

PLANTACIONES DE AVELLANO CHILENO (*Gevuina avellana* Mol.) UNA ALTERNATIVA PARA PRODUCIR MADERA DE ALTO VALOR EN CHILE

Loewe, Verónica⁶; Delard, Claudia⁷ y Álvarez, Andrea⁸

RESUMEN

El avellano chileno (*Gevuina avellana* Mol.), especie nativa de Chile con amplia adaptación ecológica, produce una madera valiosa y escasa, siendo el establecimiento de plantaciones, junto al manejo de renovales, una alternativa interesante para su silvicultura. La plantación de avellanos constituye una opción productiva en áreas aptas, dada la velocidad de crecimiento, la producción temprana de fruta, su aptitud melífera ya que florece cuando hay escasez de flores, y sus múltiples usos. Adicionalmente, el manejo semi-intensivo o intensivo puede homogeneizar la calidad y elevar la producción de fruta.

Dado que se conocen pocas experiencias de plantaciones madereras con esta atractiva especie, se estudiaron dos plantaciones establecidas en Villarrica, región de la Araucanía, y Molina, región del Maule, de 18 y 16 años de edad, respectivamente, establecidas a 3 x 3 m, y manejadas con la técnica conocida como arboricultura de calidad. La supervivencia alcanza al 35% y el crecimiento anual es interesante; más de 40 cm en altura y 0,8-1,2 cm en DAP. El efecto de un raleo a los 17 años en Villarrica incrementó el crecimiento diamétrico. Los resultados son positivos en términos de vigor y de algunos parámetros relevantes para la calidad de la madera, demostrando la plasticidad de la especie y permitiendo concluir que es factible establecerla con fines madereros y frutales si se aplican las técnicas adecuadas a sus especificidades.

Palabras clave: Arboricultura, avellano chileno, especie endémica, *Gevuina avellana*, madera de alto valor, frutos.

SUMMARY

The Chilean Hazel (*Gevuina avellana* Mol.), a native species with a wide ecological adaptation, produces a valuable and scarce wood, being its establishment as planted forests and its second growth native forests management interesting silvicultural alternatives. Since the species has a good growth, an early fruit production, a plentiful flowering when other flowers are scarce for honey production, its establishment as planted forests represents a productive option in appropriated areas, and its intensive management can homogenize and increase fruit production.

Few experiences are known about the species in planted forests. Two plantations were studied, a 18 years old one in Villarrica, Araucanía region, and a 16 years old stand in Molina, Maule region, both plantations established at a 3 x 3 m space and under a management known as quality arboriculture. Survival is 35% and the annual growth is quite interesting; 40 cm in height and 0,8 - 1,2 cm in DBH. In the Villarica's plantation a thinning at 17 years old increased the diameter growth. Results are positive in terms of vigour and some relevant parameters for wood quality, demonstrating the high species plasticity and the feasibility of planting it for wood and fruit production purposes if the appropriated techniques are applied.

Key words: Arboriculture, Chilean Hazelnut, endemic species, *Gevuina avellana*, high value wood, fruits.

⁶ Ingeniero Forestal MPA, PhD. Investigadora Instituto Forestal, Sede Metropolitana. veronica.loewe@infor.cl

⁷ Ingeniero Forestal. Investigadora Instituto Forestal, Sede Metropolitana. claudia.delard@infor.cl

⁸ Ingeniero Agrónomo. Investigadora Instituto Forestal, Sede Metropolitana. andrea.alvarez@infor.cl

INTRODUCCIÓN

El avellano chileno (*Gevuina avellana* Mol.) es una especie nativa del país, de la familia *Proteaceae*, conocida como gevuín o guewin (Hall y Witte, 1998), y en el extranjero se le conoce como *Chilean Hazel*, *Chilean Nut*, *Chilean Wildnut* y *Gevuina Nut* (ICRAF, 2003).

Es típica del sur de Chile, extendiéndose entre los 34 y 43 grados de Latitud Sur, desde Colchagua por la Cordillera de los Andes y desde el norte del río Itata por la cordillera de la Costa, hasta las Islas Guaitecas, con una amplia adaptación ecológica, pero inferior a la de otras especies de la familia *Proteaceae* (Magnin *et al.*, 2012). La especie crece en distintos tipos de suelo, pero no resiste suelos salinos ni climas secos (INTEC, 1982; Del Fierro *et al.*, 1998), y es afectada negativamente por la nieve en sus primeras fases de desarrollo (Álvarez y Lara, 2008). Se distribuye en áreas con reducido déficit hídrico estival (Magnin *et al.*, 2012). En su hábitat natural el avellano se asocia a otras especies como roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*Nothofagus alpina*), coigüe (*Nothofagus dombeyi*), laurel (*Laurelia sempervirens*), belloto (*Beilschmiedia miersii*), mañíos (*Podocarpus spp*) y ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), entre otras (INTEC, 1982; Donoso, 1993), encontrándose raramente en masas puras. Es una de las especies más importantes del bosque Valdiviano (Hueck, 1966; Donoso, 1993). Por esta característica, no es posible una cuantificación exacta del recurso, pero se estima en función del rendimiento medio por árbol y la densidad media por hectárea, que habría unas 144.000 ha disponibles para recolección (FIA, 1999).

Puede alcanzar 20 m de altura (Hoffmann *et al.*, 2000), aunque frecuentemente se comporta como especie arbustiva del sotobosque (Donoso, 1978a). Tiene un hábito piramidal, tronco recto y cilíndrico de hasta 50 - 60 cm de diámetro. Su corteza es color gris ceniciento, con manchas oscuras, ligeramente rugosa, y ramas flexibles y largas. El fruto es una semilla comestible con cáscara leñosa y rica en taninos (Quintanilla, 1974; Krüssmann, 1977; Muñoz, 1980; Hoffmann, 1982), globoso o levemente ovalado, cuyo ápice es algo protuberante, de color verde, rojo o negro - violáceo, según el grado de madurez; la nuez alcanza 1,5 cm de diámetro.

El avellano, al igual que otras especies de la familia *Proteaceae*, posee abundantes raíces proteiformes, densos conglomerados de raicillas con abundantes pelos radiculares que aumentan la capacidad de absorción hídrica (Lamont, 1982); estas raíces se forman en mayor cantidad en suelos pobres, lo que le permite colonizar biotopos extremos, como escorias volcánicas. Ramírez *et al.* (1990) concluyeron que las raíces proteiformes, reguladas en cantidad genéticamente, no se producen en suelos esterilizados, confirmando la importancia de los microorganismos edáficos en su formación; no provocan un aumento del tamaño de las plántulas, pero sí de su biomasa; inducen mayor contenido de hidratos de carbono en hojas, pero no del contenido de fósforo foliar o radicular; aumentan la absorción de agua y disminuyen la relación tallo/raíz considerablemente.

Es una especie ecológicamente plástica (Cuadro N° 1) y debido a sus raíces proteiformes puede crecer tanto en suelos profundos, porosos y fértiles, como en suelos volcánicos, lavas, escorias o ñadis (Ramírez *et al.*, 1990; Donoso *et al.*, 1992; Nuestra Tierra, 1993). No obstante ello, necesita buen drenaje, ya que es muy sensible a hongos (Pozo, 1989).

Se distribuye en zonas de clima templado mediterráneo en la zona norte y templado húmedo o lluvioso en el sur de su distribución, con precipitaciones que varían entre 500 y 1.000 mm anuales en el norte, y entre 3.000 a 4.000 mm anuales en el sur. Crece con temperaturas desde muy bajas a cálidas (Steubing, 1983; Donoso *et al.*, 1992; Donoso, 1993; Nuestra Tierra, 1993). Crece desde el nivel del mar hasta los 700 msnm (ICRAF, 2003; Medel, 2003).

Se adapta a diferentes condiciones de luminosidad, lo que permite que se comporte como especie intolerante o como semitolerante (Donoso *et al.*, 1992; Nuestra Tierra, 1993), pero el poseer una corteza delgada la hace muy susceptible a la insolación, sobre todo si se efectúan plantaciones en laderas de exposición norte u oeste.

