaño (diámetro), fluctuando entre 3,1 y 10,1 g, con un promedio general de 6,7 g (Figura 5.4.). La categoría de diámetro con mayor número de frutos (20,3 – 20,6) presentó un peso de 7,7 g. Algunos cultivares seleccionados en Hawai presentan pesos promedio de frutos de entre 6,5 y 7,5 g, mientras que en experiencias en Paraguay (Armada, 2001) se obtuvieron pesos de frutos de entre 4,7 y 7,5 g.

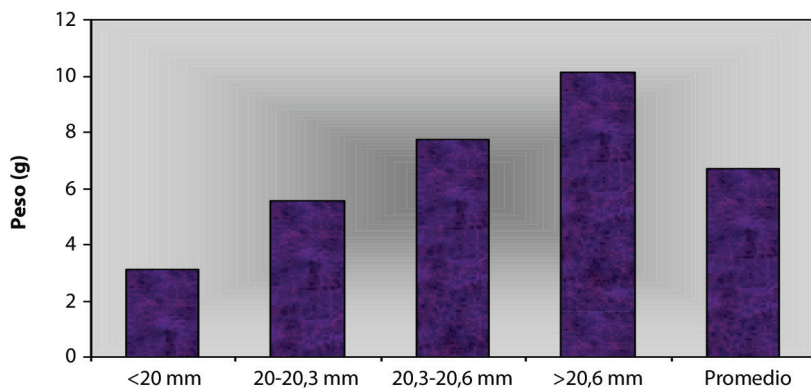


Figura 5.4. Peso promedio de frutos según categoría de diámetro.

5.6.5.3. Relación semilla/cáscara

Los frutos cosechados durante el año 2000 presentaron como promedio 49,69% de semilla, lo que significó que el 50% del fruto correspondió a pelón (pericarpio), lo que es alto comparado con lo que se obtiene en variedades comerciales, donde solamente el 30-35% del folículo corresponde a pelón (Sudzuki, 1996).

5.6.5.4. Relación semilla/fruto

El peso promedio de los frutos para las temporadas evaluadas fue de 6,7 g, con 2,3 g de peso de semilla (Figura 5.5.), lo que corresponde a un 33,7% del peso total. Este valor es levemente superior a lo informado por Armadans (1998), quien reportó valores de 20,3 y 26,3% de semilla.

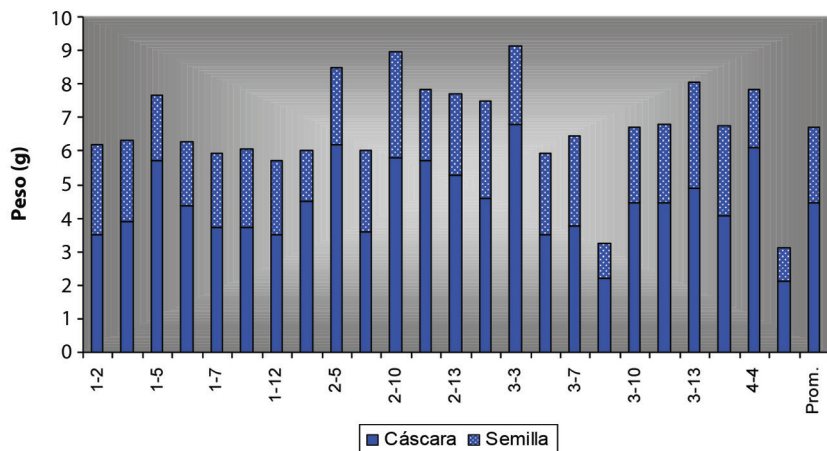


Figura 5.5. Peso de cáscara y peso de semilla, para frutos de macadamia, cosechados las temporadas 1993/94 y 1994/95 en Cauquenes.

Se cree que el grosor de la testa, llamada comúnmente cáscara, puede estar determinado por diversos factores tales como: luz ultravioleta, factor genético y sequía. El grosor tiene puntos a favor y otros en contra. Por ejemplo, una testa gruesa presenta menos parte comestible, pero le confiere mayor protección contra hongos e insectos. Por otro lado, una testa delgada permite que el embrión sea más fácil de pelar, pero más susceptible a la oxidación (Sudzuki, 1996).

5.6.5.5. Composición química

La composición química (Cuadro 5.8.) demuestra que la humedad de todos los frutos analizados fue baja, inferior a 4,5%, lo que aseguraría una buena conservación de la calidad. El nivel de cenizas es similar en todos los árboles estudiados y algo inferior a lo informado en la literatura (1,7%).

