

CAPÍTULO 3



ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO

Miguel Ellena D., Ing. Agrónomo Dr.
Abel González G., Ing. Agrónomo M.Sc.
Paola Sandoval F., Ing. Agrónomo
Felipe Marchant C., Ing. Agrícola

3.1 Elección del sitio de plantación

La posibilidad de producir avellanas de alta calidad y producciones económicamente aceptables depende del ambiente o entorno donde se ubica la plantación, conformado tanto por clima y suelo. Cuando dichos factores presentan condiciones favorables para la especie, los árboles pueden expresar su potencial óptimo o capacidad productiva. En el pasado reciente, en los primeros huertos de avellano europeo, por falta de información se consideraron principalmente factores externos a las condiciones edafoclimáticas de los sitios de plantación, como servicios, industrias, poderes compradores, entre otros. Ello en muchos casos incidió en el establecimiento de variedades, con sus respectivos polinizadores, con técnicas de manejo inadecuadas para dichas condiciones agroecológicas (Ellena *et al.*, 2013).

Tal comportamiento agronómico de las variedades, especialmente de los polinizadores, no correspondiente a su compatibilidad fenotípica ("overlapping") y su real potencial vegetativo y productivo influye en la producción y calidad de la fruta. La elección del ambiente adecuado para la plantación de huertos de avellano es fundamental, con el fin que el ecosistema-huerto establecido en un determinado sitio o lugar, tenga el mínimo posible de recursos extra prediales para lograr cosechas de calidad, económicamente aceptables. Los factores ambientales son escasamente modificables, en particular el clima. Por ello, es fundamental obtener información del sitio de plantación previo al establecimiento del huerto y disponer de condiciones ambientales adecuadas para lograr rendimientos económicos en este árbol frutal (Ellena *et al.*, 2013).

3.1.1 Análisis de suelo

Previo al establecimiento de un huerto de avellano, es necesario efectuar un análisis químico del suelo para determinar su disponibilidad de nutrientes, siendo a la vez importante realizar un análisis físico y fitosanitario del mismo, con el fin de detectar eventuales problemas en el huerto.

3.1.1.1 Análisis químico

El análisis químico se realiza para determinar el nivel de disponibilidad de los distintos nutrientes en el suelo, con el fin de aplicarlos en una cantidad adecuada al momento del establecimiento del huerto. Previo al muestreo del suelo, es recomendable efectuar una sectorización del sitio de plantación, a través de calicatas. Ello permitirá determinar la profundidad del suelo y eventuales problemas físicos en éste (capas duras e impermeables que dificultan el movimiento del agua, napas freáticas superficiales, presencia de oxidaciones y toscas, capas arcillosas, otros).

Es recomendable determinar los sectores homogéneos del suelo en el sitio de plantación, considerando los siguientes factores: pendiente, profundidad, textura, drenaje e historial del manejo agronómico del suelo. En relación al muestreo, cada sector debe ser submuestreado (mínimo 20 veces). Cada submuestra debe ser de un volumen idéntico, que posteriormente se homogeneizará (mezcla) para obtener una muestra de aproximadamente 2 kg, que se envía al laboratorio para su análisis químico. Las muestras deben colectarse por lo menos a dos profundidades diferentes (0-20 cm y 50-80 cm); aquellas correspondientes a cada nivel de profundidad pueden mezclarse entre sí (pero no con las del otro nivel), para obtener una muestra representativa de 2 kg. Un análisis químico debe considerar entre otros parámetros al pH, materia orgánica, macro y micronutrientes y saturación de aluminio del suelo. Es importante que la muestra sea enviada a un laboratorio de calidad y confiabilidad, inmediatamente luego de colectada para que ella no se altere. Al respecto cabe mencionar que existen laboratorios de suelo que periódicamente evalúan sus técnicas y protocolos, acreditados a nivel nacional, como es el caso del Laboratorio de Suelos de INIA, entre otros existentes a nivel del país (Ellena *et al.*, 2013).



Foto 1. Calicata del suelo previo a la plantación. Centro Regional INIA Carillanca, Región de La Araucanía, Chile.

Fuente: INIA Carillanca

3.1.1.2 Análisis físico

Para este análisis es necesario considerar: textura, densidad aparente y curvas de retención de humedad. En relación a la textura, las características ideales serían un suelo tipo franco-arcilloso o franco-arenoso con baja densidad aparente. La estructura debe estar libre de compactación, tanto a nivel superficial como en profundidad. Además, el suelo no debe tener problemas de infiltración del agua y una profundidad efectiva entre 0,9-1,0 m (Ellena *et al.*, 2013).

3.1.2 Análisis de plagas y enfermedades

Previo al establecimiento de un huerto de avellano europeo, es recomendable realizar un análisis del suelo ya que ciertos géneros de nemátodos en determinados niveles de concentración, pueden afectar seriamente el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los nemátodos fitoparásitos causan graves daños al sistema radical de los árboles, permitiendo la entrada de hongos que ocasionan pudriciones radiculares, como por ejemplo *Phytophthora spp.*, entre otros. Adicionalmente, es conveniente efectuar un monitoreo de la presencia de plagas subterráneas al estado larvario, que pudiesen ocasionar serios daños a las plantas de avellano a nivel de su cuello y sistema radicular. Lo anterior, permite tomar medidas preventivas previas al establecimiento del huerto (Aguilera *et al.*, 2012; Ellena *et al.*, 2013).

