

Características morfométricas del fruto y dasometría del avellano chileno (*Gevuina avellana*) que impactan la producción bajo arboricultura de calidad

Fruit morphometry and dasometry of *Gevuina avellana* affecting seed production under quality arboriculture

Verónica Loewe Muñoz ^{a,b,*}, Claudia Delard R ^a,
Rodrigo del Río ^{a,b}, Mónica Balzarini ^c

*Autor de Correspondencia: ^aInstituto Forestal (INFOR), Sede Metropolitana, Sucre 2397, Santiago, Chile, tel.: +56 2 23667111, vloewe@infor.cl

^bPontificia Universidad Católica de Chile, Centro Nacional de Excelencia para la Industria de la Madera (CENAMAD), Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile.

^cUniversidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, CONICET, Unidad de Biometría, Córdoba, Argentina.

SUMMARY

The Chilean hazelnut (*Gevuina avellana*) produces valuable timber and edible fruit in high demand. However, the development of the crop is scarce in Chile, where the production is usually harvested from native forests. In plantations, quality arboriculture practices are mainly aimed at increasing the value of timber, though their impact on fruiting is unknown. The objective of this work was to evaluate the shape and size of trees in relation to fruit production, and fruit morphometry traits in relation to kernel yield in cultivated trees. A 21-year-old plantation was evaluated, established with plants from two origins in the Araucanía region, managed with quality arboriculture techniques. Dasometric variables, production and morphometry of fruits and kernel yield in relation to the in-shell seed were measured in 1,000 hazelnuts. Differences were found among origins for tree height though none for fruit morphometric variables. On average, 20 kg of seeds were harvested per tree, with a kernel yield of 35 %, varying among seeds from 12 to 74 %. The trees with the highest seed production had diameters over 18.2 cm and balanced shape (H / DBH ratio less than 0.413). The highest kernel yields were obtained in lightweight in-shell seeds (less than 1.33 g) and with lengths under 18.5 mm. *Gevuina avellana* in managed plantations far exceeds the seed production harvested in native forests, with higher kernel yield in smaller seeds.

Keywords: Chilean hazelnut, gevuin, native species plantation, fruit-forest management, fruiting.

RESUMEN

El avellano chileno (*Gevuina avellana*) produce madera y frutos comestibles, recolectándose la producción principalmente desde bosques nativos. Para determinar si el manejo mejora la productividad frutal, el presente trabajo evaluó la forma y tamaño de árboles, la producción de avellanas y su morfometría, y el rendimiento de semilla sin cáscara en una plantación de avellanos de 21 años provenientes de dos orígenes de la Araucanía, la cual es manejada con técnicas de arboricultura de calidad orientada a incrementar el valor de la madera. Se midieron variables dasométricas, producción y morfometría de frutos, y el rendimiento de pepa en relación al fruto con cáscara en 1.000 avellanas. Se encontraron diferencias entre orígenes para la altura de los árboles, pero no para la morfometría del fruto. Se obtuvieron en promedio 20 kg de fruto por árbol, con un rendimiento en semilla sin cáscara del 35 %, variando entre avellanas del 12 % al 74 %. Los árboles más productivos tenían diámetros sobre 18,2 cm y forma equilibrada (relación H / DAP menor a 0,413). Los mayores rendimientos se obtuvieron en frutos con cáscara de peso liviano (menores a 1,33 g) y con largos bajo 18,5 mm. El avellano chileno en plantaciones manejadas supera ampliamente la producción de avellanas recolectada en bosques, con rendimientos de semilla sin cáscara superiores en frutos de menor tamaño.

Palabras clave: avellana chilena, gevuin, plantación de especie nativa, manejo fruto-forestal, fructificación.

INTRODUCCIÓN

El avellano chileno (*Gevuina avellana* Mol.) es conocido localmente como *gevuin*, y en el extranjero como *Chilean hazel*, *Chilean nut*, *Chilean wildnut* y *gevuina*

nut. Tiene un área de distribución amplia, entre los 34 y 43 grados de Latitud Sur, desde el nivel del mar hasta 700 m s.n.m. (Medel 2001), en zonas de clima templado mediterráneo en el norte y templado húmedo o lluvioso en el sur de su distribución, con precipitaciones anuales que

varían entre 500 mm en el norte, y hasta 4.000 mm en el sur. Se adapta a diferentes condiciones de luminosidad, pudiendo comportarse como especie intolerante o semi tolerante a la sombra, asociándose en bosques nativos principalmente a roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst), raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst) y coigüe (*Nothofagus dombevi* (Mirb.) Oerst); raramente crece en formaciones puras.

La especie posee varios usos no madereros (frutal, medicinal, ornamental, melífera) (Nahuelhual *et al.* 2008), y madereros, siendo su madera de excelente calidad y gran belleza, lo que la constituye en una alternativa productiva de particular interés por la posibilidad de producir en forma simultánea fruta y madera (Loewe *et al.* 2017). Su fruto es una semilla comestible globosa o levemente ovalada, con ápice más o menos protuberantes, de color verde, rojo o negro-violáceo según el grado de madurez. Se consume principalmente tostado y salado como snack, y como harina. Su aceite se exportó en pequeñas cantidades los años 2016 y 2017, con precios de hasta USD 20.647 por tonelada (INFOR 2020). La cáscara leñosa rica en taninos puede emplearse como combustible, con un poder calorífico entre 3.900 y 4.700 Kcal kg⁻¹ según el contenido de humedad (INTEC 1982).