Cuadro 5.8. Composición química de frutos de macadamia, provenientes de árboles de semilla, cosechados en Cauquenes. Temporada 1994/95.

Árbol	Humedad %	Cenizas %	Lípidos %	Proteína %	Fibra cruda %	Extracto no nitrogenado %
(1) 6	3,81	0,97	70,33	6,53	1,4	16,96
(1) 6	2,99	0,98	66,91	6,99	3,13	19,00
(2) 10	2,98	0,97	57,64	6,24	4,43	27,75
(2) 12	2,84	0,98	65,08	7,47	3,33	20,30
(2) 13	4,12	0,98	63,08	5,49	3,43	22,90
(3) 3	3,07	0,99	71,85	6,14	2,48	15,47
(3) 10	6,55	0,98	65,02	6,63	3,03	20,79
Promedio	3,34 + 0,45	0,98 + 0,01	65,7 + 4,37	6,5 + 0,59	3,03 + 0,86	20,45 + 3,75
Máximo	4,12	0,99	71,85	7,47	4,42	27,75
Mínimo	2,84	0,97	57,64	5,49	1,4	15,47

El contenido de lípidos es bastante variable, entre 57,64 y 71,85%. Solo dos de los árboles analizados (01-06 y 03-03) se acercan al valor referido por la literatura, 70%, ya que la mayoría dio valores cercanos a 65%. La proteína fluctuó entre 6,50 y 7,47%, lo que está dentro de los rangos citados por otros autores. El contenido de fibra cruda, en la mayoría de los árboles analizados, es alto. Los árboles 01-06 y 03-03, coincidentemente son los de menor contenido de fibra y también de extracto no nitrogenado (hidratos de carbono).

5.6.6. Fenología

En Hawai y Australia, los árboles de macadamia se caracterizan por presentar crecimiento vegetativo durante todo el año, a mayores tasas temprano en primavera, y hacia fines del verano. Estas alzas estarían determinadas por la temperatura, ocurriendo las mayores tasas en períodos en los que las temperaturas fluctúan entre 20 y 30 °C. Bajo 10 y sobre 35 °C, el crecimiento se detiene totalmente. De acuerdo a los registros, en la zona de Cauquenes la brotación se produciría entre agosto y noviembre (Figura 5.6.), período en el que las temperaturas máximas y mínimas fluctúan entre 15,5 a 4,6 °C y 25,3 a 9,0 °C, respectivamente (Novoa *et al.*, 1989).

El desarrollo de la inflorescencia (Figura 5.6.) se produce desde julio hasta fines de septiembre, por lo que la ocurrencia de heladas en invierno las daña en sus primeros estados de desarrollo, haciendo que el daño sea severo.

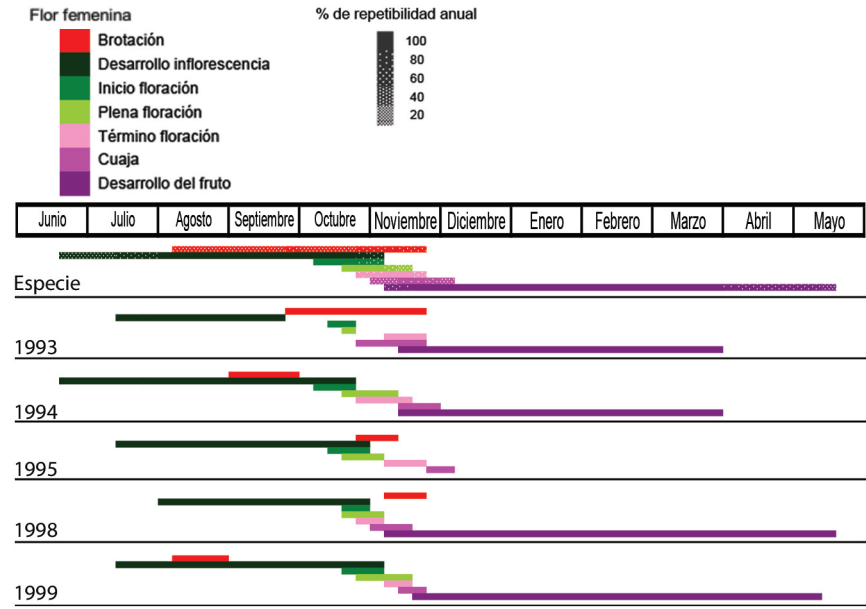


Figura 5.6. Estados fenológicos en árboles de macadamia. Temporadas 1993/94 a 1998/99.

