

EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DE FRUTOS DE AVELLANO CHILENO (*Gevuina avellana* L.) EN RESPUESTA A INTERVENCIONES SILVÍCOLAS CON FINES NO MADEREROS (PFNM) EN UN BOSQUE SECUNDARIO MIXTO DE RAULÍ –ROBLE –LINGUE –AVELLANO

Álvarez, Andrea⁷; Valdebenito, Gerardo; Aguilera, Mauricio; García, Edison; García, Marta; Larraín, Oscar y Hormazabal, Marco

RESUMEN

La avellana, fruto del avellano chileno (*Gevuina avellana* L.) es un Producto Forestal no Maderero (PFNM) con un alto valor nutritivo utilizado ancestralmente como alimento por los pueblos originarios. En la actualidad, el consumo del fruto a nivel nacional presenta una tendencia creciente alcanzando cifras de colecta y procesamiento cercanas a las 30.000 toneladas anuales, participando en su recolección entre 25.000 a 30.000 personas del mundo rural.

El presente estudio entrega avances de investigación en la dimensión morfológica del fruto en respuesta a la implementación de intervenciones silvícolas no madereras, transcurridos dos años, en un rodal mixto de roble - raulí - avellano – lingue, ubicado en la precordillera andina de la región de Ñuble, donde la hipótesis de investigación busca validar que un manejo silvícola orientado a generar PFNM, logrará incrementos sustantivos en la cantidad y calidad del fruto del avellano.

El diseño experimental considera intervenir en dos niveles de luminosidad del bosque, en rangos de (10% - 30%) y (30% - 50%) de la cobertura de copas mediante raleos selectivos, sumado al manejo de copas mediante la poda de dos pisos de ramas remanentes, para tres categorías de árboles de avellano (dominante, multieje y suprimido).

Los resultados obtenidos, transcurridos dos años de la intervención de poda y raleo muestran una tendencia positiva en incremento de peso y tamaño de frutos cosechados de las unidades experimentales, sin embargo, aún no superan los valores obtenidos de las unidades testigos, ello explicado principalmente por el prolongado periodo de tiempo que requiere el proceso fenológico de la especie para formar el fruto, el cual tiene una duración de 17 a 21 meses.

En función de esta tendencia, se espera resultados promisorios a partir del cuarto año. Los resultados obtenidos en morfología frutal demuestran una correlación positiva entre las variables peso de la avellana con y sin cáscara y el diámetro ecuatorial de la nuez, siendo esta variable un indicador eficiente para estimar productividad frutal.

Palabras Claves: PFNM, Avellano, Manejo Forestal

⁷ Investigadores Instituto Forestal INFOR. aalvarez@infor.cl

SUMMARY

The Hazelnut, the fruit of the Chilean Hazelnut (*Gevuina avellana* L.) is a Non-Wood Forest Product (NWFP) with a high nutritional value used ancestrally as food by indigenous peoples. At present, the consumption of the fruit at the national level shows a growing trend, reaching collection and processing figures close to 30,000 tons per year, with 25,000 to 30,000 people from the rural world participating in its collection.

The present study provides research advances on the morphological dimension of the fruit in response to the implementation of non-timber silvicultural interventions, after two years, in a mixed Roble - Raulí - Hazel - Lingue stand, located in the Andean foothills of the region of Ñuble, where the research hypothesis seeks to validate that a silvicultural management aimed at generating NWFP will achieve substantial increases in the quantity and quality of the Hazel fruit.

The experimental design considers intervening in two levels of forest luminosity, in ranges of (10% - 30%) and (30% - 50%) of canopy coverage through selective thinning, in addition to canopy management by pruning two floors of remaining branches, for three categories of Hazel trees (dominant, multi-axis and suppressed).

The results obtained, two years after the pruning and thinning intervention, show a positive trend in increasing the weight and size of the fruits harvested from the experimental units, however, they still do not exceed the values obtained from the control units, this explained mainly by the long period of time that the phenological process of the species requires to form the fruit, which lasts from 17 to 21 months.

Based on this trend, promising results are expected from the fourth year. The results obtained in fruit morphology show a positive correlation between the variables weight of the Hazelnut with and without shell and the equatorial diameter of the nut, this variable being an efficient indicator to estimate fruit productivity.

Keywords: NWFP, Hazelnut, Forest Management.

INTRODUCCIÓN

Avellano (*Gevuina avellana* L.) es una especie arbórea, siempreverde y autóctona de Chile, cuya distribución se extiende desde el Río Teno por el norte en la Cordillera de los Andes y desde el sur del Río Mataquito por la Cordillera de la Costa, hasta las Islas Guaitecas por el sur (Donoso, 1993).

El avellano está presente en el bosque nativo como especie acompañante y puede alcanzar hasta 20 m de altura, florece entre los meses de diciembre hasta abril, sus flores están reunidas en un racimo largo, recto y delgado que salen desde las axilas de las hojas, tiene flores hermafroditas, de color amarillo cremoso pálido.

El fruto es una nuez indehiscente de pericarpio leñoso y semilla comestible, que en su desarrollo presenta cambios de coloración de verde a rojo y finalmente pardo oscuro en la madurez (Urban, 1934, cit. por Muñoz, 2002).

Con múltiples usos no madereros, como ornamentales, melíferos, cosméticos, alimenticios, medicinales y decorativos en el caso del follaje, el producto de mayor relevancia de esta especie es su fruto, el cual posee un alto valor nutritivo y ha sido un alimento ancestral de los pueblos originarios. Hoy se comercializa principalmente en el mercado interno, consumiéndose como avellana tostada y en la modalidad de harina de avellana.