El ciclo de fructificación de la especie dura dos años (Donoso *et al.* 1993), ocurriendo la floración cuando aún están madurando los frutos del año anterior (desde enero a mayo). En bosques nativos, la semilla del avellano está compuesta por un 65 % de cáscara leñosa, un 29 % de cotiledones, y un 6 % de cutícula (INTEC 1982). Las semillas sin cáscara tienen un elevado valor energético, proteico, lipídico y de carbohidratos. Entre los lípidos predominan los ácidos grasos insaturados (93 %), siendo el ácido palmitoleico el más importante, poco común en aceites vegetales, importante para usos cosméticos. La avellana aporta siete de los ocho aminoácidos esenciales, siendo el triptófano la excepción. También posee cantidades significativas de tocotrienol (vitamina E, 130 mg kg⁻¹), con propiedades anticoagulantes, anticancerígenas y antiinflamatorias, y su aceite absorbe la radiación ultravioleta, actuando como filtro con un factor de protección equivalente a 10 (Arriagada 2003). Se considera una fuente de compuestos que benefician la salud (Pino-Ramos *et al.* 2019), lo que cobra importancia frente al creciente interés por nuevos alimentos, sobre todo si tienen un valor agregado para la salud (Halloy *et al.* 1996).

La avellana chilena es un fruto seco de alto potencial comercial, no solo en Chile, sino que también en otros países con características similares, como Nueva Zelanda (Holt y Murphy 2018), cuyo cultivo aún no se ha desarrollado, y que compite con otros frutos secos más desarrollados productiva y comercialmente. Por ello, es deseable pasar de la recolección del fruto silvestre en bosques nativos, a la producción en plantaciones o huertos que permitan obtener fruta de calidad en un volumen elevado y constante. Existen avances en relación al mejoramiento genético y manejo del cultivo, identificándose algunos cultivares y clones aptos productiva y comercialmente en ciertas condiciones edafoclimáticas (Medel y Medel 2000).

Actualmente existe un vacío legal que regule la recolección de avellanas, lo que ha permitido una extracción controlada del recurso (Álvarez *et al.* 2019), evidenciando la conveniencia de establecer huertos productivos que contribuyan a disminuir la presión sobre el recurso nativo y consolidar la oferta de avellanas. No obstante, en Chile existen pocas plantaciones de avellano chileno, menos aún con doble objetivo productivo, existiendo escasa información productiva sobre las mismas. En ellas, el manejo reportado para incrementar tanto el crecimiento como la producción frutal es prácticamente inexistente (Medel 2001, Doll *et al.* 2005), lo que evidencia la necesidad de desarrollar conocimiento que permita mejorar la productividad de madera y fruta de la especie bajo cultivo. La arboricultura de calidad busca producir, en periodos lo más breve posibles, madera con características dimensionales, estéticas y tecnológicas que permitan su colocación en segmentos altos del mercado. Se trabaja a nivel de árbol individual debido a que el valor final depende de la calidad de cada uno. Normalmente incluye técnicas intensivas de establecimiento, que puede ser en plantación pura o mixta, como fertilización, podas y raleos. Este manejo se ha aplicado en dos plantaciones de avellano chileno (Loewe *et al.* 2017), con resultados interesantes en relación con su crecimiento.

Si bien las plantaciones también se hacen para obtener madera, su objetivo principal es la producción de avellanas. Los programas de mejoramiento genético orientados al desarrollo de nuevas variedades comerciales consideran la selección por características de importancia para el manejo y la productividad, como el crecimiento vegetativo compacto o semi-compacto, y un elevado rendimiento de semilla sin cáscara. Dado que se ha reportado en nogal común (*Juglans regia* L.) una fuerte correlación entre la forma de los árboles y su producción (Bayazit 2012), así como entre las características de la nuez y de la semilla sin cáscara (Khadivi-Khub y Ebrahimi 2015), el objetivo de este trabajo es evaluar el impacto de la forma y tamaño del árbol sobre la producción de avellanas y de la morfometría del fruto en el rendimiento de semilla sin cáscara en un huerto con manejo semi intensivo en condiciones de secano. Postulamos que el manejo de la arboricultura en plantaciones especializadas puede inducir una forma de los árboles que favorezca la productividad frutal, y que es factible identificar características morfométricas del fruto que permitan seleccionar variedades de elevado rendimiento en semilla sin cáscara.