Durante el desarrollo del racimo, es importante la acumulación de calor efectivo o días grado (DG >12,5 °C), ya que contribuye en su elongación (Nagao and Hirae, 1992). Durante el período evaluado, los días grados acumulados hasta el fin de este estado, correspondieron en promedio a 4,3 (Figura 5.7.).

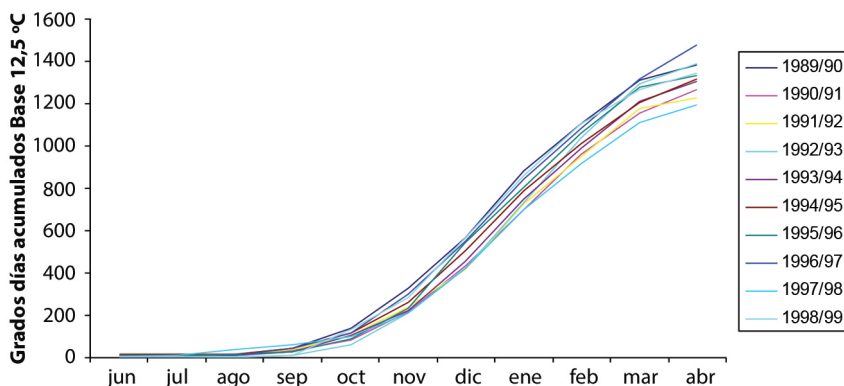


Figura 5.7. Acumulación de Días Grado (DG>12,5 °C) para siete temporadas en Cauquenes.

Los estados fenológicos siguientes (inicio de floración, plena floración y término de floración) ocurrieron desde principios de octubre hasta fines de noviembre. El estado de plena floración se concentró desde fines de octubre hasta la segunda semana de noviembre.

El crecimiento del fruto sigue una curva de modelo sigmoideo simple. La división celular ocurre hasta 4 o 5 semanas después de anthesis (Nagao and Hirae, 1992). Comienza con la cuaja del fruto, que ocurre en noviembre, y termina con la cosecha, al momento en que los frutos han alcanzado su madurez, tanto fisiológica como organoléptica.

En el área de Cauquenes los frutos no abren el pelón en forma natural hasta mayo, prolongándose la cosecha hasta el invierno, lo que es incómodo y podría causar algún problema fungoso. Una solución sería el inducir la apertura del pelón, lo que permitiría cosechar más temprano. El efecto de una inmersión por cinco minutos en una solución de etileno comercial a 300 ppm de los frutos de seis de los trece árboles, se presenta en el Cuadro 5.9., en el que se puede apreciar que fue diferente según el árbol. Para los frutos de los árboles, que fueron sometidos a esta aplicación, existió un aumento en la apertura de los pelones del 100%. Así, desde un 17% de

frutos con pelón abierto en forma natural, se pasó a un 36% de pelones abiertos al aplicar etileno.

Cuadro 5.9. Efecto de tratamiento con etileno comercial sobre la apertura del pelón en frutos de macadamia. Cauquenes, temporada 1993/94.

		Árbol						Total	%
		7	8	3	10	12	13		
Sin etileno comercial	Abierto (Nº)	38	53	1	6	12	0	110	17
	Cerrado (Nº)	73	190	177	35	26	50	551	83
	Total(Nº)	111	243	178	41	38	50	661	
	Abiertos (%)	34	22	1	15	32	0		
Con etileno comercial	Abierto (Nº)	43	145	32	25	19	5	269	36
	Cerrado (Nº)	67	100	241	18	17	45	488	65
	Total(Nº)	110	245	273	43	36	50	757	
	Abiertos (%)	39	59	12	58	53	10		

5.7. Proyección de la especie en el secano interior

Si bien la especie es capaz de crecer vegetativamente y producir cierta cantidad de fruta, las bajas temperaturas invernales que ocurren cada 5 años, aproximadamente (con heladas y temperaturas incluso inferiores a -4 °C) implican daños de diferente grado al follaje y la pérdida total de la cosecha por una o dos temporadas. Por lo tanto, solo en sectores muy particulares, libres de heladas, podría cultivarse la macadamia y preferencialmente plantas de *M. tetraphylla* que es más tolerante a las bajas temperaturas.