Cuadro N° 1
TOLERANCIAS FISIOLÓGICAS DEL AVELLANO CHILENO

Factor	Rango
Temperatura máxima de crecimiento	30°C
Temperatura óptima de crecimiento	15-20°C
Temperatura mínima de crecimiento	0-5°C
Heladas	-8°C
Calor	Baja
Sequía	Media a baja
Salinidad	Muy baja
Viento	Media a baja
Inundación	Buena

(Fuente: Halloy *et al.*, 1996)



Figura N° 1
FRUTOS Y FLORES DE AVELLANO CHILENO

La floración es compleja, como ocurre con todas las especies cuyos frutos se desarrollan en un largo periodo. De hecho, el ciclo de fructificación del avellano dura dos años (Donoso, 1993), por lo que la floración, que aparece en enero, febrero y hasta mayo, ocurre cuando aún están madurando los frutos del año anterior (Figura N° 1), existiendo considerable variación en la fecha, duración y edades de floración dentro de un mismo rodal (Rodríguez *et al.*, 1983). Según Daniel (1982) depende de la actividad hormonal y del nivel de hidratos de carbono y nitrógeno, habiéndose observado que la aplicación de fertilizantes nitrogenados incrementa la producción y puede inducir una floración precoz, sobre todo si la aplicación coincide con la diferenciación de las yemas.

El avellano tiene una amplia gama de usos, entre los que destacan el aprovechamiento de la madera y varios usos no madereros, entre ellos medicinal, ornamental, semilla comestible, aceite y melífera (Valdebenito *et al.*, 2015). Su fruto, la avellana, se consume bajo diversas formas, principalmente tostadas y saladas como *snack* para cócteles, y también como harina. Franco *et al.* (2003) señalan el uso de un extracto de la cáscara de avellanas como antioxidante o filtro ultravioleta para productos alimentarios y cosméticos, y FONDEF (2005) señala nuevos productos, como mantequilla de avellana, barras energéticas y compost.

Las avellanas sin tratar pueden servir para alimentación animal (Cáceres *et al.*, 1982). La cáscara leñosa también puede ser empleada como combustible, ya que su poder calorífico al 10,9% de humedad es de 3.900 kcal/kg y seca llega a 4.700 kcal/kg (INTEC, 1982, 1984; SERCOTEC, 1985). También es factible su empleo como *mulch*, por su aspecto decorativo.

Es una especie ornamental muy decorativa en parques y jardines por sus hermosas flores blancas y el color de sus frutos (Del Fierro *et al.*, 1998; Escobar, 2001; ICRAF, 2003) y es usada con este fin en ciudades del sur de Chile; además se comporta en forma óptima como arbusto para cercos vivos (Jacob, 1995). Como follaje se utiliza en gran parte de las florerías del centro sur de Chile, fin con el cual se cortan ramas de largo variable y se almacenan en cajas de madera hasta por un mes, y también se exporta, habiéndose registrado un *peack* el año 2007, cuando se exportaron 80,2 t (Valdebenito *et al.*, 2015) (Figura N° 2); el año 2015 se exportó una cantidad muy reducida, con un precio equivalente de US\$ 10.925/t (INFOR, 2016). El aceite de avellana se ha exportado en los últimos cuatro años en volúmenes limitados, con precios crecientes de hasta US\$ 28.017/t (Valdebenito *et al.*, 2015).

Con la corteza del avellano y otras hierbas medicinales los mapuches preparan un té para estimular la coagulación y sanar heridas internas causadas por golpes, combatir diarreas y desparasitar, lo que se explicaría por el alto contenido de taninos y el pH de la corteza (Muñoz, 1981; Citarella, 1995; Conejeros, 1995). Debido al alto contenido de taninos en la corteza, esta se utiliza en curtiembre (Escobar, 2001).

El fruto del avellano está compuesto por un 66% de cáscara leñosa, un 28% de semilla o cotiledones, y un 6% de cutícula. Las semillas, que son la parte comestible del fruto, tienen en promedio 1,76 cm de diámetro, y pesan 1,6 g, con gran valor alimenticio (Cuadro N° 2), especialmente por su contenido de proteínas y lípidos, y un sabor muy apreciado (INTEC, 1982, 1984; SERCOTEC, 1985).



Figura N° 2
DETALLE DE REBROTE DE AVELLANO EMPLEADO COMO FOLLAJE PARA DECORACIÓN

El perfil de ácidos grasos (Cuadro N° 3) muestra una predominancia de ácidos grasos insaturados (93%), siendo el ácido palmitoleico el más importante, poco común en aceites vegetales (generalmente se encuentra en los aceites de tortuga, visón y de otros animales), lo que le confiere una característica importante para el uso en cosméticos (Flores y Segura, 1989). Por el alto contenido de ácido linoléico es propenso a la rancidez (Bahamonde, 1986). La presencia de

la vitamina E cumple un rol de protección de las membranas celulares del cerebro, anti colesterol, retrasador de la sintomatología de Alzheimer y activador del sistema inmunológico. Además posee cantidades significativas de tocotrienol (130 mg/kg), con propiedades anticoagulantes, anticancerígenas y antiinflamatorias (Bertoli *et al.*, 1998 cit. por Arriagada, 2003). Desde el punto de vista dermatológico, el aceite de avellana tiene la propiedad de absorber las radiaciones bajas del espectro ultra violeta, lo que le confiere la capacidad de actuar como filtro UV impidiendo el paso de las radiaciones que producen eritemas en la piel, pero permitiendo el paso de las radiaciones responsables del bronceado sin daños. Su poder de protección es equivalente a un factor 10 (Pharmos Aloe Vera, 2000 cit. por Arriagada, 2003).

Cuadro N° 2
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA AVELLANA CHILENA

Componente	Universidad de Chile	INTEC	Universitaet Liebig
Humedad (%)	7,5	8,1	7,3
Proteínas (%)	12,4	12,4	11,3
Lípidos (%)	49,3	47,8	48
Cenizas (%)	2,8	-	3,1
Fibra cruda (%)	3,6	20	-
Hidratos de carbono (%)	-	3,6	22,3
Materia fibrosa (%)	-	-	7,3
Valor calórico (kcal/100 g)	-	535,5	-
Tocoferoles (mg/kg aceite)	-	270	-

(Fuente: INTEC, 1984)

Cuadro N° 3
PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS PRESENTES EN ACEITE REFINADO DE AVELLANA

Ácidos grasos	INTEC	Universitaet Liebig
	(%)	
Ácido Palmítico	1,8	2,2
Ácido Hexadecaenoico	27,6	25,8
Ácido Esteárico	0,5	0,8
Ácido Oleico	39,8	39,4
Ácido Isooleico	-	4,6
Ácido Linoleico	6,9	7,7
Ácido Linolénico	10,1	-
Ácido Eicosanoico	1,3	2,1
Ácido Eicosanoico	10,1	2,7
Ácido Isoeicosanoico	-	5,1
Ácido Docosanoico	3,1	2,3
Ácido Docosanoico	8,7	1,5
Ácido Isodocosanoico	-	5,5

(Fuente: INTEC, 1984)

El peso medio de las avellanas frescas varía significativamente entre sectores, fluctuando entre 1,3 y 2,6 g, al igual que el peso seco, que varía entre 0,9 y 1,4 g (Arriagada, 2003). La producción también es muy variable, con una media de 4,2 kg por árbol (entre 1,9 y 6); el número medio de semillas fluctúa entre 240 y 580 por kilogramo, presentando mayor tamaño en el norte.

En Frutillar (región de Los Lagos) se evaluó la producción de avellanas en tres plantaciones, con una tendencia al aumento de la producción de avellanas a mayor DAP de los árboles, aumento que estaría relacionado con la edad; a los 17 años, con 12,6 cm de DAP y 6,3 m de altura, se registró una producción de 34,2 kg/árbol (Donoso, 1978b). En un bosque secundario de roble y avellano en Pucón (región de la Araucanía) también se encontró una significativa correlación entre la fructificación y el DAP (Donoso y Soto, 1979), aun cuando a igual diámetro, Donoso y Soto (1979) señalan una producción muy inferior, que asciende a 4,2 kg/árbol. En el fundo Las Palmas (Valdivia, región de Los Ríos), Escobar (1995) señala que a los 12 años se obtienen producciones de 3,1 kg/árbol, equivalentes a 1.860 kg/ha, con un 95% de árboles productivos.]