MÉTODOS

Material y área de estudio. El año 1998 en la comuna de Villarrica, (UTM 18 H 752.078 m E, 5.642.671 m S), a 348 m s.n.m., se estableció un ensayo con 600 plantas de avellano de dos orígenes (Villarrica y Temuco), siguiendo un diseño en bloques al azar con tres repeticiones y dos parcelas de 64 árboles cada una por bloque, con un distanciamiento de 3 x 3 m entre árboles. Todas las parcelas

contaron perimetralmente con una hilera de borde. El sitio del ensayo es caracterizado por una precipitación anual histórica de 2.361 mm y una temperatura media anual de 11,1 °C; el suelo es un trumao típico.

Las plantas de 1 año de edad, una altura media de 53 cm y diámetro al cuello de 1,04 cm, se establecieron en agosto. El sitio se preparó mediante casillas de 50 x 50 x 50 cm, y la plantación se realizó manualmente. Se manejó usando criterios de arboricultura de calidad (Pelleri *et al.* 2008) con intensidad media, para producir una troza de madera de calidad al final de la rotación y fruta anualmente. La arboricultura incluyó control de malezas (1, 2 y 3 años de edad), fertilización (ácido fosfórico 41,4 g planta⁻¹, potasio 27 g planta⁻¹ y boro 1,7 g planta⁻¹, en la plantación y 1, 2 y 3 años de edad); podas de formación (selección apical, y poda de balance en árboles inclinados a los 1, 3, 5 y 14 años de edad); podas de levante (6 y 7 años), control de brotes basales (cada año) y raleo a los 17 años, cuando se extrajo el 21 % de los individuos y el 14 % del área basal. En la figura 1 se pueden visualizar aspectos del árbol a los 21 años de edad.

Evaluaciones. Para caracterizar la producción, morfometría y rendimiento del fruto del avellano chileno, se seleccionaron al azar tres a cuatro árboles desde cada bloque y origen, totalizando 20 árboles. De cada árbol, se cosechó manualmente toda la producción de frutos (en el árbol y caídos) en marzo del año 2019. De la producción de cada árbol se seleccionó una muestra aleatoria de 50 avellanas con cáscara, sobre las que se midieron las características morfométricas. Considerando la variabilidad del peso seco de la avellana con cáscara (característica de mayor varianza), este tamaño muestral se asocia con una potencia del 90 % para detectar diferencias entre árboles.

Las avellanas cosechadas se mantuvieron a temperatura ambiente durante los primeros tres meses desde la cosecha, monitoreando la pérdida de humedad hasta obtener un

peso constante. Estas 1.000 avellanas se pesaron y midieron (diámetro y largo), tanto con como sin cáscara. La relación entre el diámetro ecuatorial con cáscara (DCC) y el largo con cáscara (LCC) se usó como medida de la esfericidad del fruto (Medel y Medel 2000). El rendimiento de semilla sin cáscara (RP) se determinó usando la siguiente ecuación [1]:

$$RP (\%) = \frac{\text{(peso seco de la semilla sin cáscara)}}{\text{(peso seco de la semilla con cáscara)}} \times 100 \quad [1]$$

Dos años después del raleo, se realizó una medición del diámetro a 1,3 m de altura (DAP) con huincha diamétrica, y altura total (H) con hipsómetro, de cada árbol.

Análisis estadísticos. Se realizó un ANOVA para evaluar el efecto del origen sobre la morfometría del fruto, rendimiento de semilla sin cáscara, DAP y H a los 19 años ($P < 0,05$). Se analizó la correlación entre las variables medidas usando análisis de sendero (Johnson y Wichern 2007). El análisis de sendero (path coefficient analysis) permite descomponer las correlaciones entre dos variables (X e Y) en una suma del efecto directo de X sobre Y, y los efectos indirectos de X sobre Y vía otras variables independientes en un sistema de correlaciones, identificando posibles explicaciones causales de las correlaciones observadas entre una variable respuesta (dependiente, en este estudio producción total por árbol y rendimiento de semilla sin cáscara) y una serie de variables predictoras (independientes, en este estudio dasométricas y morfométricas). Se usaron árboles de regresión (Breiman 2001) para identificar las variables dasométricas que discriminan conjuntos de árboles con diferencia estadísticamente significativa en la producción total de frutos, así como variables morfométricas que impactan el rendimiento de semilla sin cáscara. Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat y su interface con el software R.