3.1.3 Acondicionamiento y preparación del suelo

Las labores de preparación del suelo, se inician en verano, en especial de aquellos más compactos, cuando el terreno está seco y por tanto en condiciones favorables de cohesión y adhesión. Previo a realizar esta labor, es necesario acondicionar el terreno eliminando arbustos, árboles, troncos, piedras y otros obstáculos que dificulten luego la plantación de los árboles. También, es conveniente nivelar o emparejar el terreno y eventualmente realizar un subsolado, con el fin de destruir el "pie de arado", en particular en suelos compactados por pisoteo de animales y por maquinaria. Esta labor permitirá un mejor drenaje y con ello evitar la asfixia radicular a consecuencia del escaso contenido de aire en el suelo. La preparación adecuada del suelo, junto a la realización de un análisis químico, tienen como finalidad lograr un normal desarrollo de los árboles de avellano, en particular de su sistema radicular. Un buen desarrollo y sanidad de los árboles es la base para lograr un adecuado crecimiento vegetativo de las plantas durante la etapa de formación de su estructura productiva y de esta manera, anticipar la entrada en producción y amortización del huerto (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2013).



Fotomontaje 1. Implementos para laborear y acondicionar el suelo.

Fuente: INIA Carillanca

3.1.4 Laboreo profundo

El laboreo profundo se realiza antes de la plantación de los árboles y consiste en remover el suelo a través de medios mecánicos hasta una profundidad de 70-120 cm (Baldini, 1992). En suelos sin pre-cultivo, esta labor puede requerir previamente barbecho químico con herbicidas, desbrozado, eliminación de piedras, troncos, arbustos y rotura de suelo. Esta técnica permite mejorar el suministro de nutrientes en el suelo, mediante la localización de fertilizantes en profundidad (fertilización de fondo); remueve raíces de un cultivo arbóreo previo, y mulle y airea el suelo (cuando está compactado). No obstante, este efecto puede ser pasajero, ya que con el tiempo el suelo nuevamente tiende a "apelmazarse". Por otra parte, si el suelo posee estratas con textura predominantemente arenosa y otras de tipo arcillosa (o limosa), el laboreo profundo o de desfonde permite mezclarlas, obteniéndose un perfil más uniforme texturalmente mejorado en sus características físicas. Sin embargo, en suelos pesados (arcillosos), la labor de desfonde puede ocasionar la formación de una capa impermeable (pie de arado) en la zona de mayor profundidad alcanzada por el arado (Ellena 2010; Ellena *et al.*, 2013).

En la zona sur, en situaciones de lluvias abundantes y prolongadas, esta capa puede causar anegamientos y por tanto, asfixia radicular. Por ello, en suelos pesados es recomendable efectuar un desfonde más profundo, complementado con otras labores de aradura y rastrajes superficiales durante el verano, ya que éstos se encuentran con escasa humedad y en condiciones favorables de cohesión y adhesión (Baldini, 1992).

3.1.5 Fertilización de pre-plantación

La fertilización de pre-plantación denominada también de fondo o base, tiene como fin construir una reserva adecuada y homogénea de nutrientes como fósforo, potasio, magnesio, calcio u otros micronutrientes, en el suelo, particularmente de fósforo (P), en aquellos de origen volcánico con alta capacidad de adsorción de P (Baldini, 1992; Ellena, 2010).

La fertilización de pre-plantación se realiza junto con la labor de desfonde, permitiendo incorporar los fertilizantes en profundidad (70-120 cm). Para efectuar una fertilización adecuada se debe conocer previamente la caracterización química del suelo donde se establecerán los árboles.

El aporte de materia orgánica, incorporada como fertilizante de base en otoño antes de la plantación p. ej. 40 a 80 ton ha⁻¹ de estiércol maduro o de productos análogos como compost, con una relación C:N no inferior a 5, contribuye a mejorar la estabilidad de la estructura y la disponibilidad de nutrientes, como también a facilitar su asimilación por las raíces de los avellanos. La materia orgánica también estimula la actividad microbiana del suelo (Ellena *et al.*, 2006; Ellena *et al.*, 2007). Esta práctica ha permitido mejorar las condiciones físicas y de fertilidad del suelo (graníticos y arenosos) en la zona del secano interior de Malleco (Los Sauces, Purén, Lumaco, Región de La Araucanía, Chile) (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2013).

En suelos livianos, donde la mineralización es intensa, se requiere fraccionar el aporte de materia orgánica, incluso en años posteriores a la plantación de los árboles, con el fin de evitar el agotamiento anticipado de ésta.

En definitiva, la fertilización de pre-plantación prevé dos alternativas diversas de intervención en función de la naturaleza de los suelos donde se plantarán los árboles: en suelos compactados se deben aplicar los fertilizantes en la totalidad del horizonte del suelo en el que posteriormente se desarrollará el sistema radicular de las plantas. En cambio en suelos con predominio de materiales gruesos y en aquellos muy sueltos, la fertilización de pre-plantación puede limitarse a la incorporación de materia orgánica, escasamente lixiviable, de efecto lento pero eficaz para el mejoramiento de las características físicas, químicas y microbiológicas de este tipo de suelos (Baldini, 1992; Ellena *et al.*, 2007).

La escasez de materia orgánica de origen animal en los predios puede sustituirse por diversos subproductos orgánicos de cultivos industriales y residuos de mataderos (plumas, sangre seca), particularmente para huertos pequeños y de manejo bajo modalidad orgánica.