Anualmente se recolectan y procesan en promedio 30.000 toneladas, participando en su recolección entre 25.000 a 30.000 personas del mundo rural (Valdebenito *et al.*, 2015). Siguiendo la tendencia mundial de crecimiento en el consumo de productos alimenticios naturales funcionales, orgánicos y silvestres, el mercado nacional de avellana chilena ha manifestado un comportamiento similar, posicionándola en el cuarto lugar de los Productos Forestales No Madereros (PFNM) provenientes del bosque nativo con mayor impacto comercial, después de boldo, quillay y morchella, pero en primer lugar respecto del bajo nivel de conocimiento científico tecnológico relacionado con los métodos y técnicas de manejo y de recolección sustentable no solo de su fruto, sino también del follaje, en formaciones boscosas naturales de Chile (Valdebenito *et al.*, 2015).

Dada la importancia que reviste este fruto, en el marco del proyecto “Métodos y técnicas de manejo y recolección sustentable de frutos de avellano (*Gevuina avellana*) en formaciones boscosas nativas de Chile”, financiado por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), se desarrolló un estudio, en un rodal mixto de roble - raulí - avellano – lingue, ubicado en la precordillera andina de la región de Ñuble, bajo la hipótesis de que es posible adaptar técnicas y métodos de manejo que generen incrementos sustantivos en la calidad y cantidad frutal de esta formación boscosa, basado en métodos de corta selectiva de liberación de individuos acompañantes de la misma especie o de otras pertenecientes al tipo forestal, sumado a podas de formación de copa, que aumenten la luminosidad sobre y dentro de la copa, permitiendo de este modo, una mejor estimulación floral y posterior consolidación frutal.

La presente publicación entrega resultados preliminares de uno de los objetos de investigación que busca resolver el proyecto, en torno a demostrar que intervenciones silvícolas con fines no madereros (PFNM) en un bosque secundario mixto de raulí –roble –lingue –avellano, mediante podas y raleos de liberación lumínica, generan cambios en la morfología frutal, impactando en mayor calibre y peso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio se desarrolló en el predio La Esperanza, emplazado en la localidad del mismo nombre, comuna de Coihueco, provincia de Punilla, región de Ñuble ($36^{\circ}47'18''$ S y $71^{\circ}41'37''$ O), en un bosque mixto de roble-raulí-avellano-lingue, perteneciente al Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe, sub tipo Bosques Degradados, con densidad aproximada de 3.700 arb/ha.

Diseño Experimental

El marco metodológico se configuró en base a un diseño estadístico factorial, de parcelas en bloques al azar, con tres repeticiones, separando cada unidad muestral por una sección *buffer*. El ensayo se ordena en 15 parcelas experimentales de manejo (PEM) de 1.000 m², donde en cada una de ellas se seleccionaron tres árboles, de acuerdo a las siguientes características: DAP \geq 10 cm, altura \geq 8 m, copa sana y que a su vez presentaran un grado de competencia intra e interespecífica. Las intervenciones evaluadas fueron una corta de liberación, favoreciendo la luminosidad para los árboles seleccionados para dos niveles de incremento, de 10-30% (L1) y 30-50% (L2), y una poda de formación en estos mismos árboles (P) para cada nivel de incremento.

Para la corta de liberación se midieron los 3 árboles seleccionados y los competidores directos registrando las variables dasométricas, cobertura y proyección del área de copa en 8 puntos cardinales y se estimó el área de copa de los árboles competidores directos. Estos valores, junto con los datos de posición relativa dentro de la unidad, se procesaron utilizando el programa ShadeMotion y se seleccionaron los árboles a extraer conforme a los tratamientos definidos en el estudio.

En la poda de formación se seleccionó dos pisos de ramas principales desde la base, considerando únicamente ramas sanas y bien ubicadas, con un ángulo de inserción menor a 60 grados, removiendo el resto de ramas. Sobre estos dos pisos se realizó el corte de la zona apical, remoción que se justifica dado que el punto de crecimiento, o brote terminal, es el sitio de síntesis de la hormona vegetal conocida como auxina, la cual es responsable de estimular el crecimiento de los meristemas apicales, inhibiendo los brotes laterales.

Así, las intervenciones corresponden a:

- L1:** Incremento promedio en 20% de luminosidad de copa (rango 10-30%)
- L1P:** Incremento promedio en 20% de luminosidad de copa (rango 10-30%) y poda de formación de la copa
- L2:** Incremento promedio en 40% de luminosidad de copa (rango 30-50%)
- L2P:** Incremento promedio en 40% de luminosidad de copa (rango 30-50%) y poda de formación de la copa
- T:** Parcela testigo

Método de Cosecha

En cada uno de los tres árboles seleccionados se replantearon 4 fajas de muestreo de cosecha, con rumbo N, S, E, O. Cada una de estas fajas de 1 m de ancho por un largo variable, el cual depende de la longitud que tenga la copa en ese sentido geográfico o rumbo, donde se procedió a recolectar todas las avellanas, las que fueron guardadas en bolsas y etiquetadas con el número de la Unidad de Manejo, el número del árbol y el rumbo correspondiente, las cuales luego fueron trasladadas al laboratorio para su evaluación. El proceso de recolección se realizó durante

dos temporadas de cosecha de avellanas (fines del mes de marzo y principios del mes de abril) durante los años 2019 y 2020, posteriores a las intervenciones silvícolas.

Evaluación Morfológica

Las características morfológicas del fruto evaluadas fueron: peso húmedo con cáscara (750 muestras), peso seco con cáscara, peso seco sin cáscara (375 muestras), medidas con una balanza digital (OHAUS®) con una sensibilidad de 0,01 g, Además se registró el diámetro polar y ecuatorial de la avellana con y sin cáscara (Figura N° 1), para ello se utilizó un pie de metro Digital (Mitutoyo®) con una sensibilidad de 0,01 mm.