Hace casi 50 años se inició un programa de mejoramiento genético buscando elevada productividad y calidad de frutos (Medel y Medel, 2003). Los clones evaluados tienen un rendimiento medio de nuez de 20 kg/planta/año, significativamente superior a la producción en condiciones de bosque (0,3 a 2 kg/árbol/año) (Medel, 2003), comparables a las obtenidas con otras especies de frutos secos (Cuadro N° 4); los clones seleccionados presentan un mayor peso de semilla comestible y una reducción de la cáscara. Medel (2014) indica producciones de 7 a 9 t/ha con germoplasma seleccionado, y de 11 a 18 t/ha con clones seleccionados, lo que evidencia el potencial del avellano chileno como especie frutal.

Cuadro N° 4
PRODUCCIÓN MEDIA ESTIMADA PARA FRUTALES DE NUEZ EN HUERTOS

Especie	Rendimiento (t/ha)	Densidad (N° plantas/ha)	Producción (kg/planta)
Pecano	1,5 – 4,0	123-200	17,5
Avellano europeo	2,0 – 4,0	325-800	8,5
Castaño	2,5 – 4,0	84-100	30
Pistacho	3,0 – 5,5	286-400	12
Nogal	4,0 – 6,0	100-204	30
Almendro	3,5 – 7,0	242-476	15
Macadamia	2,0 – 9,0	69-204	25
<i>Gevuina</i>	1,3 – 6,8	625	15,7

(Fuente: Arriagada, 2003)

Las características de calidad del fruto y adaptabilidad de la especie a climas fríos han despertado el interés de otros países, como Nueva Zelanda y Australia, para desarrollarlo como fruto de nuez alternativo a la macadamia. En estos países se introdujo hace unos 50 años en ensayos de adaptabilidad climática, con excelentes resultados, estimándose que para el año 2010 se habrían plantado 100.000 árboles, principalmente en Otago, Southland y Westland (Halloy, 1998). En estos países se está buscando el fruto perfecto de *gevuina*, para lo cual se han establecido huertos semilleros y están probando métodos de procesamiento y analizando sabor y calidad del producto, habiéndose reportado a los siete años de edad producciones entre 3 y 9 t/ha. No obstante ello, en Chile existen escasas plantaciones de la especie.

El precio de la avellana tostada durante la temporada 2014 osciló entre \$ 5.000 y 6.000/kg en las regiones del Biobío y Araucanía (Valdebenito et al., 2015), mientras que en el *retail*

asciende a \$ 11.900 a 20.600/kg (Medel, 2014).

La madera de avellano es de gran belleza, de aspecto lustroso, vetado hermoso y notorio con anillos anuales bien diferenciados (Pérez, 1983); su duramen es de color rosado a café claro y la albura amarillenta a rojiza. Los rayos medulares son gruesos y aparecen tanto en cortes tangenciales como radiales, en líneas o manchas marcadas (Pérez, 1983; Hall y Witte, 1998).

Es una madera firme y elástica (Escobar, 2001; Plants for a Future, 2003), con grano medio y fibra irregular, densidad media y buena resistencia mecánica, poco durable en contacto con el suelo (Pérez, 1983), sujeta a deslignificación por *Ganoderma australe* y por otros hongos debido a la composición y estructura de su lignina (Martínez *et al.*, 1999).

La densidad básica es de 410 kg/m³, anhidra de 470 kg/m³ (Pérez, 1983), y al 12% de contenido de humedad de 630 kg/m³ (Hall y Witte, 1998). Se clasifica como una madera de contracción volumétrica total mediana (Pérez, 1983).

Durante el proceso de secado natural rara vez se deforma, agrietándose en la superficie. Se requiere de aproximadamente un año por cada centímetro de espesor en el secado natural, quedando con una humedad final de 15 a 18%.

El secado artificial se comporta de manera similar al secado natural, recomendándose una temperatura media bajo 55-60°C (Hall y Witte, 1998).

Corresponde a una madera medianamente tenaz, de baja resistencia a la flexión estática y dureza; sus propiedades mecánicas se resumen en el Cuadro N° 5.

Cuadro N° 5
PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE AVELLANO

Ensayo y Propiedad	Unidad	Estado Verde	Estado Seco (CH = 12%)
Flexión Estática			
Tensión Límite de Proporción	kg/cm ²	236	410
Módulo de Rotura	kg/cm ³	407	625
Módulo de Elasticidad	t/cm ²	68	85
Compresión Paralela			
Tensión Límite de Proporción	kg/cm ²	151	265
Tensión Máxima	kg/cm ²	194	368
Módulo de Elasticidad	t/cm ²	98	102
Compresión Normal			
Tensión Límite de Proporción	kg/cm ²	26	49
Cizalle			
Tensión Rotura Tangencial	kg/cm ²	64	102
Tensión Rotura Radial	kg/cm ²	48	94
Tracción Normal			
Tensión Rotura Tangencial	kg/cm ²	25	28
Dureza (Janka)			
Resistencia Normal a Fibras	kg	208	268
Resistencia Paralela a Fibras	kg	227	324

(Fuente: Pérez, 1983).

La madera se usa en terminaciones y revestimientos interiores, muebles, chapas, remos e instrumentos musicales. Sobre todo en las regiones de la Araucanía y Los Lagos es un material muy apreciado para tallar fuentes, bandejas y otros, ya que por ser liviana y flexible se trabaja fácilmente; además su hermosa veta la hace muy apropiada para revestimientos y tontería (Pérez, 1983; Del Fierro *et al.*, 1998; Escobar, 2001).

Debido a la escasez de madera de la especie, el manejo de renovales es una alternativa interesante para su silvicultura. Asimismo, la plantación de avellanos es una alternativa interesante en muchas áreas por la velocidad de crecimiento en altura (30-40 cm/año); por la producción temprana de fruta comercialmente interesante, a partir de los siete a nueve años; por su aptitud melífera, ya que florece cuando hay escasez de flores; y por la posibilidad de utilizar tanto la madera como el follaje y los frutos (Donoso, 1978b). Adicionalmente, la plantación intensiva de la especie permitiría homogeneizar la calidad y elevar la producción de fruta.

El mercado de la madera de avellano no está desarrollado debido a la escasa oferta, ya que en los bosques actuales es difícil encontrar árboles con fuste recto y diámetro apto para el aserrío.

Solo algunas empresas dedicadas a la fabricación de muebles, instrumentos musicales y enchapados, y artesanos que producen guitarras, botes, remos, bandejas y fuentes se interesan en la especie, aun cuando existen problemas con el abastecimiento de la materia prima. Por ello existe información muy limitada sobre precios (Cuadro N° 6) y volúmenes de producción.

Cuadro N° 6
PRECIOS DE VENTA DE MADERA DE AVELLANO CHILENO

Producto	Unidad	Precio	Año	Mercado
Madera dimensionada	US\$/m ³	390,3	1992	Internacional
Madera dimensionada	US\$/m ³	637,4	1993	Internacional
Madera elaborada	US\$/m ³	677,2	1993	Internacional
Troza aserrable	US\$/m ³	76,4	1997	Internacional
Astillas	US\$/t	49,0	1997	Internacional
Madera aserrada	US\$/m ³	250,0	1997	Internacional
Troz aserrables	US\$/m ³	225	2005	Internacional
Madera aserrada cepillada	US\$/m ³	300-425	2006	Internacional
Madera seca aserrada	\$/pulgada	25.000	2016	Nacional

(Fuente: Modificado de Loewe *et al.*, 2003b).

Con respecto a plantaciones madereras, se conocen pocas experiencias con esta interesante especie. Por ello, en el presente trabajo se presentan antecedentes sobre el crecimiento de dos plantaciones de 16 y 18 años de edad.