Tanto *M. tetraphylla* como *M. integrifolia*, que son menos tolerante al frío, pero que producen mejor calidad de nueces, podrían cultivarse en el secano costero, donde las heladas son de menor intensidad.

5.8. Literatura citada

- Armadans, A. 2001.** Comportamiento de tres variedades de Macadamia (*Macadamia integrifolia*) en el Departamento Central. Revista de Ciencia y Tecnología, Dirección de Investigaciones, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay. 1(3):15-22.
- Bowen, JE. 1991.** Nuez de macadamia, tropical y promisorio. Agricultura de las Américas. 40(5): 30-32,34-36.
- California Rare Fruit Growers, 2005.** Macadamia. <http://www.crfg.org/pubs/ff/macadamia.html>. Leído el 4 de febrero del 2005.
- Contardo, P., 1996.** Análisis de mercado de frutos de nuez: Avellano europeo, Macadamia, Pecano y Pistacho. Escuela de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. 198 p.
- Defilippi, B. y Echeverría, A. 1997.** El cultivo de la macadamia la nuez más fina del mundo. Sociedad Nacional de Agricultura. Santiago, Chile. El Campesino, septiembre-octubre:40-43.
- Gobierno de Costa Rica, 2005. Macadamia.** Disponible en: www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_macadamia.pdf. Leído el 22 de abril del 2005.
- Indexmundi. 2005.** Macadamia Inshell basis-Production, Compsumption, Exports, and Imports Statistics. http://www.indexmundi.com/en/commodities/agricultural/macadamia_inshell_basis/. Leído el 21 de enero del 2005.
- Lavín, A. A.; Lemus, S. G.; Contreras, C. M.; Negrón, M. C. y Orellana, S. A. 2001.** Macadamia. En: Lemus S., G. (ed.) Curso: Frutales de nuez no tradicionales: Macadamia, Pistacho, Pecano, Avellano europeo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago (Chile). Serie Actas N° 7. pp. 2-26.
- McHargue, L. T. 1996.** Macadamia Production in Southern California. p. 458-462. In: J. Janik (ed.), Progres in new crops. ASHS Press, Arlington, VA.
- Moncur, M. W.; Stephenson, R.A. and Trochoulis, T. 1985.** Floral development of *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche under australian conditions. Scientia Horticulturæ, 27:87-96.
- Muñoz, P. C. 1959.** Sinopsis de la flora chilena. Ed. Universitaria, Santiago, Chile. 840 p.
- Nagao, M. and Hirae, H. 1992.** Macadamia: Cultivation and Physiology. Critical Reviews in Plant Sciences. 10(5):441-470.

- Novoa, R.; Villaseca, S.; Del Canto, P.; Rouanet, J.; Sierra, C. y Del Pozo, A. 1989.** Mapa Agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 221 p.
- Quinlan, K and Wilk, P. 2005.** Macadamia culture in NSW. NSW Department of Primary Industries. Disponible en: http://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0005/75740/Macadamia-culture-in-NSW-Primefact-5---final.pdf. Consultado en diciembre de 2013.
- Shigeura, G. T. 1981.** Minimum temperature regime for macadamia-a concept. Hawai Macadamia Producers Assoc. 21th Annu. Proc., p. 76.
- Sudzuki, F. 1996.** Frutales subtropicales para Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. p. 115-136.
- Trochoulis, T.; Chalker, F. and Loebel, M. 1984.** Macadamia culture. Agdex 246/20, Dept. of Agriculture, New South Wales, Australia. 11 p.

6

CONCLUSIONES

Pistacho

Existen problemáticas intrínsecas de la especie y otras que solo se presentan en nuestro país. Ambas deben ser consideradas seriamente previo a establecer la especie. A nivel mundial, y como en muchas otras especies, el añerismo es un problema no resuelto y que en el caso del pistacho se acrecienta bajo condiciones de secano y escasa fertilización. Existen técnicas y manejos agronómicos que permiten disminuir en parte esta problemática, pero que no son del todo satisfactorias ni manejadas por el grueso de los pocos asesores que hay en esta especie en el país.

El pistacho demora al menos seis años en iniciar su producción. Bajo las condiciones del secano, este inicio es bastante lento. Si bien la longevidad de la especie es larga, los primeros años de producción son bajos y repercuten fuertemente en el retorno económico de éste.