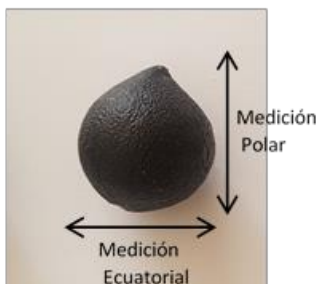
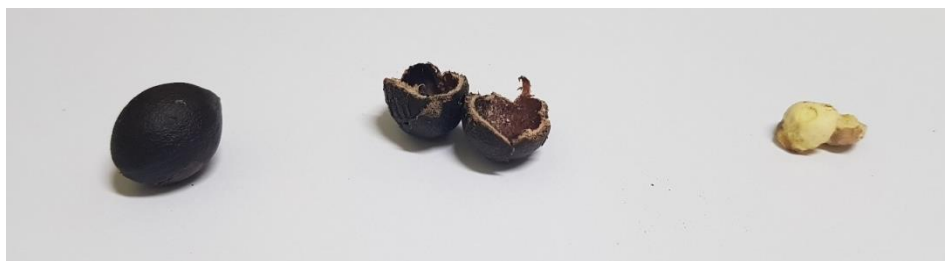


Figura N° 1

ESQUEMA DE MEDICIÓN DEL TAMAÑO DE LAS AVELLANAS

Para las mediciones del peso seco, de un total de 750 muestras se procedió al deshidratado del 50% de ellas hasta peso constante, durante 48 horas a una temperatura de 90 °C en un horno de secado marca Memmert. Conjuntamente con lo anterior, se realizó un análisis de constitución, para estimar las fracciones de cutícula, semilla y cáscara del fruto respecto del peso total, para lo cual se separaron y pesaron cada una de estas estructuras. Para esto fue necesario clasificar las diferentes estructuras que conforman la avellana; la avellana, corresponde a la avellana con cáscara, la semilla corresponde a la avellana sin cascara y la cutícula corresponde a la cascarilla fina que recubre a la semilla. La parte no comestible de la avellana se le llama pericarpio, que corresponde a la cascara más la cutícula (Figura 2).



Avellana (izq), pericarpio, cáscara y cutícula (centro) y semilla (der),

Figura N° 2

ESTRUCTURAS QUE CONFORMAN LA AVELLANA

Los diámetros, polar y ecuatorial, permiten estimar la relación entre el largo y ancho de la avellana medida que, para este caso, se determinó a través del índice de esfericidad utilizando la fórmula definida por Westwood (1982):

$$\text{Índice de Esfericidad} = \text{Diámetro Ecuatorial} / \text{Diámetro Polar}$$

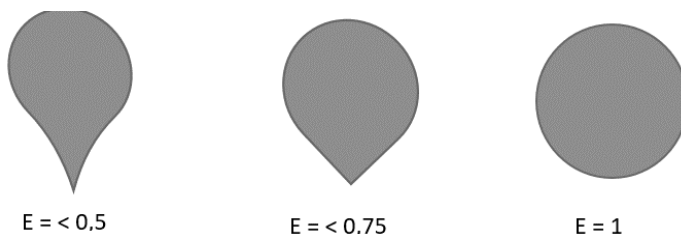


Figura N° 3
FORMAS DEL FRUTO SEGÚN RELACIÓN ANCHO/ALTURA

Análisis Estadísticos

Para comprobar la normalidad de la distribución de los datos se realizó la prueba de Shapiro Wilks y la homocedasticidad a través de la prueba de Levene. Como método exploratorio y para analizar la interdependencia de variables métricas y encontrar una representación gráfica de la variabilidad de los datos, se realizó un análisis de Componentes Principales (ACP) (Hotelling, 1933).

Para verificar el efecto de los tratamientos de intervención sobre las variables morfológicas se realizó un análisis de varianza y en la comparación de medias de efectos principales se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa de Fisher.

La evaluación de la asociación lineal entre las características morfológicas de la avellana, sin considerar los tratamientos de intervención, se efectuó a través de una correlación parcial de Pearson, y para verificar la relación funcional de las variables correlacionadas se realizó una Regresión Lineal Simple.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2015) y su interfaz con R (www.r-project.org).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de componentes principales (Figura N° 4) se observa el comportamiento de las variables morfológicas de la avellana con y sin cáscara, en los años 2019 y 2020.

El Biplot explica el 87,6% de la variabilidad para el año 2019, 7 meses después de las intervenciones, se aprecia la correlación positiva entre las variables morfológicas y la parcela testigo, que no tuvo intervención, seguida por las intervenciones de menor intensidad L1 y L1P, y correlacionándose, al mismo tiempo, de manera negativa con las intervenciones de mayor intensidad (L2 y L2P).

Sin embargo, en el año 2020 donde el Biplot explica el 86,3% de la variabilidad, se puede apreciar como las variables morfológicas van migrando y se correlacionan positivamente con las intervenciones L2 y L2P al igual que la parcela testigo, y las variables con intervenciones menores (L1 y L1P) se correlacionan de forma negativa.

Tal como se espera, después de una intervención, el efecto directo de una poda es reducir la cantidad de hojas que captan la luz, por lo que esta disminución reduce la posibilidad de producción y acumulación de hidratos de carbono para la fructificación.

Esta situación se revierte parcialmente en la siguiente temporada a pesar de que las variables morfológicas se siguen correlacionando positivamente con las parcelas testigos.