MATERIAL Y MÉTODO

Material Vegetal y Área de Estudio

El Instituto Forestal en el ámbito del proyecto "Silvicultura de especies no tradicionales, una mayor diversidad productiva", financiado por FIA, realizó dos plantaciones experimentales puras (Cuadro N° 7), aplicando un manejo semiintensivo, característico de la arboricultura, con el objetivo de producir una troza de madera de calidad y fruta.

Cuadro N° 7
CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS EN QUE SE ESTABLECIERON
LAS PLANTACIONES EXPERIMENTALES

Sitio	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Precipitación Media Anual (mm)	Temperatura Media Anual (°C)	Distanciamiento (m)
Molina	19 H 0310655	6097064	568	980	14,7	3x3
Villarrica	18 H 0752078	5642671	348	2.361	11,1	3x3

En el sitio o ensayo de Villarrica se probaron dos orígenes de semilla, Villarrica y Temuco.

Diseño Experimental

En Villarrica se estableció un diseño en bloques completamente aleatorizados incluyendo tres bloques y dos orígenes, Villarrica y Temuco, con parcelas de 64 árboles y una hilera de aislamiento alrededor, con un distanciamiento de 3 x 3 m en una superficie total de 0,35 ha.

En agosto de 1998 se establecieron plantas de 1 año en bolsa (altura media 53 cm, diámetro al cuello 1,04 cm). El sitio se preparó mediante casillas de 50 x 50 x 50 cm, y la plantación se realizó manualmente. Después de la plantación se adoptaron técnicas de arboricultura (Bisoffi *et al.*, 2008) para obtener madera de calidad: control de malezas (1, 2 y 3 años), fertilización (Superfosfato triple 90 g/planta, Muriato de potasio 45 g/planta y Borax 15 g/planta, a la plantación y 1, 2 y 3 años); podas de formación (selección apical, poda de balance en árboles inclinados a los 1, 3, 5 y 14 años); podas de levante (6 y 7 años), control de brotes basales (cada año) y raleo (17 años) cuando se extrajo el 21% de los individuos y el 14% del área basal.

El manejo consideró intervenciones intensivas características de la arboricultura, es decir la realización de podas consistentes en intervenciones graduales y moderadas del individuo, a partir del primer año de la plantación, sin producir una disminución drástica de la copa, para obtener un fuste del largo deseado y libre de nudos. Esta poda no causa estrés elevado a la planta y da buenos resultados, aún en sitios poco favorables. Consiste en la eliminación de las ramas excesivamente vigorosas o gruesas (hasta 3 - 4 cm de diámetro), las que se cortan a ras del tronco sin dañar el anillo situado en el nivel de inserción de la rama, denominado anillo cicatricial, que corresponde a un tejido pre cicatrizado que impide la entrada de patógenos y la decoloración de la madera (Shigo, 1991). Esta poda, efectuada en invierno, se asocia a una poda estival en verano, con el fin de eliminar los brotes ubicados en la parte basal del fuste o bien los brotes que compiten con la flecha central y que se han desarrollado durante los primeros meses de la temporada, generalmente vigorosos, y para reducir el vigor de ramas que compiten con el ápice. Cabe destacar que en individuos vigorosos de la especie las nuevas ramas, bastante verticales, pueden alcanzar en los primeros meses de la temporada más de 1 m de largo, resultando conveniente su control.

En Molina en septiembre del año 2000 se establecieron plantas de un año con un distanciamiento de 3 x 3 m en un terreno agrícola precordillerano, cuyo suelo se preparó con arado sobre las hileras de plantación. Desde la plantación se regó por surcos entre septiembre y febrero dos veces por semana, adoptándose técnicas de arboricultura para obtener madera de calidad: control de malezas anualmente, fertilización (Superfosfato triple 300 g/planta, Supernitro 100 g/planta y Boronatrocalcita 30 g/planta a la plantación); podas de formación invernales y estivales (selección apical, poda de balance en árboles inclinados a los 3, 5, 6 y 8 años); podas de levante (6 y 7 años) y control de brotes basales (cada año hasta los 8 años). A los 3 años se trasplantaron las plantas supervivientes a fin de aprovechar el sitio y el sistema de riego, concentrándolas en una superficie menor, dada la elevada mortalidad registrada (61%), debida en parte a que el riego por surco provocó descalce de algunos individuos.

Mediciones de Crecimiento

Se realizaron mediciones anuales de crecimiento en invierno los primeros 4 años, midiéndose diámetro a la altura del cuello (DAC), diámetro a 1,3 m de altura (DAP) y altura total de todos los árboles. Luego las mediciones se distanciaron midiéndose Villarrica por última vez el 2015 y Molina el 2016. El diámetro se midió con pie de metro o huincha diamétrica y la altura con hipsómetro. La supervivencia se evaluó contando los individuos vivos desde la plantación, es decir durante 16 o 18 años.

Análisis Estadísticos

Se usaron curvas de supervivencia de Kaplan-Meier y Log Rank Test ($\alpha=0.05$) para comparar la supervivencia entre orígenes en Villarrica. La altura y el diámetro se examinaron para asegurar la distribución normal de las variables y se realizó un ANOVA junto al test de la diferencia mínima significativa LSD de Fisher para analizar diferencias entre tratamientos ($p>0,05$). Los análisis estadísticos se realizaron con el software Infostat y su interface con el software R (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS

En la Figura N° 3 se presenta la supervivencia de avellano chileno en ambas plantaciones, que presenta valores similares; en Villarrica el origen local presenta una leve mayor supervivencia final que la de Temuco (34 y 32%, respectivamente), en tanto en Molina alcanza un 35%. En el Cuadro N° 8 y Figuras N° 4, N° 5 y N° 6 se presentan los crecimientos medios y la evolución del crecimiento en altura, DAC y DAP. En general el crecimiento en altura y DAC de la especie en ambas plantaciones durante los dos primeros años fue lento, debido principalmente a que se encontraban en la primera etapa de desarrollo en la cual las plantas concentran su energía en establecer su sistema radicular. Además la presencia de cuellos tapados reduce el desarrollo de las plantas.

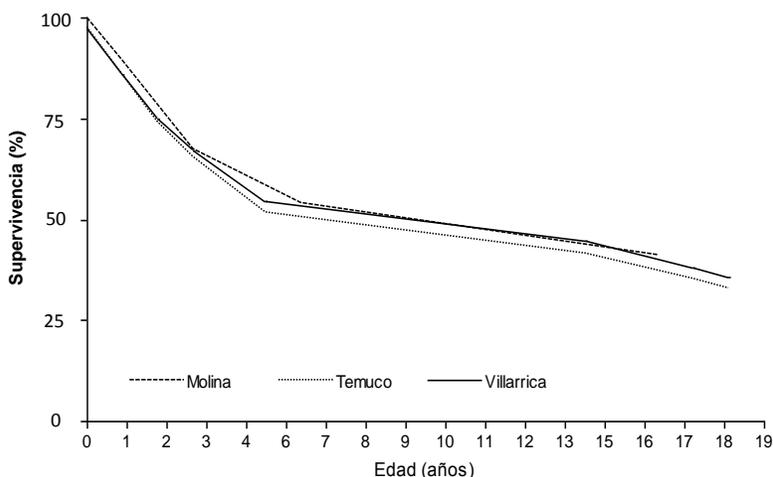


Figura N° 3
CURVAS DE SOBREVIVENCIA KAPLAN-MEIER EN MOLINA, REGIÓN DEL MAULE, Y VILLARRICA, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA SEGÚN ORIGEN (TEMUCO Y VILLARRICA)

Superada dicha fase de desarrollo, los incrementos aumentaron en forma significativa, con importantes incrementos en altura entre los 3 y 6 años en ambas plantaciones, debido entre otras razones a la aplicación de técnicas culturales tales como fertilización, control de malezas y podas de formación.