Por otra parte, el uso de abonos verdes previo al establecimiento del huerto es una alternativa viable, que consiste en sembrar especies anuales de crecimiento rápido, preferiblemente de ciclo invernal-primaveral con abundante producción de biomasa para segar y luego incorporar al suelo. En fruticultura, los mejores resultados se han logrado mediante la incorporación de biomasa de cereales, leguminosas y crucíferas en otoño (Baldini, 1992; Ellena *et al.*, 2012).



Foto 2. Compost para aplicar en huertos de avellano, comuna de Villarrica, Región de La Araucanía, Chile.

Fuente: INIA Carillanca

3.1.5.1 Beneficios del establecimiento de cubiertas vegetales

- **Disponibilidad:** la entrega de nutrientes en la fase de pre-plantación debe realizarse considerando su disponibilidad en el suelo, a través de un análisis químico y de textura. Para fósforo y potasio, caracterizados en general por presentar escasa movilidad a lo largo del suelo, pueden presentarse diversas situaciones relacionadas con las concentraciones presentes en éste, además se deben definir otros factores tales como:
 1. Disponibilidad
 2. Textura

- **Dotación elevada:** para variedades de elevado vigor la aplicación de fertilizantes minerales puede ser postergada para la fase de fertilización de mantenimiento de los árboles de avellano. La decisión debe ser previamente analizada por un especialista o asesor.
- **Dotación normal:** en general se recomienda aplicar una dosis de 200-250 kg de P_2O_5 ha^{-1} y 150-200 kg de K_2O ha^{-1} , pero ello debe estar acorde con los resultados del análisis de suelo.
- **Dotación baja:** los fertilizantes químicos fosfatados y potásicos se recomienda incorporarlos al suelo con la finalidad de lograr el nivel de normalidad. Como indicación se sugiere aplicar dosis de 300-350 kg de P_2O_5 ha^{-1} en suelos con bajo nivel de disponibilidad de fósforo (< 10 mg kg^{-1} de P Olsen). A la vez se sugiere aplicar 250-300 kg de K_2O ha^{-1} en suelos con niveles de potasio intercambiable inferior a 0,4 cmol (+) kg^{-1} . Se reitera que esto es una sugerencia, dado que cada suelo requiere un análisis químico para definir un plan de fertilización correcto.
- **Textura:** en suelos con alta fracción de arena (Ejemplo: suelos arenosos de la comuna de los Ángeles, Región del Biobío), ocurre una elevada movilidad de los nutrientes, debiendo reducirse las cantidades de fertilizantes tradicionalmente aplicados en pre-plantación. En consecuencia se debe recurrir a aplicaciones parcializadas frecuentes de la dosis de fertilización en cobertera, o realizarlas por fertirrigación o utilizando fertilizantes de entrega lenta que son de mayor costo (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2013).

3.1.6. Labores de suelo

Una vez terminado el laboreo profundo y la fertilización de fondo, se prosigue con una labor de suelo superficial, mediante rastras de discos o fresas. Esto permite nivelar el terreno y romper los terrones que permanecen luego de realizado el laboreo profundo.



Foto 3. Laboreo superficial de suelo, Centro Regional INIA Carillanca Región de La Araucanía, Chile.

Fuente: INIA Carillanca

3.1.7 Manejo de los árboles con anterioridad a la plantación

Previo al establecimiento, luego del traslado de los árboles desde el vivero al lugar de plantación, se recomienda acondicionar un espacio con zanjas o trincheras para mantener las plantas, cubriendo la totalidad de sus raíces con tierra sustrato húmedo, de preferencia de textura liviana, hasta su plantación, para evitar daños por deshidratación.



Foto 4. Zanjas para mantener las plantas hasta su plantación. Comuna de Nueva Imperial, Región de La Araucanía, Chile.

Fuente: INIA Carillanca

3.1.8 Trazado de plantación

Con anterioridad a la plantación es necesario marcar sobre el terreno la posición exacta de cada árbol, además de demarcar los caminos internos y externos del huerto. Para el trazado se requiere establecer una línea madre recta, estableciendo como referencia un camino, acequia u otro elemento. Posteriormente se marca una línea perpendicular a la línea madre.

Los ángulos rectos son fáciles de realizar utilizando tres cuerdas, cuyas longitudes son de 3, 4 y 5 metros. Se deben tensar las cuerdas y hacerlas coincidir en sus extremos, formando un ángulo de 90° . Luego, se colocan estacas sobre la línea madre y la línea perpendicular marcando la posición de cada árbol. De esta manera se marca toda la superficie del suelo a plantar, empleando una cinta y un listón plantador.



Foto 5. Marcado y trazado de la superficie a plantar, Centro Regional INIA Carillanca Región de La Araucanía, Chile.

Fuente: INIA Carillanca

3.1.9 Plantación

La plantación de árboles de avellano europeo procedentes del vivero exige preparar el suelo abriendo hoyos profundos. Los árboles deben plantarse a una profundidad de 40 a 80 cm. Esta labor presupone una elección previa de criterios y distancias (marcos) de plantación.

La apertura de hoyos de plantación puede efectuarse manualmente o bien a través de un ahoyador mecánico, accionado por el toma de fuerza de un tractor.



Foto 6. Hoyo preparado manualmente (izquierda) y mecánicamente (derecha) para plantación de árboles de avellano europeo.