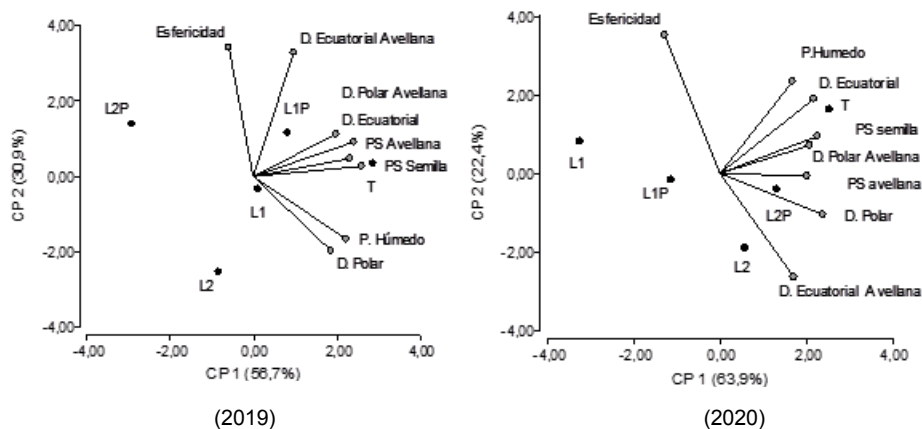


Figura N° 4
BIPLLOT PARA LAS VARIABLES MORFOLÓGICAS DE LA AVELLANA CHILENA DE ACUERDO A LOS
DISTINTOS TRATAMIENTOS DE INTERVENCIÓN

Resultados Evaluación Morfológica de Avellanas Chilenas con Cáscara

En el Cuadro N° 1 se presentan las características morfológicas de las avellanas cosechadas en las dos temporadas, posterior a las intervenciones de poda y raleo de liberación lumínica, agrupadas según tratamiento. Los resultados obtenidos de caracterización frutal en peso húmedo medio por fruto son de 2,46 g el 2019 y 2,38 g promedio para el año 2020, valores concordantes con la literatura donde se presentan diferentes estudios de caracterización y productividad de una plantación, establecida en el año 1987 en Valdivia (Región de los Ríos), de once clones seleccionados que entre los 10 y 11 años presentaron pesos frescos medios de 1,6 y 2,8 g (Medel, 2001; Martínez, 2001; Silva, 2002; Muñoz, 2002).

En relación con la variable peso húmedo se observan diferencias significativas entre los distintos tratamientos evaluados el año 2019, las unidades testigos sin intervención reportaron el valor más alto de peso húmedo (2,75 g), respecto de los demás tratamientos evaluados. Por el contrario, el valor más bajo se obtuvo del tratamiento L2P (incremento promedio en 40% de

luminosidad de copa, rango 30-50%, y poda de formación de la copa), con un valor medio de 2,09 g ($p<0,001$).

Los resultados obtenidos para la evaluación de esta variable en el año 2020, muestran una variación en las avellanas de las parcelas intervenidas, no presentando diferencias significativas entre ellas, todas obtienen valores menores a la parcela testigo ($p<0,0001$).

A pesar de los resultados obtenidos, esta variable no es determinante en la verificación del efecto de los tratamientos, ya que la fruta se cosecha del suelo, no teniéndose registros del momento de la caída del fruto, por lo tanto, el peso húmedo varía dependiendo del tiempo que lleva el fruto en el piso del bosque.

El estudio del diámetro polar reportó una media de 20,25 mm y 20,36 mm para las evaluaciones realizadas los años 2019 y 2020, respectivamente, siendo dichos valores similares a los obtenidos por otros estudios, que entregan valores en el rango de los 16,5 y 21 mm (Medel, 2001; Martínez, 2001; Silva, 2002; Muñoz, 2002).

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas el año 2020, a diferencia de las obtenidas el año 2019 donde no hubo diferencias significativas, entregaron valores superiores en todos los tratamientos, respecto del año anterior y diferencias significativas entre los tratamientos L2, L2P y Testigo y los restantes tratamientos.

El tratamiento L1, que refleja la intensidad de raleo más baja, entregó valores de diámetro polar más bajos ($p<0,0001$), no obstante, los valores fueron significativamente mayores en todos los tratamientos evaluados el año 2019.

Los resultados obtenidos para la variable diámetro ecuatorial, presentan medias de 18,02 y 17,96 mm para los años 2019 y 2020 respectivamente. Ambas medias se encuentran entre los valores presentados por los autores Martínez (2001), Medel (2001), Silva (2002) y Muñoz (2002), que indican que el diámetro ecuatorial (estudio en huerto clonal) fluctúa entre los 10 y 14 mm, y de los reportados por Doll *et al.* (2005) que publicaron valores en el rango de 14,8 y 19,0 mm, para rodales ubicados en el secano costero de la región del Maule.

La evaluación comparativa entre tratamientos para el año 2019 presenta diferencias significativas entre las parcelas sin intervención (T) y todos los demás tratamientos de intervención lumínica y de poda. Dicha tendencia varió en las evaluaciones realizadas el año 2020, observándose un mayor diámetro en los frutos recolectados de la parcela L2P, que presentó el menor valor el año 2019.

En el caso de las avellanas obtenidas de la parcela con la menor intervención (L1, solo liberación al 20%) el diámetro ecuatorial fue significativamente menor a todas las demás intervenciones.

En general, los resultados obtenidos de la evaluación realizada el año 2020 se observa una leve tendencia al incremento de las variables morfológicas en aquellos tratamientos con mayor nivel de intervención, no siendo aún significativos, lo cual se espera validar con evaluaciones posteriores al cuarto año desde la intervención.

Cuadro N° 1
VARIABLES MORFOLÓGICAS DE AVELLANAS CHILENAS

Año/Tratamiento	Peso Húmedo (g)	Diámetro Polar (mm)	Diámetro Ecuatorial (mm)	Esféricidad (%)	
2019	T	2,75 a ± 0,06	20,64 a ± 0,16	18,44 a ± 0,10	0,90 bc ± 0,010
	L1	2,41 c ± 0,06	20,36 a ± 0,15	18,02 ab ± 0,10	0,90 b ± 0,010
	L1P	2,59 ab ± 0,06	19,94 a ± 0,17	18,26 b ± 0,11	0,92 a ± 0,010
	L2	2,45 bc ± 0,06	20,38 a ± 0,17	17,67 c ± 0,11	0,88 d ± 0,004
	L2P	2,09 d ± 0,06	19,82 a ± 0,14	17,71 c ± 0,09	0,89 cd ± 0,010
2020	T	3,07 a ± 0,09	20,97 a ± 0,3	18,65 a ± 0,20	0,89 ab ± 0,010
	L1	2,14 b ± 0,09	19,32 c ± 0,29	17,43 c ± 0,19	0,91 a ± 0,010
	L1P	2,18 b ± 0,08	20,16 b ± 0,26	17,83 bc ± 0,17	0,89 abc ± 0,010
	L2	2,30 b ± 0,12	20,83 ab ± 0,41	17,72 bc ± 0,27	0,86 c ± 0,010
	L2P	2,16 b ± 0,09	20,83 ab ± 0,29	18,08 b ± 0,19	0,87 bc ± 0,010