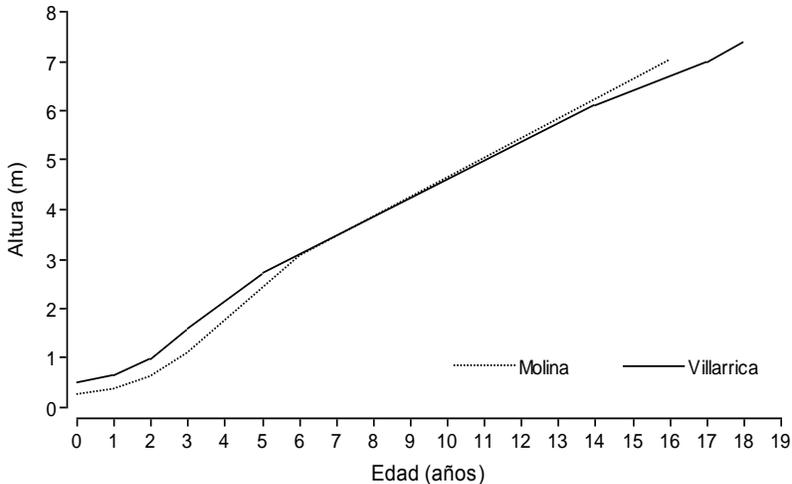
Los dos orígenes probados en Villarrica no mostraron diferencias significativas en crecimiento en DAP ni en altura ($P=0,54$) (Cuadro N° 8).

**Cuadro N° 8
CRECIMIENTO ANUAL MEDIO DE LAS PLANTACIONES**

Plantación	Origen	Incremento en Altura (m/año)	Incremento en DAP (cm/año)
Villarrica	Temuco	0,45 ± 0,04 ns	1,21 ± 0,09 ns
	Villarrica	0,41 ± 0,04 ns	1,30 ± 0,09 ns
Molina	-	0,44	0,82

La evolución de la altura total en ambas plantaciones (Figura N° 4) es similar, con valores ligeramente superiores en Molina a partir de los 10 años.

Contrariamente, el DAC y DAP muestran valores muy superiores en Villarrica durante todo el ciclo evaluado (Figuras N° 5 y N° 6).



**Figura N° 4
EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO EN ALTURA DE LAS PLANTACIONES**

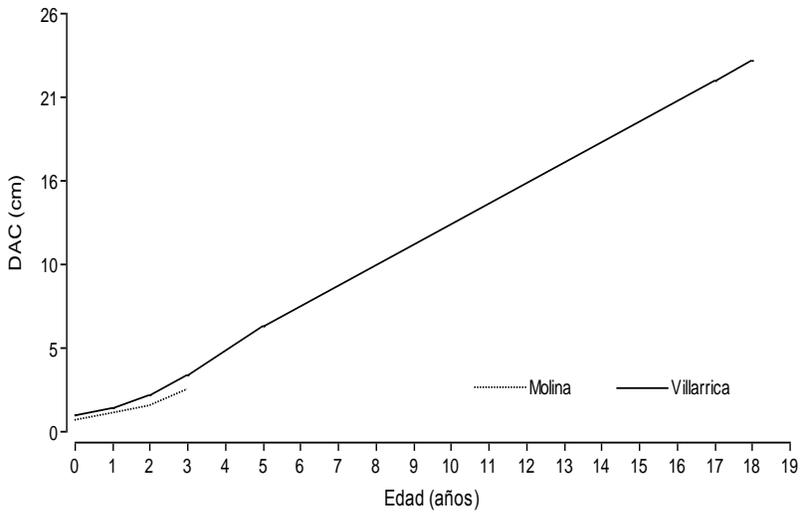


Figura N° 5
EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO EN DAC DE LAS PLANTACIONES

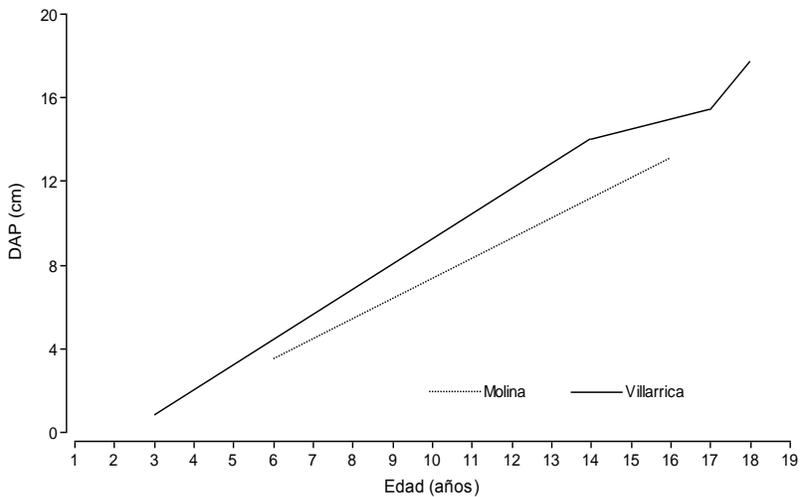


Figura N° 6
EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO EN DAP DE LAS PLANTACIONES

**Cuadro N° 9
EFECTO DEL RALEO EN EL CRECIMIENTO ANUAL
EN PLANTACIÓN ESTABLECIDA EN VILLARRICA SEGÚN ORIGEN**

Origen	17 años (antes del raleo)				18 años (un año después del raleo)			
	Altura (m)	DAP (cm)	Incremento Altura (m)	Incremento DAP (cm)	Altura (m)	DAP (cm)	Incremento Altura (m)	Incremento DAP (cm)
Temuco	6,10	15,60	0,41	0,91	6,70	16,80	0,45	2,60
Villarrica	7,30	17,50	0,45	1,03	7,90	18,80	0,41	2,40
Media	7,00	16,60	0,40	1,00	7,30	17,80	0,40	2,50

El raleo efectuado en Villarrica tuvo un efecto positivo en el crecimiento en DAP, que aumentó 2,5 veces (Cuadro N° 9 y Figura N° 6), pero no afectó el crecimiento en altura. Respecto de la poda, se observa que la poda de formación progresiva realizada en forma anual durante los primeros años permitió obtener individuos con elevada dominancia apical y buena forma en ambas plantaciones (Figuras N° 7 y N° 8).



**Figura N° 7
PLANTACIÓN A LOS 5 Y 17 AÑOS, VILLARRICA**



**Figura N° 8
PLANTACIÓN 2,5 Y 16 AÑOS, MOLINA**

En Molina los individuos se han desarrollado con buena forma y vigor, con respuesta positiva a las intervenciones culturales realizadas, y en particular a las podas; no obstante, requieren riego durante la temporada de crecimiento ya que de lo contrario se ven afectados por la

sequía estival; en algunos años se observaron daños por heladas tempranas y nieve invernal. En Villarrica, los individuos también presentan buena forma y vigor, viéndose no obstante afectados por golpes de sol.

Respecto a la producción frutal, esta empieza a partir de los 8 años, y desde los 10 años se aprecia abundante.



Figura N° 9
CONTROL DE REBROTOS BASALES EN PLANTACIÓN DE 16 AÑOS

DISCUSIÓN

Los resultados observados en ambas plantaciones han sido muy positivos, demostrando que el avellano chileno es una especie plástica ante diferentes técnicas de manejo, y en particular apta a ser manejada mediante técnicas de arboricultura de calidad, confirmando el interés que reviste la especie reportado por Loewe (1998).

Respecto de la supervivencia, en ambos casos se obtuvieron valores cercanos al 35%, no existiendo información bibliográfica a edades similares en condición de plantación pura. No obstante, Álvarez y Lara (2008) evaluaron plantaciones en fajas en cordillera de Valdivia a los 4 años, con supervivencias entre 14 y 85%, inferior a la de raulí (*Nothofagus alpina*) y coigue (*Nothofagus dombeyi*). De forma similar, Chacón y Amesto (2005) indican sobrevivencias a los 19 meses de 15 a 95% según grado de cobertura, siendo superior con coberturas del 12% y disminuyendo a mayores densidades. Dados estos antecedentes, la supervivencia en las plantaciones evaluadas resulta satisfactoria; no obstante, cabe notar que en la situación más septentrional se aplica riego en forma anual en la temporada de crecimiento, sin el cual el valor obtenido habría sido muy inferior. Cabe señalar que un cierto grado de cobertura inicial favorece la supervivencia, ya que reduce insolaciones fuertes y heladas que provocan daños si los sitios están muy expuestos.