Fuente: INIA Carillanca

En el fondo del hoyo de plantación se localiza una pequeña cantidad de fertilizantes y enmienda calcárea (fósforo, potasio, magnesio, carbonato de calcio, entre otros) y en lo posible materia orgánica descompuesta o compost, luego se coloca una capa de tierra finamente desmenuzada, preferentemente de la parte superficial del suelo. Se pueden emplear fertilizantes tradicionales o bien recubiertos y de lenta liberación de nutrientes, para lograr un mejor aprovechamiento de éstos y evitar daños en las raíces por concentración de sales en un espacio reducido de suelo. En cada hoyo, parcialmente relleno, se establece el árbol, manteniéndolo en forma vertical y con su cuello sobre la superficie del suelo. A continuación, se completa el llenado del hoyo comprimiendo la tierra (colocada de manera gradual), para que esté bien adherida a las raíces. Es fundamental evitar la plantación de los árboles a una profundidad excesiva, pues las raíces de esta especie son muy sensibles a niveles bajos de oxígeno. Como regla general, las plantas deberían plantarse a la misma profundidad que tenían en el vivero.

Para el caso de árboles a raíz desnuda, antes de la plantación deben someterse a podas moderadas de raíces, con el fin de eliminar aquellas lesionadas o secas y renovar los cortes realizados durante la extracción de las plantas del vivero, en particular la poda de la posible raíz principal tipo pivotante. En cambio los árboles que proceden de vivero en contenedores, tienen un arraigamiento más fácil y no requieren de cuidados especiales durante la plantación.

La época más adecuada para realizar la plantación es otoño (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2013). Sin embargo, las plantas en contenedores o macetas pueden plantarse más tarde en primavera o en otoño. Además, el establecimiento más temprano de los árboles permite una mejor cicatrización de las heridas causadas durante el trasplante (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2013).

Sin embargo, la época más apropiada para realizar la plantación es en otoño, dado que las investigaciones realizadas por INIA Carillanca señalan que en dicha época permite que las raíces comiencen a desarrollarse en el suelo de inmediato, encontrándose los árboles nuevos en condiciones más favorables para la reanudación vegetativa en la primavera siguiente. Si no es posible efectuar la plantación en otoño se puede realizar también desde inicios a finales de invierno o a principios de primavera, antes de la apertura de las yemas. Con plantas a raíz desnuda, las plantaciones más tardías en primavera ocasionan un retraso en la brotación, emisión de brotes y por ende, en el desarrollo de las plantas durante el primer año y mayores porcentajes de pérdidas de éstas (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2013).



Foto 7. Para la plantación de los árboles en el hoyo de plantación se coloca una pequeña cantidad de fertilizantes que se cubren con una delgada capa de tierra.

Fuente: INIA Carillanca



Foto 8. Plantación de huertos de avellano europeo. Centro Regional INIA Carillanca Región de La Araucanía, Chile.

Fuente: INIA Carillanca

En variedades de avellano europeo injertadas se debe evitar establecer las plantas a una profundidad excesiva para impedir el posible fenómeno del franqueamiento, es decir emisión de raíces en la parte injertada.



Foto 9. Plantación correcta de una planta injertada de avellano europeo con el punto de injerto sobre el nivel del suelo.

Fuente: INIA Carillanca



Foto 10. Planta de avellano europeo a raíz desnuda procedente de vivero.

Fuente: INIA Carillanca



Foto 11. Planta de avellano europeo a raíz cubierta en contenedor para plantaciones tempranas en otoño o tarde en primavera.

Fuente: INIA Carillanca

3.1.10 Distribución espacial de los cultivares polinizadores en la plantación

Como se indicó en capítulos anteriores, el avellano europeo es una especie monoica autoincompatible, es decir las flores masculinas de un árbol no polinizan a las flores femeninas del mismo individuo. Por ello, en una plantación deben establecerse variedades polinizadoras genéticamente compatibles con la variedad principal, de manera que coincidan sus estados fenológicos (floración masculina del polinizador con la floración femenina de la variedad principal). Además, deben ser buenas productoras de polen e idealmente producir frutos de calidad y comercialmente válidos para la industria o para consumo directo o mesa.

En plantaciones comerciales de esta especie frutal, para una variedad principal se requiere entre 10-15% de cultivares polinizadores, idealmente 3 a 4, para cubrir completamente el período de receptividad del estigma de la variedad principal o base, (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2013; Ellena *et al.*, 2014; Roversi, 2007). Estos pueden distribuirse en zig-zag o en hileras completas cada 8-9 hileras de la variedad principal. Es preferible esta última modalidad para facilitar la separación de las avellanas a la cosecha.

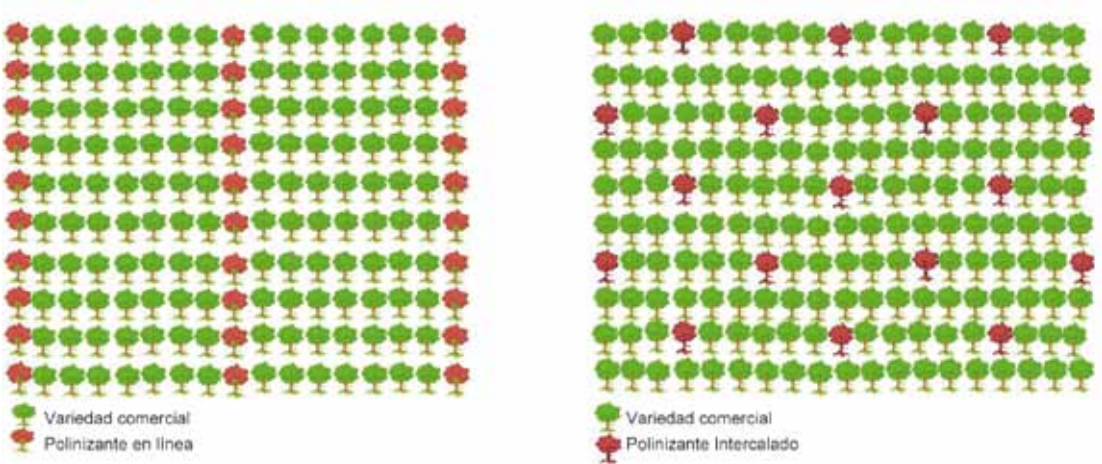


Figura 1. Distribución de polinizadores, línea completa (izquierda) y en forma de zig-zag (derecha).