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El índice de esfericidad de las avellanas para ambas temporadas (2019 y 2020) fue de un 89%, exhibiendo una protuberancia menor en todos los casos (Figura N° 5), siendo dichos resultados equivalentes a los observados por Martínez (2001), Muñoz (2002) y Silva (2002) de un 89%.

En relación con los resultados obtenidos entre tratamientos, el año 2019 hubo diferencias significativas entre la mayoría de los tratamientos, donde L1P presentó avellanas más esféricas en relación a L2, que presentó la menor esfericidad.

Para el año 2020 el tratamiento (L1) con apertura de copas de un 20% presentó avellanas significativamente más redondas que los demás tratamientos ($p < 0,0001$). Estos resultados concuerdan con el estudio de Doll *et al*, (2005) quienes observaron que los frutos de los árboles presentes en condición de bosques son más esferoidales que los frutos de los arboles altamente productivos y aislados, apartándose más marcadamente el diámetro menor del mayor.



Figura N° 5
FORMA AVELLANAS COSECHADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

En síntesis, los resultados obtenidos, transcurridos dos años de evaluación de la morfología frutal de avellanas con cascara en Peso Húmedo, Diámetro Polar, Diámetro Ecuatorial y Esfericidad, en general, indican que los hallazgos son consistentes y no difieren de otros estudios de caracterización frutal para la misma especie.

En relación a los resultados obtenidos, según los diferentes métodos de intervención evaluados indican que hasta la fecha dichas intervenciones no generan diferencias significativas, respecto de la situación testigo, sin embargo se observa una diferenciación entre el año 2019 y 2020, donde valores de diámetro y peso seco demuestra una tendencia creciente en el caso de las avellanas provenientes de parcelas con mayor nivel de intervenciones (L2 y L2P), sin lograr aún sobrepasar la situación testigo, y dejando a las avellanas con cáscaras provenientes de las parcelas con menor intervención (L1) con los valores más bajos en la mayoría de las variables morfológicas. No obstante, los resultados obtenidos en el año 2019 concuerdan con Chaar y Sánchez (2010), quienes sostienen que los distintos niveles de poda producen variaciones no solo en la carga frutal, sino también en la distribución de la radiación solar en la copa del árbol, pudiendo afectar la eficiencia productiva, calidad de la fruta y retorno floral de la próxima temporada, viéndose fuertemente afectados los resultados para las intervenciones más severas, frente a los testigos y los árboles con menor nivel de intervención.

Aunque aún no se observe una respuesta relevante por parte de los individuos manejados en el año 2020, la literatura indica que, en el caso de la especie chañar (*Geoffroea decorticans*) con fines de producción de frutos, los tratamientos que involucran raleos más intensos, son los más efectivos respecto a la productividad de la especie (Gutiérrez *et al.*, 2017). En este mismo estudio, se infiere además que en la medida que aumenta la cantidad de tiempo desde la fecha de intervención, el aumento de la producción efecto del manejo será aún más evidente.

En base a los antecedentes analizados y frente a la condición fenológica de la especie *Gevuina avellana*, es esperable obtener una respuesta favorable a los objetivos de intervención, al cuarto año de ejecutadas las acciones de manejo, considerando que la inducción floral ocurre en el año 0 (poda y raleo), la floración y cuaja a los 12 meses, y finalmente la maduración y caída del fruto a los 17 meses.

Resultados Evaluación Morfológica de la Semilla

En el Cuadro N° 2 son presentados los resultados obtenidos del estudio morfológico de la semilla de avellanas y el peso seco de la avellana (con cáscara). La evaluación del peso seco promedio de las avellanas entregó medias de 1,61 y 1,66 g para los años 2019 y 2020, respectivamente, existiendo en el año 2019, al igual que para el peso de las avellanas frescas, diferencias significativas entre el tratamiento testigo (T) y el tratamiento con mayor nivel de intervención (L2P) ($p < 0,004$). Los tratamientos restantes (L2, L1P y L1) no presentan diferencias significativas con el testigo (T) y L2P.

En el año 2020, se mantiene la tendencia constatada en la temporada 2019, con mayores pesos secos para las avellanas de las parcelas testigos, sin embargo, estos valores no presentan diferencias significativas con los valores obtenidos en las intervenciones L2P y L2 ($p < 0,0001$). Cabe destacar que estos dos tratamientos presentaron los menores pesos el año 2019, y los valores obtenidos en el 2020 dejan a las parcelas con menor intervención con pesos significativamente inferiores. Los resultados obtenidos en el año 2019 son concordantes con lo indicado por Tapia (2011), que sostiene que un nivel de poda severo logra un menor peso del fruto seco, esto explicado por Forshey (1999), quien indica que la poda invernal, al tener un efecto vigorizante, provoca una gran competencia entre el crecimiento vegetativo y el desarrollo de los

frutos, provocando un excesivo desarrollo vegetativo a expensas del desarrollo frutal.