En ambos casos se empleó una densidad de plantación de 1.111 árb/ha, densidad frecuentemente utilizada en las plantaciones forestales. Sin embargo, si se desea realizar una plantación para producir avellanas se debería plantar con distanciamientos superiores a 4 x 4 m (625 plantas/ha) para favorecer el desarrollo de la copa, estimulando la producción frutal. Al respecto, Medel (2014) indica que el distanciamiento 4 x 6 m incrementa en forma significativa la producción de avellanas en comparación con 3 x 5 m y 6 x 6 m. Estos aspectos debieran estudiarse con nuevas experiencias de plantación con la especie.

Para la producción de madera, Escobar (1995) recomienda plantar a 2 x 2 m (2.500

árb/ha), densidad con la cual es posible obtener una baja producción frutal y el volumen de madera que se puede lograr en estas condiciones no ha sido cuantificado. Para la producción de madera y avellanas en forma combinada se recomiendan distanciamientos de 3 x 3 m o superiores.

Entre las técnicas importantes de plantación, se debe poner especial atención a que el cuello de las plantas queden a ras del suelo y no cubierto con tierra (Denci *et al.*, 1982), ya que de lo contrario el desarrollo de la planta puede atrasarse por varios años. Los cuellos cubiertos provocan la emisión de brotes adventicios y un retardo significativo del crecimiento, así como un debilitamiento generalizado de la planta. Este efecto ha sido observado en muchas especies latifoliadas, incluyendo varias nativas, entre las que destaca el avellano por su sensibilidad (Loewe, 2003a). Por ello se recomienda que simultáneamente con la ejecución de la poda, e independientemente del periodo del año, se inspeccione el nivel de los cuellos y, en caso de estar tapados, descubrirlos. El efecto de la poda junto a esta actividad será mejor y el logro de sus objetivos será alcanzado con anterioridad. Cabe mencionar que si este problema está presente, su efecto es reversible, al menos durante los primeros 2-3 años, aunque ello también depende de la profundidad a la cual han estado enterrados.

En estas experiencias se realizaron podas radiculares antes de la plantación evitando mutilar las raíces a fin de disminuir los defectos de la madera que derivan de estos daños (Loewe, 2002); para ello, con una tijera bien afilada se recortaron las raíces demasiado largas, a fin de homogeneizar su tamaño y facilitar el embalaje y la plantación, cuidando de no eliminar las raíces proteiformes. También se recomienda (Donoso *et al.*, 1992; Nuestra Tierra, 1993), aunque no se probó en este estudio, que durante los primeros años después del establecimiento esta intervención se repita con el objetivo de desarrollar un buen sistema radicular y aumentar la supervivencia de la plantación.

La especie presenta gran habilidad para rebrotar, con varios rebrotes por tocón, ya sea en plantación o en bosques mixtos. Sin embargo, esta capacidad influye negativamente en la calidad de los vástagos, ya que a mayor número de rebrotes por tocón se producen más torceduras en los fustes, por lo que se requieren repetidas intervenciones desde temprana edad (Figura N° 9) para mejorar la calidad del rodal (Donoso, 1993; Gantz, 1994). Por esta razón, y en concordancia con estos autores, se han efectuado en ambas plantaciones podas de formación y de levante, incluyendo control de los rebrotes, las que en su conjunto han permitido y favorecido una forma adecuada de los individuos para producir madera de alto valor.

Gantz (1994) estudió el efecto de dos tipos de raleos, uno fuerte dejando un rebrote por tocón, afectando fuertemente los doseles inferior e intermedio, y moderadamente el superior, y otro más suave dejando dos rebrotes por tocón, afectando fuertemente el dosel inferior y moderadamente los doseles intermedio y superior. Estos raleos indujeron un incremento en la tasa de crecimiento del área basal y volumen de los renovales, elevando la productividad hasta 12 m³/ha/año, 15-20 metros ruma sólido sin corteza por hectárea. Al respecto, el raleo efectuado en Villarrica permitió un aumento de 2,5 veces en el incremento diamétrico, alcanzando un promedio de 2,5 cm el primer año después de la intervención.

Respecto a la producción frutal, destaca que en plantación el avellano empieza a producir a temprana edad, habiéndose observado las primeras fructificaciones entre los 5 y 9 años, y a partir de los 12 años la producción media sería de 3 kg/árbol (Donoso, 1978b), aun cuando es variable, fluctuando entre 15 y 60 kg por árbol (Donoso *et al.*, 1993). La producción no solo depende del DAP, sino que también de la edad de los árboles, de las condiciones de luminosidad y nutrientes, y del clima: Según Murua y González (1985), la presencia de primaveras y veranos secos e inviernos húmedos es muy importante para que ocurra una abundante fructificación, aún más que la temperatura, presentando una marcada alternancia entre años (Escobar, 1995), siendo una especie añera, tal como sucede con numerosas especies frutales no domesticadas.

En las plantaciones estudiadas se observó escasa fructificación a contar de los 8 años y abundante desde los 10 años; dada su relevancia, sería interesante cuantificarla en forma periódica en futuros estudios, incorporando su relación con el clima y la respuesta frente a intervenciones

culturales; tradicionalmente, el avellano chileno establecido para producción de fruta no se poda ni fertiliza, aun cuando agrónomos con experiencia en manejo frutal consideran que podrían aplicarse técnicas de manejo intensivo, con notables ventajas productivas⁹.

Respecto del crecimiento, el avellano es una de las especies nativas que presenta un crecimiento relativamente rápido, sobre todo durante los primeros años; de hecho, un renoval de cinco a seis años de edad alcanza 5 a 6 m de altura y un diámetro de 2 a 6 cm, y a los 10 años puede llegar hasta 9 cm de DAP y 8 m de altura (Donoso, 1993; Gantz, 1994), con incrementos medios crecientes que a los 15 años alcanzan 0,47 m/año en altura y 0,4 cm/año en DAP (Vita, 1977). El crecimiento en altura registrado en las plantaciones estudiadas de Villarrica y Molina es similar al reportado por este autor, pero los crecimientos en DAP (0,8 y 1,2 cm/año) son 2 a 3,1 veces más elevados a edad similar y también superan al crecimiento medio anual en diámetro reportado por Donoso *et al.* (1992) (0,5-0,6 cm/año), que alcanzaría el máximo alrededor de los 15 años.

Chacón y Amesto (2005) indican mayores crecimientos de plantas de avellano de 19 meses en ambientes más abiertos con mayor disponibilidad de luz, en particular en claros del bosque y en sus bordes, con tasas de crecimiento relativo hasta 6 veces superiores respecto al interior, confirmando su característica de tolerancia intermedia. Magnin *et al.* (2012) señalan dimensiones de 2 m de altura y 3 cm de diámetro en fase juvenil (antes de la primera floración) y de 3,4 m de altura y 9,5 cm de diámetro en fase adulta (después de la primera floración), presentando ambas plantaciones estudiadas mayores dimensiones.

En la plantación de Villarrica los crecimientos no presentaron diferencias significativas entre los dos orígenes probados, probablemente debido a la cercanía de ambos a la zona de plantación, reafirmando la mejor adaptación de las semillas locales en coincidencia con lo señalado por Álvarez y Lara (2008), por lo que estos deben privilegiarse al establecer nuevas plantaciones.

Cabe señalar que el comportamiento de las plantas dentro de cada plantación fue heterogéneo, lo que se debería a la variabilidad característica de la especie y a su sensibilidad a los factores del micrositio, lo que confirma la plasticidad de la especie frente al manejo.

En relación al riego, la experiencia de Molina muestra que se trata de una práctica importante cuando las temperaturas estivales son elevadas y la precipitación es baja, en concordancia con lo señalado por Isotupa y Väättäinen (2008), donde la aplicación semanal explicaría el buen comportamiento de la especie en dicha zona.

Debido al escaso nivel de desarrollo de este cultivo no existen estándares de costos para el establecimiento, mantención y manejo de las plantaciones de la especie, aunque se estiman similares a los de otras especies nativas.