Otra alternativa es el sistema Oregon, en el cual cada tres hileras de la variedad principal se establece una hilera con las variedades polinizadoras. Estas últimas son plantadas en la fila en forma alternada, cada tres polinizadores corresponden dos plantas de la variedad principal y así sucesivamente. (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2013).

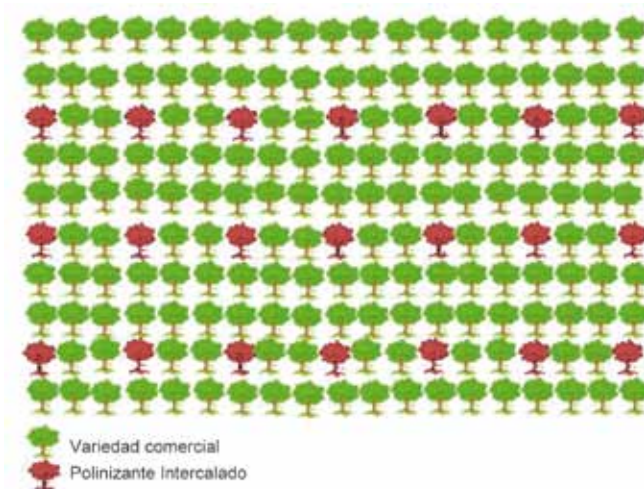


Figura 2. Sistema de distribución de cultivares polinizadores en el sistema Oregon.

De acuerdo a estudios realizados en el extranjero las variedades principales y los polinizadores no deberían plantarse a distancias mayores de 15 a 20 metros, con el fin de lograr una adecuada polinización (Ellena, 2010). Sin embargo, en Chile con la ubicación de los polinizadores a mayor distancia

se han logrado rendimientos similares e incluso superiores a los de otros países productores, lo que indicaría una buena llegada del polen al estigma de la flor femenina. En todo caso, a una mayor distancia bajo condiciones climáticas adversas, exceso de lluvia y humedad ambiental, en la medida que los polinizadores se alejan existe una menor probabilidad que el polen llegue a la flor femenina (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2013).

La orientación de las hileras de los cultivares polinizadores debe considerar el sentido de los vientos predominantes durante el período de floración masculina (liberación del polen por parte de los amentos) y receptividad de las flores femeninas (estigmas), con el fin de asegurar una buena distribución del polen. Como se mencionó anteriormente, la floración de esta especie ocurre en pleno período invernal lográndose una adecuada diseminación del polen cuando hay menor humedad ambiental (generalmente a medio día) y ausencia de lluvia. En la zona sur, el viento predominante bajo dichas condiciones es el noroeste, que permite generar libre flujo de polen para una buena polinización anemófila, es decir, a través del viento (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2012; Ellena *et al.*, 2013; Roversi, 2007).

3.1.11 Densidad de plantación

El cultivo del avellano europeo en el mundo se ha caracterizado por su lenta entrada en producción y bajos rendimientos acumulados durante los primeros años. Dependiendo de las variedades, el inicio de la etapa reproductiva comienza entre el tercer y sexto año (Mehlenbacher y Smith, 1992). El período juvenil de los árboles está relacionado con factores de índole genético y ambiental (Zimmerman, 1972). Los máximos rendimientos se han observado desde el año 7 en adelante, dependiendo de las variedades y de las condiciones edafoclimáticas de los sitios de plantación.

En esta especie, normalmente se han utilizado amplios marcos de plantación (6x4, 6x3 y 5x4 m) dependiendo del vigor de la variedad, fertilidad y profundidad del suelo, y grado de mecanización del cultivo, con una relativa baja densidad de plantación.

Para determinar la densidad de plantación se deben considerar los siguientes factores: vigor de la variedad o combinación portainjerto/variedad en el caso de plantas injertadas, fertilidad del suelo, condiciones climáticas, sistema de formación y conducción, disponibilidad de luz, tránsito de maquinaria, sistema de cosecha, entre otros.

De todos los anteriores destacan:

- **Vigor de la variedad:** se utiliza una menor densidad y mayor distancia de plantación para los cultivares más vigorosos (ej. variedades Barcelona, Tonda di Giffoni), en comparación a aquellos de menor vigor (ej. variedades Tonda Romana, Yamhill, Tonda Gentile delle Langhe, Tombul, Imperiale di Trebizona, Palaz, entre otras).
- **Fertilidad del suelo:** se emplean menores densidades y mayores distancias de plantación en los suelos más fértiles. Este factor tiene gran importancia en la vida productiva futura de los árboles.

3.1.13 Marco de plantación

Se refiere a la distancia existente entre los árboles. Se prefiere un marco de plantación rectangular ya que presenta las siguientes ventajas:

- Máximo aprovechamiento del suelo
- Mayor facilidad para realizar las labores del huerto
- Acceso en un solo sentido.



Foto 12. Detalle de marco de plantación rectangular (5x4m), cv. Barcelona. Comuna de Gorbea, Región de La Araucanía. Menor distancia en la sobre hilera y mayor distancia en la entre hilera.