La variable peso seco de la semilla presentó una media de 0,57 y 0,58 g para los años 2019 y 2020, respectivamente, ambos datos menores a lo obtenido por Martínez (2001) y Medel (2001), quienes reportaron medias de 0,82 y 1,0 g, respectivamente. Es importante señalar que estos últimos autores realizaron sus estudios en una plantación clonal de avellana chilena. El análisis estadístico indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos para el año 2019, no así para el año 2020 donde se presentaron diferencias significativas entre el tratamiento L2P (0,60) y L1P (0,55).

El diámetro polar de la semilla entregó medias de 11,6 y 11,4 mm para los años 2019 y 2020, respectivamente, no observándose diferencias significativas de diámetro polar entre los tratamientos para el año 2019, situación que, sí presentó cambios el año 2020, donde se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos L2, L1P, L2P y T, y el tratamiento L1, que presentó el valor más bajo ($p < 0,0001$).

La evaluación del diámetro ecuatorial de la semilla obtuvo medias de 10,4 y 10,7 mm para los años 2019 y 2020 respectivamente. El año 2019 no presenta diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, para el año 2020 se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos L1P, L2P y testigo, respecto del tratamiento L1 que nuevamente obtuvo el valor más bajo ($p < 0,0001$). Los valores medios de los diámetros pesquisados en el presente estudio, son similares a los reportados por (Martínez, 2001) y (Medel, 2001), con rangos de 10,4 y 12,18 mm, y 11,4 y 12,2 mm, respectivamente.

En relación con las diferencias estadísticas encontradas entre tratamientos para el año 2020, existe coincidencia con lo descrito por Jackson y Palmer (1977), en manzanas, quienes indican que un menor tamaño de fruto se obtiene con un nivel de poda suave, debido al alto nivel de sombra producido al interior de la copa, afectando la división y elongación de las células del fruto.

Cuadro 2
VARIABLES MORFOLÓGICAS DE LA SEMILLA DE AVELLANAS CHILENAS

Año/Tratamiento	Peso Seco Avellana (g)	Peso Seco Semilla (g)	Diámetro Polar Semilla (mm)	Diámetro Ecuatorial Semilla (mm)	
2019	T	1,81 a ± 0,09	0,60 a ± 0,03	12,00 a ± 0,04	10,86 a ± 0,05
	L1	1,70 ab ± 0,09	0,55 a ± 0,03	11,43 a ± 0,04	10,30 a ± 0,05
	L1P	1,71 ab ± 0,08	0,61 a ± 0,03	11,94 a ± 0,04	10,80 a ± 0,05
	L2	1,58 sb ± 0,09	0,55 a ± 0,03	11,37 a ± 0,04	9,53 a ± 0,05
	L2P	1,49 b ± 0,10	0,52 a ± 0,04	11,18 a ± 0,05	10,62 a ± 0,06
2020	T	1,72 a ± 0,04	0,60 ab ± 0,02	11,41 a ± 0,15	10,90 a ± 0,15
	L1	1,52 b ± 0,04	0,56 ab ± 0,02	10,85 b ± 0,15	10,32 b ± 0,15
	L1P	1,53 b ± 0,04	0,55 b ± 0,02	11,37 a ± 0,14	10,76 a ± 0,14
	L2	1,59 ab ± 0,06	0,59 ab ± 0,03	11,75 a ± 0,22	10,57 ab ± 0,23
	L2P	1,70 a ± 0,04	0,60 a ± 0,02	11,36 a ± 0,15	10,81 a ± 0,15

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Los resultados obtenidos demuestran que existe una tendencia en las variables morfológicas de los frutos de avellana, donde la intervención en torno a mayor luminosidad y poda, genera frutos más grandes, en comparación con aquellas avellanas provenientes de los tratamientos con menor intervención (solo apertura de dosel), las cuales presentan los menores valores para la mayoría de las variables.

Estudios desarrollados por Doll *et. al* (2005) en la misma especie, validan esta tendencia, sustentada en el funcionamiento fisiológico de la especie concluyendo que, a mayor carga frutal, tiende a reducirse el tamaño individual de los frutos y a menor carga frutal tiende a aumentar el tamaño individual de ellos, situación que aún no es posible de evaluar en este estudio, dada la precocidad de las intervenciones.

Evaluación de Proporción Frutal de Avellana

El rendimiento semilla-nuez o porcentaje de llenado, corresponde a la relación entre el peso seco de la estructura comestible de la avellana (semilla) y el peso seco total de la nuez (avellana), siendo este factor de importancia comercial pues permite estimar la cantidad de fracción comestible de la nuez entera, resultando un indicador de calidad en frutos secos (Frusso, 2018).

En la Figura N° 6 se observa que el porcentaje que representa el peso de la semilla es similar para ambos años, con valores de 36 y 33% para los años 2019 y 2020, respectivamente. Dichos resultados se mantienen en los rangos reportados por Karmelic (1982 cit por González, 2005), Martínez (2001), Medel (2001), Muñoz (2002) y Silva (2002), señalando valores de proporción de semillas entre 28 y 48% del peso total del fruto.

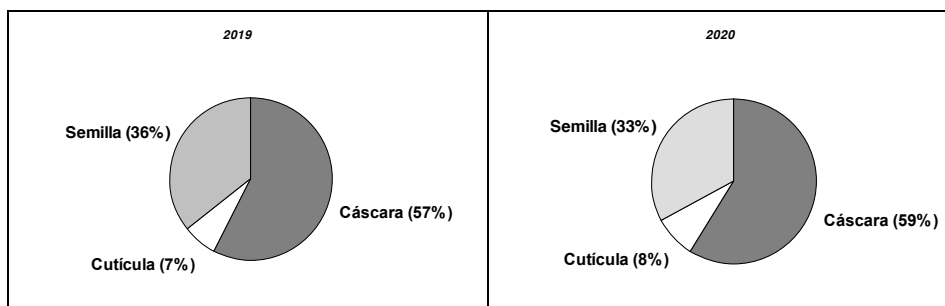


Figura N° 6
PROPORCIÓN DE PESO DE LA AVELLANA CHILENA

En la Figura N° 7 son presentados los resultados obtenidos del análisis estadístico de la variable rendimiento semilla-nuez entre tratamientos para el año 2020. De ella se desprende que existen diferencias significativas entre los tratamientos con mayor nivel de intervención silvícola (L2P) y (L1) y los restantes tratamientos, reflejando que estos métodos entregan una mayor proporción de fracción comestible del fruto de avellano ($p < 0,0001$) concordando con lo sostenido por Frusso (2018), indicando que el llenado se logra por dos vías, una genética que está dada por el cultivar seleccionado y otra por el manejo que se pueda implementar a nivel de plantación o bosque.