Dada la existencia de demanda por madera de calidad de la especie a nivel nacional, una de las más caras de las maderas nativas, y el conocimiento para producir madera de calidad en rotaciones de duración media, el avellano chileno puede ser considerado como una alternativa productiva si se cultiva con criterios orientados a obtener madera de calidad, que se producirá junto a abundante fructificación. Para ello se recomienda su establecimiento tanto en plantaciones puras como en plantaciones mixtas, ya que si bien no se evaluó esta última opción, en las plantaciones estudiadas se observaron características cualitativas relacionadas a la calidad de la madera, tales como rectitud, cantidad de ramas y su grosor y ángulo de inserción, que podrían mejorarse, lo que es factible mediante su establecimiento en plantaciones mixtas (Loewe y González, 2006). Ello por cuanto según Isotupa y Väättäinen (2008) en estos sistemas se han obtenido los mejores resultados, en particular con pino radiata (*Pinus radiata*), roble (*Nothofagus obliqua*) y coigue (*Nothofagus dombeyi*). En particular, Solar (2000) realizó una propuesta técnica para el cultivo mixto de avellano asociado a castaño (*Castanea sativa*) debido a las similitudes entre estas dos especies en cuanto a sus requerimientos ecológicos. Este autor además sugiere que castaño, por

⁹ Alejandro Navarro. Gerente General VIVEROSUR. Comunicación personal.

ser una especie intolerante y que alcanza mayores alturas, debería ocupar el estrato superior, mientras que avellano, por ser una especie tolerante o semitolerante debería ocupar el estrato intermedio o inferior.

Si bien en este estudio no se cuantificó la producción de avellanas, se observó muy abundante en ambos casos. No obstante ello, la comercialización de la fruta no ha sido posible ya que el costo de cosecha manual superaría al valor de venta (Edwards, com. personal¹⁰), lo que lleva a proponer la mecanización de la cosecha mediante el uso de *shakers*, aún no probada en Chile y técnicamente factible dada la estructura de los árboles inducida por la poda.

CONCLUSIONES

En Chile existen muy pocas experiencias de plantaciones de avellano chileno, a pesar de ser una especie de gran interés tanto por la calidad de su madera y de su fruto, la avellana, de difundido consumo a nivel nacional, como de otros productos derivados que se comercializan a nivel internacional, como su aceite y follaje.

Las experiencias evaluadas de plantaciones puras en ambientes contrastantes muestran supervivencias medias de 35%, en la región del Maule con riego, y de 33%, en la región de la Araucanía sin riego.

A los 16 años la plantación septentrional con riego muestra incrementos medios interesantes, de 44 cm de altura y 0,82 cm de DAP, y a los 18 años la plantación meridional sin riego también evidencia crecimientos anuales interesantes, que alcanzan entre 43 cm de altura y 1,2 cm de DAP. Estos valores se encuentran dentro del rango de crecimiento en altura que presenta la especie en su distribución natural en el país, mientras que superan ampliamente los crecimientos diamétricos reportados por la bibliografía.

La existencia en Chile de una importante demanda insatisfecha por madera de calidad de la especie, una de las más caras entre las maderas nativas, y el conocimiento sobre técnicas de manejo apropiadas para producir madera de calidad, tornan al avellano chileno una alternativa productiva si se cultiva con criterios orientados a obtener madera de calidad, que se producirá junto a abundante fructificación, para lo cual se recomienda su establecimiento en plantaciones puras o mixtas utilizando técnicas de arboricultura, a fin de reducir la emisión de rebrotes, reducir la cantidad y diámetro de ramas, facilitando el manejo e induciendo mejor calidad de madera.

RECONOCIMIENTOS

El presente estudio se enmarca en el Contrato de Desempeño con el Ministerio de Agricultura y establecimiento de los ensayos se realizó en el marco del proyecto “Silvicultura de especies no tradicionales, una mayor diversidad productiva” financiado por FIA y por el sector privado. Un reconocimiento especial a los propietarios de los terrenos en que fueron efectuadas las plantaciones; Agrícola Calandria y Juan Cristóbal Edwards, quienes cedieron los terrenos para los ensayos y han velado por ellos durante casi dos décadas.

REFERENCIAS

Álvarez, P. y Lara, A., 2008. Crecimiento de una plantación joven en fajas con especies nativas en la Cordillera de Los Andes de la Provincia de Valdivia. *Bosque* 29 (3) 181-191.

Arriagada, C. R., 2003. Determinar y evaluar indicadores de calidad del fruto de avellano chileno (*Gevuina avellana* Mol.), en distintos sectores de la IX región. Tesis, Universidad católica de Temuco. 101 p.

¹⁰ Juan Cristóbal Edwards, Propietario, región de La Araucanía.

- Bahamonde, M., 1986.** Estudio de pre factibilidad para la recolección e industrialización de la avellana chilena en la novena región. Seminario, Universidad de la Frontera, Facultad de Ciencias Jurídicas, Temuco.
- Bisoffi, S.; Minotta, G. e Paris, P., 2008.** Indirizzi colturali e valorizzazione delle produzioni legnose fuori foresta. 3th National Congress on Silviculture. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Florence, Italy: Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato, Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare, pp. 729-738.
- Cáceres, O.; Enrique, R.; Voullime, A. y Mendez, C., 1982.** Utilización del fruto del avellano (*Gevuina avellana* Mol.) en alimentación de pollos Cornish de 0 a 30 días de edad. Simiente, Chile. 52 (3-4): 161.
- Chacón, P. and Amesto, J., 2005.** Effect of canopy openness on growth, specific leaf area and survival of tree seedlings in a temperate rainforest of Chiloé Island, Chile. New Zealand Journal of Botany 43: 71-81.
- Citarella, L., 1995.** Medicinas y culturas en la Araucanía. Editorial Sudamericana, Santiago, 294 p.
- Conejeros, A., 1995.** Comunicación personal, CET. Temuco.
- Daniel, A., 1982.** Principios de Silvicultura. Mc.Graw-Hill Co. Inc. México.
- Del Fierro, P.; Pancel, L.; Rivera, H. y Castillo, J., 1998.** Experiencia silvicultural del bosque nativo Chile, recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silviculturales. Proyecto Manejo Sustentable Bosque Nativo. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica y Corporación Nacional Forestal. 420 p.
- Denci, L.; Mercurio, R.; Moroni, M. e Tocci, A., 1982.** Le possibilità di coltivazione del noce da legno. Agricoltura e Ricerca N° 14: 36-41.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W., 2013.** InfoStat version 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [En línea]. [Citado 10 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>.
- Donoso, C., 1978a.** Dendrología de árboles y arbustos chilenos. Manual N° 2, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Pp: 44-50.
- Donoso, C., 1978b.** Antecedentes sobre producción de avellanas. Bosque 2(2): 105-108.
- Donoso, C., 1993.** Bosques templados de Chile y Argentina. Segunda Edición, Editorial Universitaria, Santiago.
- Donoso, C. Y Soto, L., 1979.** Antecedentes sobre producción de avellanas. Bosque 3 (1): 69-70.
- Donoso, C.; Cortes, M. Y Escobar, B., 1992.** Técnicas de vivero y plantaciones para avellano (*Gevuina avellana*). Chile Forestal, Documento Técnico N° 63.
- Donoso, C.; Hernández, M. Y Navarro, C., 1993.** Valores de producción de semillas y hojarascas de diferentes especies del tipo forestal siempreverde de la Cordillera de la Costa de Valdivia obtenidos durante un período de 10 años. Bosque 14 (2): 65-84.
- Escobar, B., 1995.** Comunicación personal, Universidad Austral, Valdivia.
- Escobar, L., 2001.** Ficha forestal, Avellano. Chile Forestal N° 286.
- FLORES, L Y SEGURA, A., 1989.** Diseño y construcción de una planta piloto para extracción de aceite de avellana. Tesis de grado, Universidad de la Frontera, Facultad de Ingeniería y Administración, Temuco.
- Franco, D.; Moure, A.; Sineiro, J.; Dominguez, H. Y García, M., 2003.** Directorio de Iniciativas tecnológicas. (En línea) <<http://dit.ptg.es/cgi-bin/dit/patented.pl?97>> (Citado 7 de Mayo 2003).
- FONDEF, 2005.** Informe final proyecto "Desarrollo de productos orgánicos y funcionales en base a la avellana (*Gevuina avellana* Mol) y creación de mercados para su consumo".
- FIA, 1999.** Frutales de nuez en Chile: situación actual y perspectivas. Documento de Trabajo. Estrategias de Innovación Agraria. Fundación para la Innovación Agraria. Ministerio de Agricultura. 34 p.
- Gantz, C., 1994.** Caracterización, crecimiento e intervenciones silvícolas en un renoval mixto de monte bajo, del tipo siempreverde, en la provincia de Valdivia. Tesis de grado, Universidad de Valdivia.