Fuente: INIA Carillanca

3.1.12 Evolución de los marcos de plantación

La tendencia actual en frutales es densificar los huertos para anticipar la entrada en producción, aumentar los rendimientos por unidad de superficie y amortizar rápidamente las plantaciones. Sin embargo, en el tiempo, las plantaciones intensivas de avellano europeo presentan problemas en producción y calidad de fruta por falta de iluminación en el interior de la copa y en la parte inferior de los árboles. Por ello, es preferible utilizar densidades mayores o menores marcos de plantación para las primeras etapas de los árboles, interviniendo posteriormente una vez que las copas se entrecruzan entre sí y se produzca un desplazamiento de la zona productiva a la parte alta del árbol, eliminándose aquellos árboles en exceso o recurriendo a fuertes podas (Bignami *et al.*, 1999; Ellena *et al.*, 2012; Ellena *et al.*, 2013; Riggert y Mac Donald, 1987; Roversi, 2007).

Se puede comenzar la plantación con el denominado marco dinámico. Por ejemplo, con densidades de 800 plantas ha^{-1} y cuando se comienza a resentir la capacidad productiva, se elimina la mitad de los árboles, obteniéndose una densidad definitiva de 400 plantas ha^{-1} (Bignami *et al.*, 2004; Julian *et al.*, 2008; Jung, 1994).

Estudios realizados por INIA Carillanca sobre el efecto de la densidad de plantación y el comportamiento vegetativo-productivo de los árboles de avellano de las variedades Barcelona y Tonda di Giffoni, demostraron que la altura del eje del cv. Barcelona es superior al de Tonda di Giffoni desde la primera a la cuarta temporada de establecimiento del huerto experimental (2009-2012) (Ellena *et al.*, 2013).

Barcelona, se caracteriza por presentar un hábito de crecimiento abierto, expandido hacia la entre hilera y elevado vigor, mientras que Tonda di Giffoni tiene un vigor intermedio y hábito de crecimiento cerrado hacia la verticalidad, lo cual es una característica genética propia de la variedad (Ellena *et al.*, 2013).

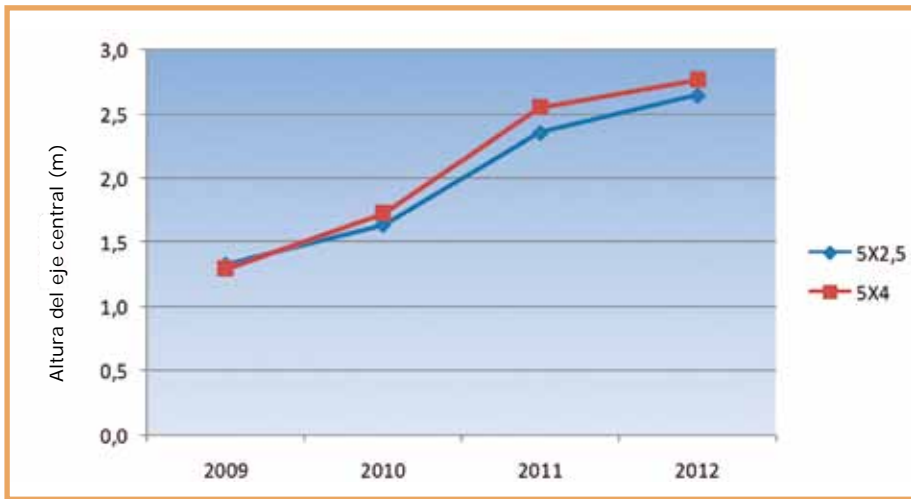


Figura 3. Efecto de dos densidades de plantación (5x4 y 5 x 2,5m), sobre la altura del eje central del cv. Barcelona (temporadas 2009-2012). Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía.

Con la menor densidad de plantación ($500 \text{ árboles ha}^{-1}$), (marco de plantación de $5 \times 4 \text{ m}$, entre y sobre hilera respectivamente) se aprecia una tendencia a una mayor altura del eje central del árbol, entre los años 2010 y 2012, que aquella lograda con la mayor densidad de plantación ($800 \text{ árboles ha}^{-1}$), con un marco de plantación de $5 \times 2,5 \text{ m}$ (Figura 3). Ello sería atribuible a que la mayor densidad de plantación ocasionaría una mayor competencia entre las plantas por nutrientes, agua, luz y espacio disponible para expresar su crecimiento vegetativo (Ellena, 2013).

En la variedad Tonda di Giffoni la tendencia observada no es constante, dado que en las dos primeras temporadas de crecimiento (2009-2010) la mayor altura del eje central se aprecia con la menor densidad de plantación ($500 \text{ árboles ha}^{-1}$); luego, a partir del tercer año en adelante (temporada 2011-2012) la mayor altura del eje central corresponde a la mayor densidad de plantación ($800 \text{ árboles ha}^{-1}$) o menor marco de plantación del huerto ($5 \times 2,5 \text{ m}$) (Figura 4). Esta variedad tiene un hábito de crecimiento cerrado hacia la verticalidad, como ya se indicó, y probablemente, en la medida en que los árboles se desarrollen presenten un mayor crecimiento del eje (en altura), para lograr mayor disponibilidad de luz y satisfacer sus requerimientos fotosintéticos. Adicionalmente, esta especie es de tipo heliófila, es decir que es ávida de sol (Ellena *et al.*, 2013).