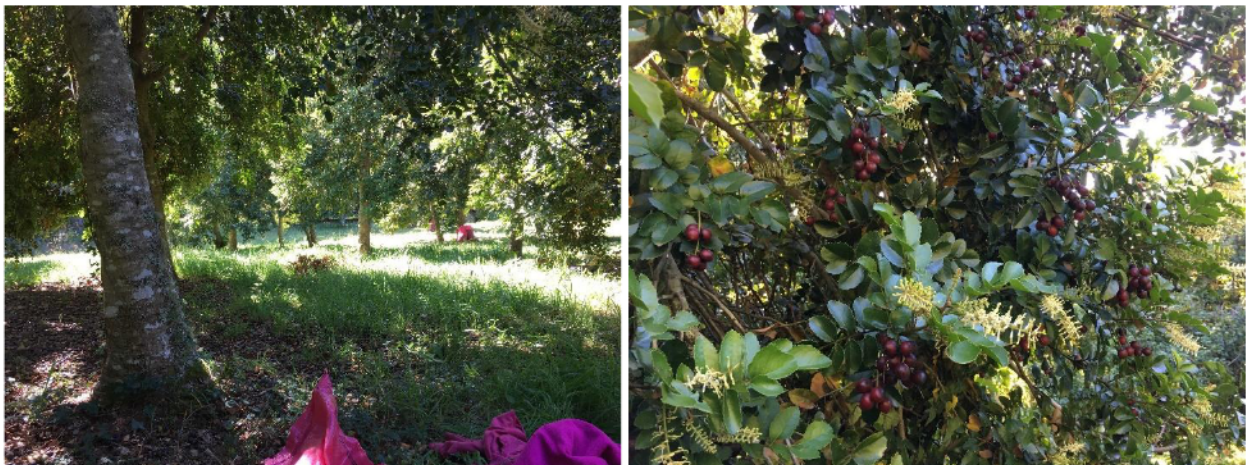


Figura 1. Plantación de avellano chileno a los 21 años, Villarrica, región de La Araucanía.

Chilean hazelnut plantation at age 21, Villarrica, Araucanía region.

RESULTADOS

La producción media de frutos fue de 19,6 kg árbol⁻¹, sin diferencias entre ambos orígenes de plantas (cuadro 1). Independientemente del origen, se observó una elevada variabilidad de la producción de frutos al momento de cosecha entre árboles, con mínimos de 3,8 y máximos de 55,9 kg árbol⁻¹. Los frutos con cáscara colectados y mantenidos a temperatura ambiente perdieron más del 40 % del contenido de humedad durante el primer mes después de efectuada la cosecha.

No se observaron diferencias estadísticas entre orígenes ($P > 0,05$) en ninguna de las variables morfométricas medidas, excepto en el peso de las avellanas sin cáscara, con valores inferiores en plantas del origen Villarrica. La semilla cosechada midió en promedio 14,5 mm de diámetro, 18,4 mm de largo y pesó 1,2 g, con 840 unidades por kilogramo. Las avellanas sin cáscara presentaron valores medios de peso de 0,4 g, de diámetro de 8,3 mm y largo de 10,1 mm, siendo estadísticamente más pesadas las del origen Temuco (0,44 vs 0,38 g) (cuadro 1). El rendimiento medio de semilla sin cáscara en relación al peso con cáscara alcanzó 34,5 %.

Se observaron diferencias significativas entre orígenes de plantas a los 19 años de edad sólo para la altura ($H = 6,7 \pm 0,5$ para Temuco y $8,2 \pm 0,4$ para Villarrica, $P = 0,0194$), con un DAP medio = $18,1 \pm 0,8$ cm, siendo el 95 % de los árboles vigorosos.

El análisis de sendero indicó que la producción total de avellanas por árbol presenta una correlación positiva con el DAP ($R^2 = 0,46$, $P = 0,0415$) y con la relación H / DAP ($R^2 = -0,69$, $P \leq 0,001$) (cuadro 2); y una correlación negativa significativa entre el rendimiento de semilla sin cáscara y dos variables morfométricas de las avellanas con cáscara, peso ($R^2 = -0,5376$, $P = 0,0145$) y largo ($R^2 = -0,5971$, $P = 0,0054$) (cuadro 3).

El rendimiento de semilla sin cáscara, como indicado, fue afectado por el peso con cáscara en forma directa y negativa, y en forma indirecta por dos vías, positiva por el diámetro con cáscara y peso sin cáscara, y negativa por el largo con cáscara y por la relación H / DAP . El rendimiento de semilla sin cáscara también fue afectado por el largo con cáscara en forma directa y negativa, y en forma indirecta por dos vías, positiva por el diámetro con cáscara y peso sin cáscara, y negativa por el peso con cáscara y también por la relación H / DAP (cuadro 3).

Las variables dasométricas que impactan la producción y las morfométricas que impactan el rendimiento de semilla sin cáscara, determinados mediante árboles de regresión, fueron congruentes con el análisis de sendero. En efecto, para árboles con DAP mayor y menor a 18,2 cm se observaron valores promedio de producción total por árbol significativamente diferentes (28,1 versus 12,7 kg árbol⁻¹) ($P = 0,0049$) (figura 2A). De igual forma, para árboles con relación H / DAP mayor y menor a 0,413 los

Cuadro 1. Producción de fruto, características morfométricas de frutos y dasométricas de avellano chileno cosechados en plantación adulta establecida en Villarrica, Chile, con dos orígenes de plantas.

Fruit production, fruit morphometry and dasometry of *Gevuina avellana* harvested in an adult plantation established in Villarrica, Chile, with two plant origins.