- Hall, M. Y Witte, J., 1998.** Maderas del sur de Chile, Árboles, aplicaciones y procesos. IER Ediciones. Pp: 26 – 27.
- Halloy, S., 1998.** Initial survival of *Gevuina* on commercial orchards. The Tree Cropper 18: 27-28.
- Halloy, S.; Grau, A. and Mckenzie, B., 1996.** Gevuina Nut (*Gevuina avellana*, Proteaceae), a cool climate alternative to Macadamia. Economic Botany 50 (2): 224-235.
- Hoffmann, A., 1982.** Flora silvestre de Chile, Zona Araucana. Segunda edición, Fundación Claudio Gay. Santiago.
- Hoffmann, A., 2000.** Enciclopedia de los bosques chilenos. Colección Voces de Bosque. Pp: 337.
- Hueck, K., 1966.** Die Wälder Südamerikas. Ökologie, Zusammensetzung und wirtschaftliche Bedeutung, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. Pp: 333-337.
- INFOR, 2016.** Base de exportaciones actualizada a Septiembre 2016. (En línea). <http://wef.infor.cl/consultas_linea/consultaenlinea.php> (Citado 8 de Noviembre del 2016).
- ICRAF, 2003.** *Gevuina avellana*. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) (En línea) <<http://www.worldagroforestrycentre.org/Sites/TreeDBS/Aft/SpeciesInfo.cfm?SplD=17975>> (Citado 3 de Septiembre 2003).
- INTEC, 1982.** Recolección e Industrialización de avellana chilena. Informe final. Oficina de Planificación Agrícola e Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Santiago.
- INTEC, 1984.** Investigación y aprovechamiento de recursos silvopastorales no tradicionales en la Novena Región. Informe de la Fase I, Tomo I, Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Santiago.
- Isotupa, O. Y Väätäinen, L., 2008.** Manual para productores de frutos de *Gevuina avellana*. 14 p.
- Jacob, H., 1995.** Bericht und Studie über den Obstanbau in der IX Region Chile. Forschungsanstalt und Fachhochschule Wiesbaden.
- Krüssmann, G., 1977.** Handbuch der Laubgehölze. 2. Auflage, Bd. II, Paul Parey Verlag, Hamburg. 114 p.
- Lamont, B., 1982.** Mechanism for enhancing nutrient uptake in plants with particular reference to Mediterranean South Africa and Western Australia, The Botanical Review 48(3): 597-689.
- Loewe, M. V., 1998.** Antecedentes de mercado de especies promisorias para Chile. Proyecto de Silvicultura de Especies No tradicionales: Una Mayor Diversidad Productiva". INFOR – FIA. Documento de Trabajo 0599. 132 p.
- Loewe, M. V., 2002.** Técnicas de poda para producir maderas duras de alta calidad y valor. INFOR – FIA. 60 p.
- Loewe, M. V., 2003a.** Arboricultura para producción de madera de alto valor. INFOR – FIA. 56 p.
- Loewe M. V. (Ed.), 2003b.** Aliso italiano, Aliso negro, Aliso rojo, Fresno y Avellano chileno, nuevas alternativas para producir madera de alto valor. INFOR - FIA, 273 p.
- Loewe M. V. Y González, O. M., 2006.** Plantaciones Mixtas, Un modelo productivo con potencial para Chile. INFOR-FIA, 299 p.
- Magnin, A.; Grosfeld, J.; Barthélemy, D. And Puntieri, J., 2012.** Bud and shoot structure may relate to the distribution area of South American *Proteaceae* tree species. Flora 207: 599-606.
- Martínez, A. T.; Almendros, G.; González-Vila, F. J. And Fründ, R., 1999.** Solid-state spectroscopic analysis of lignins from several Austral hardwoods. Solid State Nuclear Magnetic Resonance 15: 41-48.
- Medel, F., 2003.** *Gevuina avellana*: Potencial for commercial nut clones. ISHS Act Horticulture 596. International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants. V International Congress on Hazelnut (En línea) <http://actahort.org/books/556/556_76.htm> (Citado 1
- Medel, F., 2014.** Plantas de calidad para la producción comercial de gevuin (avellano chileno). Presentación en Exponut 2014, Santiago, 8 Mayo del 2014.

Medel, F. And Medel, G., 2003. Growth of seedling rootstocks of *Gevuina avellana* Mol. By soil and foliar fertilization. ISHS Act Horticulture 594. International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants. (En línea) <http://actahort.org/books/594/594_18.htm> (Citado 1 Septiembre 2003).

Muñoz, M., 1980. Flora del parque nacional Puyehue. Ed. Universitaria S.A., Santiago.

Muñoz, M., 1981. El uso medicinal y alimenticio de plantas nativas y naturalizadas en Chile. Museo Nacional de Historia Natural, Santiago.

Murua, R. Y González, L., 1985. Producción de especies arbóreas en la pluviselva valdiviana. Bosque 6 (1): 15-23.

Nuestra Tierra, 1993. El avellano, un árbol nativo desaprovechado. Nuestra Tierra 167: 30 - 33.

Pérez, V., 1983. Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Investigación y desarrollo forestal. Documento de Trabajo N° 47, Santiago.

Plants for a Future, 2003. *Gevuina avellana*; Plants for a future: Database search results. <http://www.scs.leeds.ac.uk/cgi-bin/pfaf/arr_html?Gevuina+avellana> (En línea) (Citado 7 de Mayo 2003).

Pozo, F., 1989. Influencia de la materia orgánica del suelo en la formación de raíces proteiformes de *Gevuina avellana*. Tesis de grado, Facultad de Biología, Universidad de Valdivia.

Quintanilla, V., 1974. Un ensayo fitoecológico del sur de Chile, Ediciones Universitarias de Valparaíso. 104 p.

Ramírez, C; Grinbergs, J.; Valenzuela, E. Y San Martín, C., 1990. Influencia de las raíces proteiformes en el desarrollo de plántulas de *Gevuina avellana* Mol. (Proteaceae). Bosque 11 (1): 11-20.

Rodríguez, R.; Matthei, O. Y Quezada, M., 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción, Chile. Pp: 160-163.

SERCOTEC, 1985. Perfil técnico - económico: Planta Industrializadora de avellanas. División Estudio de Proyectos, Servicio de Cooperación Técnica. Santiago.

Shigo, A., 1991. Modern Arboriculture. EE.UU. 424p.

Solar, O., 2000. Propuesta técnica para el cultivo mixto con especies multipropósito, *Castanea sativa* Mill., y *Gevuina avellana* Mol. Seminario presentado para optar al título de Ingeniero en Ejecución Forestal. Universidad de Concepción.

Stuebing, G., 1983. Seasonal changes of cold resistance of *Proteaceae* of the South Chilean forest. Vegetatio 52: 35-44.

Valdebenito, G.; Molina, J.; Benedetti, S.; Hormazabal, M. y Pavez, C., 2015. Modelos de negocios sustentables de recolección, procesamiento y comercialización de Productos Forestales No Madereros (PFNM) en Chile. Serie Estudios para la Innovación FIA. Santiago, 243 p.

Vita, A., 1977. Crecimiento de algunas especies forestales nativas y exóticas en el arboretum del Centro Experimental Forestal Frutillar. Facultad de Ciencias Forestales, Boletín Técnico N° 47, Universidad de Chile, Santiago.