Destaca la diferencia significativa entre el testigo (T) y todos los métodos de intervención en torno a esta importante variable, demostrando la tendencia positiva del efecto de los métodos de manejo evaluados en la condición de calidad frutal, uno de los resultados esperados de la presente investigación. El año 2019 no presentó diferencias significativas respecto a esta variable (p -valor 0,6422).

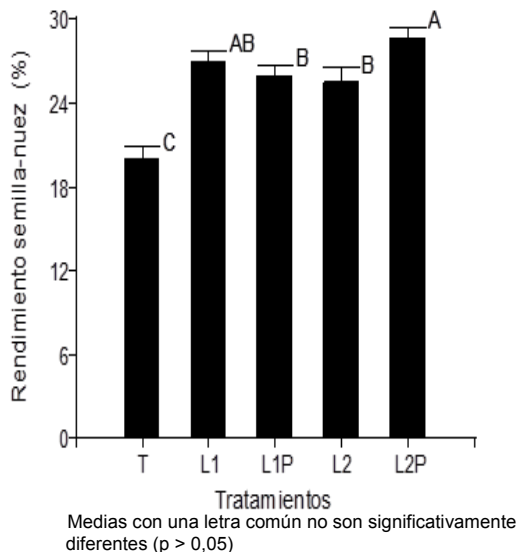


Figura N° 7
RENDIMIENTO SEMILLA-NUEZ COSECHA 2020 SEGÚN TRATAMIENTO

Relación entre Variables Morfológicas

El análisis de correlación entre las distintas variables morfológicas de los frutos de avellana chilena se presenta en el Cuadro N° 4, el que verifica una correlación positiva entre las variables de diámetro polar y ecuatorial de la avellana y los pesos, destacando el diámetro ecuatorial que presenta una correlación positiva con el peso de la avellana, tanto húmeda como en seco (73 y 86%, respectivamente), y también con el peso de la semilla (71%).

Ello indica que las variables de diámetro ecuatorial están directamente correlacionadas con el peso del fruto y de su semilla y, en consecuencia, un mayor diámetro polar está inversamente relacionado con la esfericidad.

A partir de estos resultados, es posible inferir que a mayor diámetro ecuatorial de la avellana se obtendrán frutos y semillas más pesadas, ambas variables significativas en la condición de calidad frutal.

Cuadro N° 4
CORRELACIONES ENTRE VARIABLES MORFOLÓGICAS DE LA AVELLANA CHILENA

Variable(1)	Variable(2)	Pearson	p-valor
Diámetro polar avellana	Esfericidad	-0,66	<0,0001
Diámetro polar avellana	Peso seco avellana	0,70	<0,0001
Diámetro ecuatorial avellana	Peso húmedo avellana	0,73	<0,0001
Diámetro ecuatorial avellana	Peso seco avellana	0,86	<0,0001
Diámetro ecuatorial avellana	Peso seco semilla	0,71	<0,0001
Diámetro ecuatorial avellana	Diámetro polar semilla	0,62	<0,0001
Peso húmedo avellana	Peso seco avellana	0,66	<0,0001
Peso seco avellana	Peso seco semilla	0,83	<0,0001
Peso seco avellana	Diametro polar semilla	0,65	<0,0001
Peso seco semilla	Diametro polar semilla	0,69	<0,0001

Con el objetivo de validar la hipótesis de causalidad de la variable diámetro ecuatorial de la avellana, se realizó un análisis de regresión para verificar la relación positiva entre el peso de la avellana y la semilla, y el diámetro ecuatorial de la avellana (Figura N° 8).

Los resultados obtenidos indican que el peso de la avellana y de la semilla aumenta a medida que aumenta el diámetro de la avellana, definiendo el diámetro de la avellana como la variable predictiva y de interés respecto a la producción y rendimiento del fruto. Estos resultados concuerdan y validan, el conocimiento empírico rescatado del relato de los recolectores de frutos de avellano donde se indica que “a mayor diámetro y esfericidad de la avellana, mayor es el rendimiento frutal” (INFOR, 2019).

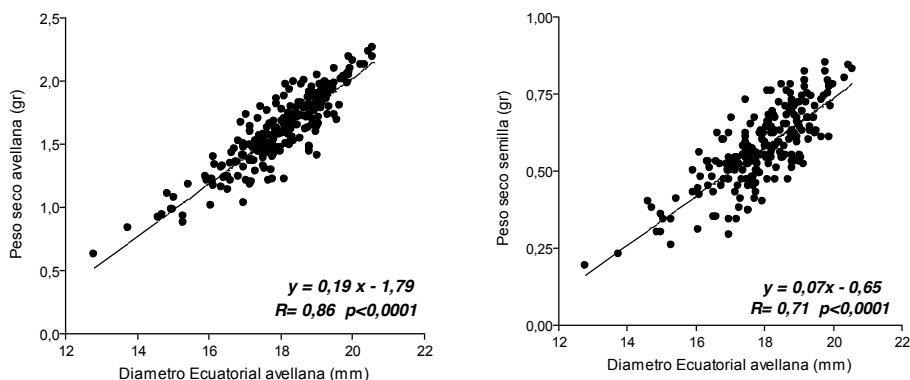


Figura N° 8
RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO DE LA NUEZ Y EL PESO DE LA AVELLANA CON Y SIN CÁSCARA

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos responden a un avance preliminar, pero significativo en la investigación en torno al manejo de formaciones boscosas nativas en Chile con presencia de avellano (*Gevuina avellana*) orientado a la producción frutal, siendo una experiencia pionera en la materia. Si bien los hallazgos encontrados a la fecha no son concluyentes, entregan evidencia que permiten inferir que las hipótesis de investigación son correctas.