Variable	Unidad	Origen de las plantas		Valor p	Media
		Temuco	Villarrica		
Producción (PTOT)	kg árbol ⁻¹	21,3±4,7 a	17,9±3,7 a	ns	19,6
Semilla con cáscara					
Peso (PCC)	g	1,26±0,06 a	1,15±0,05 a	ns	1,19
Diámetro (DCC)	mm	14,9±0,3 a	14,2±0,2 a	ns	14,5
Largo (LCC)	mm	18,6±0,3 a	18,4±0,3 a	ns	18,4
Calibre	número kg ⁻¹	781	862		840
Semilla sin cáscara					
Peso (PSC)	g	0,44±0,02 a	0,38±0,02 b	***	0,40
Diámetro (DSC)	mm	8,5±0,2 a	8,1±0,2 a	ns	8,3
Largo (LSC)	mm	10,3±0,2 a	10,0±0,1 a	ns	10,1
Rendimiento (RP)	%	35,6±1,2 a	33,5±1,0 a	ns	34,5

PTOT: producción total de la temporada de cada árbol estudiado; PCC: peso de avellana con cáscara; DCC: diámetro ecuatorial de avellana con cáscara; LCC: largo o diámetro polar de avellana con cáscara; PSC: peso de avellana sin cáscara; DSC: diámetro ecuatorial de avellana sin cáscara; LSC: largo o diámetro polar de avellana sin cáscara; RP: rendimiento de semilla sin cáscara en relación a la semilla con cáscara. Para cada variable, valores medios con diferentes letras indican diferencias significativas entre orígenes. Media ± error estándar. *** = $P < 0,001$. ns: no significativo.

valores promedio de producción total fueron estadísticamente diferentes (12,1 versus 27,1 kg árbol⁻¹) ($P = 0,0061$) (figura 2B).

En relación con el rendimiento de semilla sin cáscara, avellanas con peso mayor y menor a 1,33 g presentaron valores significativamente diferentes (31,7 % versus 35,6 %) ($P < 0,001$) (figura 3A). Asimismo, las avellanas de largo menor y mayor a 18,5 mm presentaron rendimientos de semilla sin cáscara estadísticamente diferentes (36,1 % versus 32,9 %) ($P < 0,001$) (figura 3B).

DISCUSIÓN

En la plantación estudiada se observó alta variabilidad en la producción entre árboles, hecho reportado también en plantaciones por Donoso y Soto (1979) y en bosques nativos por Donoso *et al.* (1993) en la Región de los Ríos, y en bosques de la Región del Maule por Doll *et al.* (2005). Se observó abundante fructificación a partir de la edad de 10 años, en concordancia con el inicio temprano de la producción frutal reportado por Donoso (1978).

Arriagada (2003) obtuvo una producción media de 15,7 kg árbol⁻¹ con una densidad de 625 árboles ha⁻¹, equivalente a 9,8 Mg ha⁻¹. En este estudio, la producción media de 19,6 kg árbol⁻¹ con la densidad de 554 árboles ha⁻¹ representa 10,7 Mg ha⁻¹, más de 20 veces superior a la producción media obtenida en bosques nativos dominados por avellano (480 kg ha⁻¹, Pognat 2001).

Cuadro 2. Variables dasométricas que inciden significativamente en la producción de frutos de árboles de *G. avellana*, según análisis de sendero.

Dasometric variables that significantly affect fruit production of *G. avellana* trees, according to path analysis.

Efecto	Vía	Coefficiente
DAP	Directa	2,27
DAP	PCC	-0,01
DAP	H	-1,05
DAP	H / DAP	-0,72
DAP	DCC / LCC	-0,02
H/DAP	Directa	1,26
H/DAP	PCC	-0,04
H/DAP	H	-0,62
H/DAP	DAP	-1,31
H/DAP	DCC / LCC	0,02

DAP: diámetro del árbol a 1,3 m; H: altura total del árbol; PCC: peso de avellana con cáscara; DCC: diámetro ecuatorial de avellana con cáscara; LCC: largo o diámetro polar de avellana con cáscara.

El análisis de sendero indicó que la producción por árbol es afectada directa y positivamente por el DAP, lo que ha sido reportado por varios autores en bosques, como Doll *et al.* (2005) en la Región del Maule, y Donoso y Soto (1979) en la Región de La Araucanía. En efecto, los individuos más gruesos mostraron una producción 2,2 veces superior (28,1 kg árbol⁻¹) que los más delgados (12,7 kg árbol⁻¹). El análisis de sendero también indicó que la producción por árbol es afectada directa y positivamente por la relación H / DAP, siendo la producción más del doble en árboles gruesos y bajos, de forma esférica o globosa (H / DAP menor a 0,413) que aquellos alargados y delgados.

La producción de frutos también depende del tamaño de la copa del árbol, determinada por el distanciamiento

Cuadro 3. Variables morfométricas de frutos de *G. avellana* que inciden significativamente en el rendimiento de semilla sin cáscara, según análisis de sendero.

Morphometry of *G. avellana* fruits that significantly affect kernel yield, according to the path analysis.