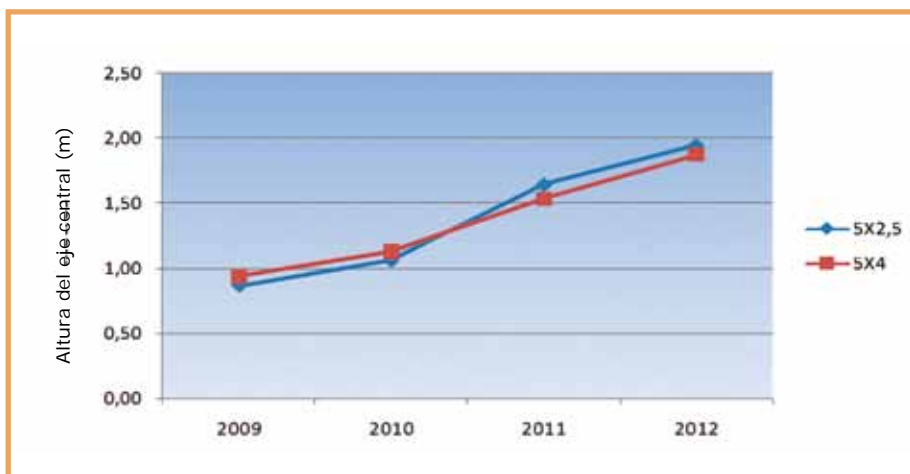


Figura 4. Efecto de dos densidades de plantación 500 y 800 árboles ha^{-1}) (5x4 y 5 x 2, m respectivamente) sobre la altura (del eje central, cv. Tonda di Giffoni (temporadas 2009-2012). Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía.

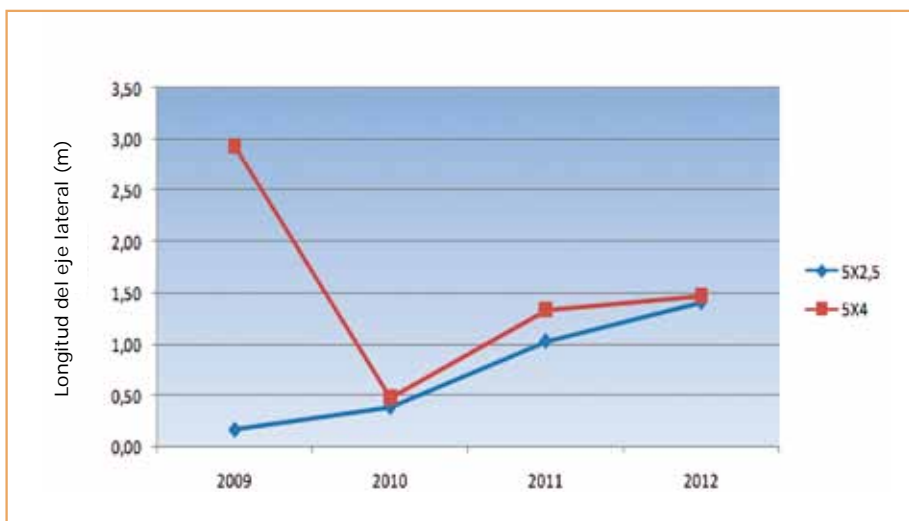


Figura 5. Efecto de dos densidades de plantación (500 y 800 árboles ha^{-1}) (5 x 4 y 5 x 2,5 m respectivamente) sobre la longitud media de los ejes laterales (m) del cv. Barcelona (temporadas 2009-2012). Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía.

La mayor longitud media de los ejes laterales se aprecia (tendencia) con la menor densidad de plantación (500 árboles ha^{-1}) y un marco más amplio (5 x 4 m). Al contrario, con la mayor densidad de plantación (800 plantas ha^{-1}) marco de 5 x 2,5 m), se observa una tendencia a una menor longitud de estos órganos, en las cuatro primeras temporadas de crecimiento vegetativo evaluadas (Figura 5). Ello podría atribuirse al elevado vigor de Barcelona chilena, donde un mayor espacio disponible le permite expresar más su crecimiento; mientras que con altas densidades de plantación ocurre una mayor competencia por espacio, luz, agua y nutrientes disponibles.

Por su parte, la variedad Tonda di Giffoni muestra una tendencia (durante las cuatro primeras temporadas de crecimiento) hacia un mayor desarrollo en longitud de los ejes laterales con mayor densidad de plantación (800 plantas ha^{-1}), respecto de aquella obtenida con una menor densidad de plantación (500 árboles ha^{-1}) (Figura 6). Esta variedad, como ya se indicó, tiene un vigor intermedio y un marcado hábito de crecimiento vertical. Probablemente estas características, con alta densidad de plantación, determinan un mayor crecimiento de los laterales ocupando rápidamente el espacio asignado, que incidiría en una mayor precocidad en la entrada en producción del huerto. Cabe señalar, que los huertos modernos de diferentes especies frutales, en alta densidad, han permitido acortar el período juvenil de los árboles y entrar más rápido a la fase reproductiva.