A las problemáticas señaladas, que son inherentes a la especie, se suman los problemas particulares detectados bajo nuestras condiciones. A pesar de que en el mundo, en especial en los centros de orígenes del pistacho, hay una alta diversidad varietal, en Chile la disponibilidad de material es baja, tanto en diversidad como en cantidad. Esto conlleva diversos problemas, entre ellas el alto costo de las plantas, que supera largamente el de la mayor parte de las especies frutales comercializadas.

La limitada diversidad de variedades, tanto machos como hembras, y la baja investigación y desarrollo en la especie, hacen en muchos casos riesgoso el

emprendimiento en pistachos. Un problema asociado a la baja presencia de variedades en el país (basada principalmente en las variedades Kerman y Peters), es la errática compatibilidad fenológica (coincidencia de las floraciones del macho con la hembra), lo que es vital a la hora de definir la producción potencial de la temporada. La investigación presentada en este boletín y en otras publicaciones desarrolladas por el INIA, han propuesto combinaciones variedad/polinizante, que presentan mejores coincidencias. Sin embargo, la disponibilidad de encontrar esas combinaciones de variedades en viveros, es escasa.

Otro factor incidente en el costo de las plantas y, por ende, en el establecimiento del huerto, es el bajo prendimiento de los injertos. Aunque el éxito de las injertaciones ha ido aumentando, aún no está resuelto y, aunque algunos viveristas señalan que ya no es un problema, el número de cicatrices en el patrón delata los intentos fallidos en injertar. Algunos asesores sugieren plantar el patrón y luego injertar en terreno. Aunque esta técnica mejora el prendimiento y disminuye el costo asociado a las plantas, el éxito de esta práctica no es seguro y puede llevar a tener un huerto desuniforme.

A pesar de los problemas señalados, esta especie tiene características que son favorables en el contexto del secoano. Sin perder de vista que el añerismo, la indehiscencia y otros problemas se agudizan con la falta de agua, la alta tolerancia a periodos de sequía y pobres condiciones físicas y nutricionales de suelo, la hacen una buena opción frutícola para el secoano.

En cuanto a la sanidad, en zonas precordilleranas de la sexta región se han reportado algunas plagas como el chinche verde. Sin embargo, bajo las condiciones del secoano la ocurrencia e incidencia de plagas y enfermedades es baja. Esto permite el desarrollo de un cultivo con reducida carga de agroquímicos y menor costo asociado a dichas aplicaciones.

La mano de obra asociada a la especie es baja, no requiere de grandes intervenciones de poda, salvo en la etapa de formación de la planta. Bajo las

condiciones observadas, el crecimiento del árbol no es exuberante, lo que evita la poda frecuente. Esto además debiera considerarse al elegir las distancias de plantación. A pesar del alto costo de las plantas, es recomendable densificar el huerto y aprovechar mejor el suelo.

Una buena poda de formación permite generar huertos altos que faciliten el pastoreo ovino en especial. Aunque no se tiene datos al respecto, la presencia de resinas en el árbol, debiera evitar que los animales lo ramoneen.

Aunque la época de cosecha puede variar, cualquiera sea la condición climática en que se produzca pistacho, una vez que se cosecha el fruto, la remoción del pelón y el secado de la fruta debe hacerse en el día. Luego, es necesario moverla para evitar que ésta se manche, ya que esto disminuirá el precio e incluso puede propiciar la infección fungosa. Si bien es necesaria la oportunidad de esta labor, no es de gran demanda en tiempo.

De acuerdo a expertos extranjeros, la fruta producida en Chile desarrolla una excelente intensidad de color. Si a esto se suma el alto precio y el relativamente sencillo procesamiento que requiere la fruta, es una alternativa interesante para producir y procesar en el secano o enviar fuera de la región, sin mayores requisitos de transporte o tratamientos previos.

Paralelo a seguir las pruebas e ingreso de nuevas variedades y su evaluación, para las condiciones de secano se hace necesario evaluar la producción bajo riego limitado.

Pecano

El mayor desarrollo de esta especie se ha hecho en el norte del país, donde las condiciones climáticas son más propicias para su establecimiento. Para la zona estudiada, los veranos largos y calurosos que se requieren para alcanzar la madurez y secado solar, se logra en la mayor parte de los años. Sin embargo, en

aquellos en que se debe cosechar posterior a las primeras lluvias, es necesario el uso de medios artificiales para el secado.