Efecto	Vía	Coefficiente
PCC	Directa	-0,8553
PCC	DCC	0,7341
PCC	LCC	-0,8738
PCC	DSC	-0,0026
PCC	LSC	-0,0083
PCC	DCC / LCC	-0,1966
PCC	PTOT	0,0194
PCC	H / DAP	-0,0398
PCC	PSC	0,6852
LCC	Directa	-1,0974
LCC	PCC	-0,6810
LCC	DCC	0,4744
LCC	DSC	-0,0010
LCC	LSC	-0,0088
LCC	DCC / LCC	0,3088
LCC	PTOT	0,0100
LCC	H / DAP	-0,0146
LCC	PSC	0,4125

PCC: peso de avellana con cáscara; LCC: largo o diámetro polar de avellana con cáscara; DCC: diámetro ecuatorial de avellana con cáscara; PSC: peso de avellana sin cáscara; DSC: diámetro ecuatorial de avellana sin cáscara; LSC: largo o diámetro polar de avellana sin cáscara; PTOT: producción total de la temporada de cada árbol estudiado; DAP: diámetro del árbol a 1,3 m; H: altura total del árbol.

entre árboles. Medel y Medel (2000) indican que un distanciamiento de 4 x 6 m incrementa significativamente la producción de avellanas, y que altas densidades como las usadas en plantaciones para producir madera (2 x 2 m, 2.500 árboles ha⁻¹) reducen la producción frutal. Para la producción combinada de madera y avellanas se usó un distanciamiento inicial de 3 x 3 m (1.111 árboles ha⁻¹), usada frecuentemente en plantaciones forestales. Posteriormente, mediante un raleo la densidad media se redujo a 554 árboles ha⁻¹, obteniéndose una producción equivalente a la reportada por Medel (2001) con plantaciones a baja densidad (6 x 6 m, 278 árboles ha⁻¹), que dichos autores proponen para incentivar la producción frutal a edades

tempranas. En relación con la productividad en función de la superficie de la copa, Doll *et al.* (2005) reportaron mayor producción de avellanas en árboles de copa grande, lo que se explicaría por una mayor intercepción de radiación solar. Por ello, el cultivo combinado de fruta y madera en condiciones de semi sombra resultaría restrictivo para la fructificación.

La avellana cosechada presentó un tamaño relativamente pequeño, ya que el número de frutos por kilo alcanzado fue superior al reportado por Medel y Medel (2000) y Medel (2001) en Valdivia, y por Donoso (1978) en la Región de la Araucanía. Si bien existen trabajos que caracterizan los frutos del avellano (Doll *et al.* 2005, Medel

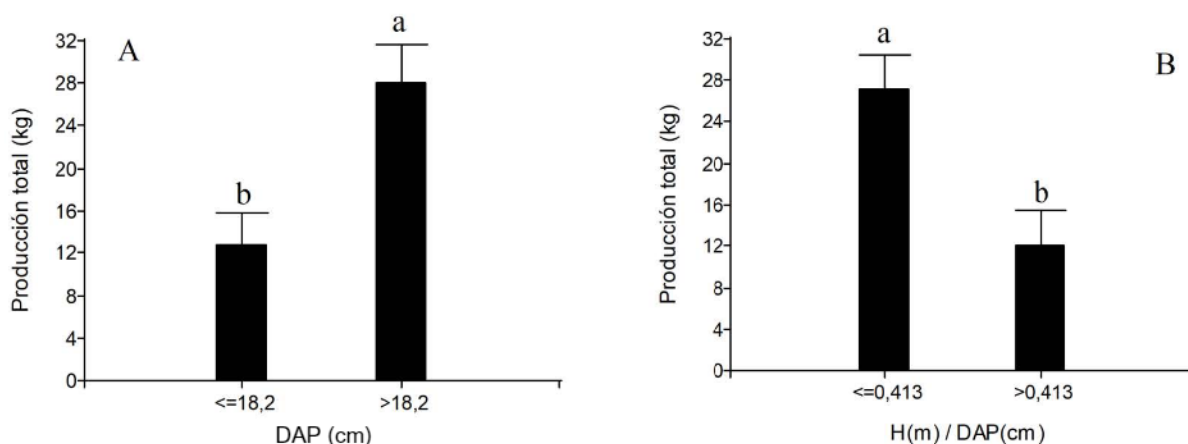


Figura 2. Variables dasométricas que afectan la producción total de avellanas por árbol. Cada umbral fue detectado mediante el algoritmo de árbol de regresión (Breiman 2001) usando datos de los 20 árboles cosechados sin el condicionamiento de otras variables. Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

Dasometric variables affecting the total seed production per tree. Each threshold was detected using the regression tree algorithm (Breiman 2001) using data from the 20 trees harvested without the conditioning of other variables. Different letters indicate statistically significant differences ($P < 0,05$).