El estudio de parámetros morfológicos realizado mediante el análisis de componentes principales, transcurridos 2 años desde la intervención, dan cuenta que los tratamientos de poda y raleo, aún no expresan a cabalidad el beneficio esperado en incrementos de calidad y cantidad frutal, siendo necesario esperar un periodo de tiempo superior a los 4 años, para validar las hipótesis planteadas, una vez aislado el efecto del largo proceso fenológico de la especie, que dura entre 17 y 21 meses. Es esperable, además, que las intervenciones más agresivas, generen en los primeros años una menor calidad frutal, producto de la disminución de la capacidad fotosintética, generada por la poda. Se concluye que respuestas favorables al manejo silvícola con objetivos no madereros con presencia de avellana chilena (Tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe), se expresan en periodos de tiempo superiores a los 4 años, desde la intervención del bosque.

El estudio de rendimiento semilla-nuez o porcentaje de llenado, evaluado al segundo año post intervención, entregó resultados comparativos muy favorables en los tratamientos de mayor intensidad de intervención (poda + raleo), constatándose además diferencias significativas entre el testigo (T) y todos los métodos de intervención en torno a esta importante variable, que indica calidad frutal, bajo parámetro de evaluación comercial.

Los resultados que entrega el presente estudio morfológico frutal de avellana chilena manejada en el contexto de su formación natural, permiten concluir que la variable Diámetro Ecuatorial de la avellana es una variable predictiva y/o de selección para obtener un mayor rendimiento de cosecha, considerando la alta correlación entre las variables pesos seco y húmedo de la avellana con y sin cáscara ($R=0,86$ $p<0,0001$ y $R=0,71$; $p<0,0001$, respectivamente) con el Diámetro Ecuatorial del fruto.

REFERENCIAS

Chaar, J. y Sánchez, E., 2010. Efecto de la carga frutal y del ambiente lumínico en ciruelo D^aAgen (*Prunus domestica* L.). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo 42(1):125-133.

Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W., 2015. InfoStat version 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>

Doll, U.; San Martín, J.; Ravanal, C.; Cifuentes, S. y Muñoz, M., 2005. Evaluación de la producción potencial de frutos de *Gevuina avellana*, durante una temporada (1999-2000) en el secano costero de la VII Región. Revista Bosque 26(3): 87-96

Donoso, C., 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Editorial Universitaria, Santiago.

Forshey, C. G., 1999. Training and pruning apple trees. A Cornell Cooperative Extension Publication. Information Bulletin 112. 24p.

Frusso, E., 2018. Nuez pecán: Recomendaciones para aumentar la calidad y triunfar en el mercado.

INFOCAMPO: Noticias del campo en el momento justo. Disponible en: <https://www.infocampo.com.ar/nueces-recomendaciones-para-aumentar-la-calidad-y-triunfar-en-el-mercado/>

González, F., 2005. Monografía agronómica del avellano chileno (*Gevuina avellana* Mol.) Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Santo Tomás, Escuela de Agronomía. Santiago, Chile. 61 p.

Gutiérrez, Braulio; Gacitúa, Sandra; Pinilla, Juan Carlos y Villalobos, Enrique, 2017. Productividad de frutos de chañar (*Geoffroea decorticans*) en poblaciones naturales y en parcelas permanentes de un ensayo de manejo en el Valle del Río Copiapó, Región de Atacama.

Hotelling, H., 1933. Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components. Journal of Educational Psychology 24: 417-441, 498-520.

INFOR, 2019. Rescate del conocimiento empírico y ancestral de la recolección de frutos y follajes de avellano chileno (Nguefú) en comunidades campesinas y pueblos originarios. Junio 2019. Instituto Forestal, Chile. Informe Interno. Proyecto INFOR/FIBN: Métodos y técnicas de manejo y recolección sustentable de Frutos de Avellano (*Gevuina avellana*) en formaciones boscosas nativas de Chile. Instituto Forestal, Santiago.

Jackson, J. E. and Palmer, J. W., 1977. Effects of shade on the growth and cropping of apple trees. II Effects on components of yield. Journal of Horticultural Science 52:253-266.

Martínez, C., 2001. Evaluación de la producción de nueces de once clones de *Gevuina avellana* Mol. Tesis pregrado para optar al grado de Licenciado en Agronomía, Facultad de ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 87p.

Medel, F., 2001. *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> (Consultado en septiembre 2017).

Muñoz, M., 2002. Análisis comparativo de la producción frutícola en racimos de *Gevuina avellana* Mol. En tres sitios de la cordillera de la costa de la VII Región de Chile. Tesis pregrado para optar al grado de Ingeniero Forestal, Universidad de Talca. Talca, Chile. 109p.

Silva, V., 2002. Caracterización estructural, fenológica y productiva de once clones de Avellano Chileno (*Gevuina avellana* Mol.). Tesis pregrado para optar al grado de Licenciado en Agronomía, Facultad de ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía, Universidad Austral de Chile. 98 p.

Tapia, F., 2011. Efecto de la carga frutal y época de cosecha sobre la productividad y calidad del fruto en ciruelo europeo variedad d'agen. Memoria para optar al título Profesional de Ingeniera Agrónoma, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 38p.

Valdebenito, G.; Molina, J.; Benedetti, S.; Hormazábal, 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, Chile. 243p.

Westwood, M., 1982. Fruticultura de zonas templadas. Mundi-prensa. Madrid, España. 461p.