La observación en el huerto y en árboles ornamentales ubicados en jardines del Centro Experimental Cauquenes de INIA, muestra la alta correlación entre el desarrollo del árbol, su producción y las condiciones de suelo y riego. Así entonces, la recomendación en el pecano es elegir suelos relativamente profundos y con buena disponibilidad hídrica, ya que es un árbol de gran desarrollo y con un sistema radical profundizador.

En investigación, es necesario ajustar un programa de manejo agronómico, especialmente en los temas de riego y fertilización. Aunque no hay una amplia oferta de variedades, es posible plantar con la oferta que hay en el mercado.

Dado que es una especie poco conocida en Chile, el mercado puede ser restringido. Las limitadas producciones que se tuvieron a lo largo del proyecto, siempre fueron bien vendidas en la zona. Sin embargo, una plantación comercial requiere un estudio más detallado.

Macadamia

De las especies evaluadas, sin duda la que tiene más interrogantes en el país es la macadamia. Tanto los huertos experimentales y las pequeñas experiencias comerciales que hay en Chile, son de plantas provenientes de semilla, sin injertar y, por lo tanto, de una alta variabilidad, lo que sin duda constituye una gran limitante para el desarrollo de la especie en el país. Si bien es posible que, entre las variedades existentes en el mundo, haya algunas de mejor adaptación a nuestras condiciones, las características de los centros de origen y cultivo de la macadamia hacen esto poco probable. Tampoco es probable el desarrollo de un programa de selección y mejoramiento genético a nivel nacional, dado los altos costos y tiempo que esto requiere.

La experiencia con macadamias en la zona, mostró que puede vegetar y tener cierto nivel de producción. Sin embargo, la principal limitante climática fue la presencia de heladas, que cada cierto número de años afectaron seriamente la plantación. A pesar de ello, algunos árboles presentaron muy buena recuperación vegetativa y productiva. No obstante, la persistente presencia de hojas amarillentas o con bordes dañados, que no se correlacionaron con desórdenes nutricionales, denotaron que la especie se encontraba fuera de su condición óptima, lo que probablemente afectó negativamente la producción.

Tanto en el plano nacional como internacional, el precio de la macadamia es muy alto, y pareciera haber una demanda insatisfecha; sin embargo, el desarrollo de este frutal en Chile, y en particular en el secano, requiere aún más investigación.

Avellano europeo

De los frutales de nuez evaluados, el que ha tenido el mayor desarrollo en el país y en la región en los últimos años, es el avellano europeo. INIA Quilamapu ha hecho una amplia evaluación de zonas y variedades para el desarrollo de la especie, lo que permite tener una gran cantidad de información a la hora de plantar.

Una de las mejores características del avellano bajo las condiciones del secano, fue la baja presencia de plagas. El pulgón fue controlado eficientemente por enemigos naturales que fueron liberados en el huerto. En general la sanidad de los frutales en el secano es bastante buena y permite la realización de manejos con baja carga de pesticidas o de tipo orgánicos.

Comparado con plantaciones en el valle regado, el desarrollo de los árboles es bajo. Sin embargo, mostraron tener una buena tolerancia a las condiciones de suelo y riego limitado existentes.

Para el caso de agroforestería (huertos frutales que permiten el pastoreo), se hace necesario conducir los huertos en un eje, lo que demanda cierta inversión de

tiempo durante los primeros años y algo los años siguientes, en que es necesario ir eliminando sierpes para mantener despejada la base de árbol.

La cosecha en seco se hace esperando que la fruta caiga al suelo, lo que puede durar alrededor de un mes, por lo que la recolección de los frutos puede hacerse en dos cosechas sin que el fruto se deteriore y sin apremios de tiempo.

Avellano chileno

Casi de manera similar a lo que ocurre con la macadamia, existe gran cantidad de interrogantes respecto del manejo de esta especie. A pesar de esto y de que la experiencia obtenida en este estudio no fue auspiciosa, la importancia de preservar esta especie nativa es tal, que es necesario seguir invirtiendo recursos en su investigación y desarrollo.

Junto a la necesidad de preservarla, existe una buena demanda y precio interesante de sus frutos como snack. Existen, además, una serie de subproductos o productos asociados a su cultivo, como la miel, que permiten el desarrollo de otra actividad de gran desarrollo en el secano como es la apicultura.

Su presencia en sectores entre el secano y la cordillera de la costa, indicarían que bajo esas condiciones su cultivo puede ser más favorable y podría constituirse en una alternativa a la forestación con especies netamente madereras.