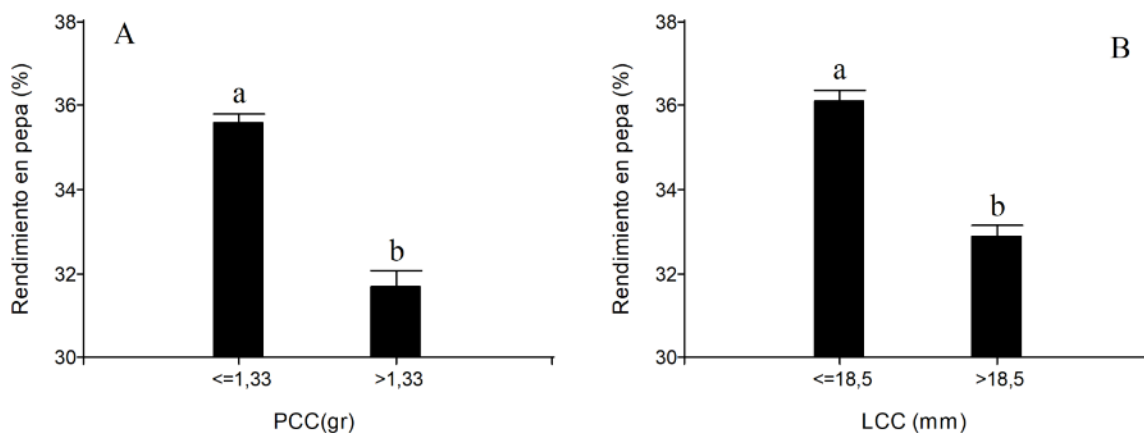


Figura 3. Variables morfométricas del fruto que afectan el rendimiento de semilla sin cáscara. Cada umbral fue detectado mediante el algoritmo de árbol de regresión (Breiman 2001) usando datos de los 20 árboles cosechados sin el condicionamiento de otras variables. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,001$).

Fruit morphometric variables affecting kernel yield. Each threshold was detected using the regression tree algorithm (Breiman 2001) using data from the 20 trees harvested without the conditioning of other variables. Different letters indicate statistically significant differences ($P < 0,001$).

y Medel 2000, Medel 2001, Arriagada 2003), ninguno de ellos relaciona el impacto de la morfometría sobre el rendimiento de semilla sin cáscara. En este trabajo observamos una correlación negativa entre dicho rendimiento y el peso y el largo de las avellanas con cáscara - el aumento de ambas variables no se traduce en un aumento del contenido de semilla pelada sino que de la cáscara -, las avellanas con cáscara más pesadas (peso mayor a 1,3 g) y largas (mayores a 18,5 mm) presentaron rendimientos inferiores a 32 %. Consecuentemente, estas variables debieran ser consideradas en la selección de variedades / clones para optimizar la producción en huertos.

A base de los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis planteada, relevándose la importancia de estos caracteres en el rendimiento de semilla sin cáscara, lo que lleva a proponer que futuras líneas de investigación genética orientada a incrementarlo realicen selección inversa de frutos grandes, pesados y con ápices protuberantes, y que el manejo aplicado se oriente a la formación de árboles equilibrados. Adicionalmente, dado que el riego es esencial para la mayoría de los frutales cultivados (Xyloyannis 2014), recomendamos establecer ensayos que incluyan esta técnica para evaluar su efecto en la producción de avellanas en el corto, mediano y largo plazo.

Finalmente, dado que esta evaluación se realizó solo en un año, y que se ha reportado la incidencia del clima para una abundante fructificación (Murua y González 1985), es necesaria la cuantificación de la producción en forma periódica para evaluar la variabilidad interanual de la producción, incorporando su relación con variables climáticas e intervenciones culturales, ya que, en general, las plantaciones existentes no se podan ni fertilizan, aun cuando el manejo agronómico intensivo las incluye, con potenciales ventajas productivas también en esta especie.

CONCLUSIONES

El avellano chileno en plantaciones manejadas mediante arboricultura de calidad supera ampliamente la producción de frutos recolectada en bosques. Dado que el DAP y la relación H / DAP son buenos indicadores de la producción de avellanas por árbol, se confirma que el manejo de la arboricultura en plantaciones especializadas permite inducir una forma de los árboles que favorece la productividad frutal. Asimismo, las características morfológicas del fruto permitirían seleccionar variedades de elevado rendimiento en semilla sin cáscara, ya que avellanas más pesadas y largas presentan un menor rendimiento de semilla sin cáscara, siendo la forma del fruto marcadamente apiculada un carácter indeseable.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se enmarca en el programa permanente “Desarrollo y aportes para la utilización de especies forestales y fruto-forestales de alto valor para Chile”, finan-

ciado por el Contrato de Desempeño del Instituto Forestal financiado por el Ministerio de Agricultura y por ANID BASAL FB210015 (CENAMAD). El establecimiento del ensayo se realizó en el marco del proyecto “Silvicultura de especies no tradicionales, una mayor diversidad productiva” financiado por FIA y por el sector privado. Agradecemos al propietario de la plantación, Juan Cristóbal Edwards, por ceder el terreno y velar por ella durante más de dos décadas.

REFERENCIAS

- Álvarez A, M García, M Aguilera, E García, O Larraín, G Valdebenito, M Hormazabal. 2019. Manual de Buenas Prácticas Tradicionales de Recolección Sustentable de Frutos y Follajes de Avellano Chileno (*Gevuina avellana* Mol.). Instituto Forestal, Chile. 67 p. (Manual N° 52).
- Arriagada CR. 2003. Determinar y evaluar indicadores de calidad del fruto de avellano chileno (*Gevuina avellana* Mol.), en distintos sectores de la IX región. Tesis. Temuco, Chile. Universidad Católica de Temuco. 101 p.
- Bayazit S. 2012. Determination of relationships among kernel percentage and yield characteristics in some Turkish walnut genotypes by correlation and path analysis. *Journal of Animal and Plant Sciences* 22(2): 513-517.
- Breiman L. 2001. Random forests. *Machine Learning* 45(1): 5-32. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Doll U, J San Martín, C Ravanal, S Cifuentes, M Muñoz. 2005. Evaluación de la producción potencial de frutos de *Gevuina avellana*, durante una temporada (1999-2000) en el secano costero de la VII Región. *Bosque* 26(3): 87-96.
- Donoso C. 1978. Antecedentes sobre producción de avellanas. *Bosque* 2(2): 105-108.
- Donoso C, M Hernández, C Navarro. 1993. Valores de producción de semillas y hojarasca de diferentes especies del tipo forestal siempre verde de la Cordillera de la Costa de Valdivia obtenidos durante un período de 10 años. *Bosque* 14(2): 65-84.
- Donoso C, L Soto. 1979. Antecedentes sobre producción de avellanas. *Bosque* 3(1): 69-70.
- Halloy S, A Grau, B McKenzie. 1996. Gevuina nut (*Gevuina avellana*, Proteaceae), a cool climate alternative to macadamia. *Economic Botany* 50(2): 224-235.
- Holt L, G Murphy. 2018. The economic potential of *Gevuina avellana* in New Zealand planted forests. *Agroforestry Systems* 92(5): 1287-1300. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0072-y>
- INFOR (Instituto Forestal, CL). 2020. Productos Forestales no madereros. 9 p. Boletín N° 35. Consultado 4 ago. 2020. Disponible en: <https://wef.infor.cl/publicaciones/pfnm/2020/03/PFNM202003.pdf>
- INTEC (Instituto de Investigaciones Tecnológicas, CL). 1982. Recolección e Industrialización de avellana chilena. Informe final. Santiago, Chile. Oficina de Planificación Agrícola e Instituto de Investigaciones Tecnológicas. 87 p. Consultado 4 ago. 2020. Disponible en: <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/145113>
- Johnson RA, DW Wichern. 2007. Applied Multivariate Statistical Analysis, 6th ed. Harlow, Essex, Inglaterra. Pearson. 770 p.
- Khadivi-Khub A, A Ebrahimi. 2015. The variability in walnut (*Juglans regia* L.) germplasm from different regions in

- Iran. *Acta Physiologiae Plantarum* 37: 57. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-015-1806-y>
- Loewe V, C Delard, A Álvarez. 2017. Plantaciones de Avellano chileno (*Gevuina avellana* Mol.) una alternativa para producir madera de alto valor en Chile. *Ciencia e Investigación Forestal* 23(1): 49-68.
- Medel F. 2001. *Gevuina avellana*: potential for commercial nut clones. *Acta Horticulturae* 556: 521-528.
- Medel F, R Medel. 2000. *Gevuina avellana* Mol. Características y mejoramiento genético de un frutal de nuez nativo para el mercado internacional. *Revista Frutícola* 21(2): 37-46.
- Murua R, L González. 1985. Producción de especies arbóreas en la pluviselva valdiviana. *Bosque* 6(1): 15-23.
- Nahuelhual L, J Palma, M Gonzalez, K Ortiz. 2008. Potential for greenery from degraded temperate forests to increase income of indigenous women in Chile. *Agroforestry Systems* 74: 97-109. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9151-4>
- Pelleri F, S Ravagni, E Buresti. 2008. Confronto tra metodi di diradamento in un impianto puro di farnia (*Quercus robur* L.). *Annals of Silvicultural Research* 35: 101-114.
- Pino-Ramos L, F Jiménez-Aspee, C Theoduloz, A Burgos-Edward, R Domínguez-Perles, C Oger, T Durand, A Gil-Izquierdo, L Bustamante, C Mardones, K Márquez, D Contreras, G Schmeda-Hirschmann. 2019. Phenolic, oxylipin and fatty acid profiles of the Chilean hazelnut (*Gevuina avellana*): antioxidant activity and inhibition of pro-inflammatory and metabolic syndrome-associated enzymes. *Food Chemistry* 298:125026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125026>
- Pognat C. 2001. Productos Forestales No Madereros. Producción Sustentable. Estudio de la comercialización de los productos forestales no madereros en la zona de amortiguación de la Reserva Nacional Malleco y propuestas de alternativas por su manejo. Memoria para optar al Título Profesional de Master en Agro-Silvo-Pecuario. Universidad de Paris XII - Val de Marne. Proyecto Conaf IX Región - FFEM - Office National des Forêts. 70 p.
- Xyloyannis C. 2014. L'acqua e gli apporti irrigui. In Sansavini S, G Costa, R Gucci, P Inglese, A Ramina, C Xyloyannis eds. *Arboricoltura generale*. Bolonia, Italia. Patron. p 399-424.

Recibido: 29.04.21
Aceptado: 16.06.22