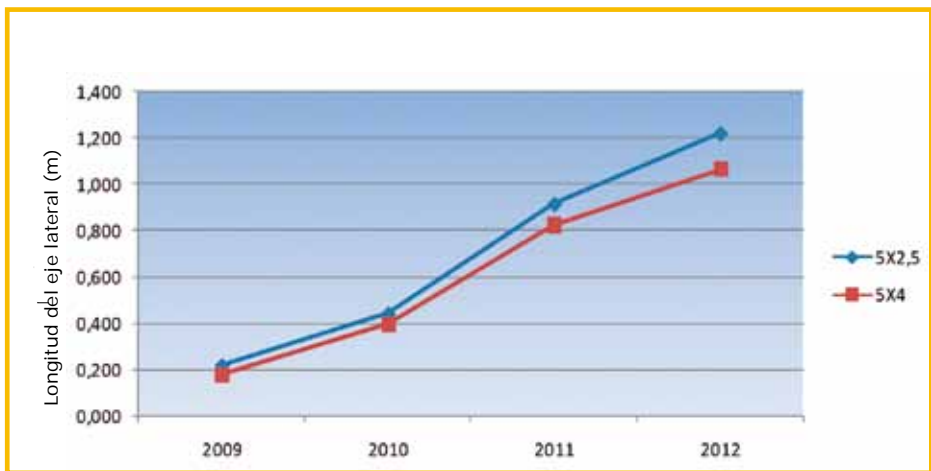


Figura 6. Efecto de dos densidades de plantación (500 y 800 árboles ha^{-1}) (5 x 4 y 5 x 2,5 m respectivamente) sobre la longitud media de los ejes laterales (m) del cv. Tonda di Giffoni (temporadas 2009-2012). Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía.

A la vez, en las cuatro primeras temporadas de crecimiento vegetativo (2009-2012) se observa una tendencia a un mayor crecimiento del diámetro del tronco o eje central del árbol del cv. Barcelona con la menor densidad de plantación (500 árboles ha^{-1}), pero sin grandes diferencias entre tratamientos (Figura 7).

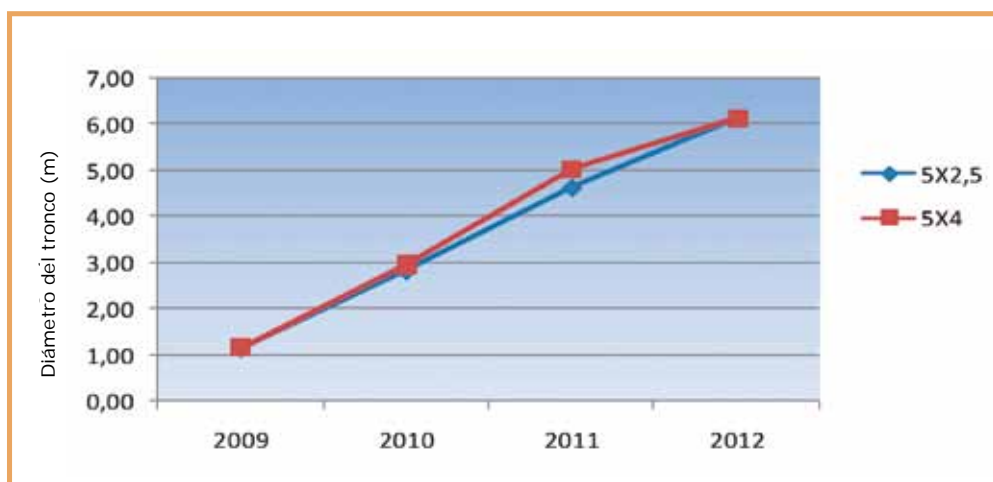


Figura 7. Efecto de dos densidades de plantación (500 y 800 árboles ha⁻¹) (5 x 4 y 5 x 2,5 m) sobre el diámetro promedio del tronco o eje central (cm) del cv. Barcelona (temporadas 2009-2012). Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía.

En relación al rendimiento de fruto, en el caso del cv. Barcelona, con alta densidad de plantación (800 plantas ha⁻¹, marco de plantación de 5x2,5 m) se aprecia una tendencia a un notorio mayor rendimiento acumulado, obtenido entre 2011 y 2016 (8.700 kg ha⁻¹), que el logrado con aquellas de menor densidad de plantación (Cuadro 1). Ello es interesante ya que permitiría obtener un mayor rendimiento acumulado durante los primeros 5 años de iniciada la etapa productiva del huerto y a su vez, una rápida amortización del cultivo.

Cabe considerar que el costo de establecimiento de este cultivo, por concepto de plantas, es significativamente más bajo que el de otras especies frutales (arándanos, manzanos, cerezos), lo que permite utilizar una mayor densidad de plantación. No obstante, una vez que los árboles comiencen a competir entre sí, podría ocurrir una disminución importante del rendimiento, puesto que en el caso del cv. Barcelona la alta densidad puede ocasionar un cubrimiento prematuro del huerto, por su alto vigor y hábito de crecimiento extendido.

Cuadro 1. Efecto de la densidad de plantación sobre el promedio de rendimiento acumulado (kg ha^{-1}), cv. Barcelona, temporada 2011-2016, Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, Chile.

Marco de plantación	Temporada						Total acumulado (kg/ha)
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
VARIEDAD BARCELONA							
5x2,5	14,6 a	200,8 a	502,0 b	2.189,30 b	983,3 b	4.811 b	8.701,0 b
5x3	8,2 a	166,0 a b	354,6 c	1.656,50 a	703,3 a	3.152 a	6.040,6 a
5x4	8,3 a	140,3 b	631,6 a	1.785,80 a b	692,1 a	2.963 a	6.221,1 a

Duncan < p 0,05. letras en posición vertical indican diferencias estadísticas.



Foto 13. Variedad Barcelona establecida en alta densidad (5x2,5 m), (7 años de edad), con abundante producción de fruta (derecha), Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, Chile.

Fuente: INIA Carillanca

Respecto al rendimiento industrial, en el caso del cv. Barcelona, el empleo de densidades altas de plantación ($800 \text{ plantas ha}^{-1}$, marco de 5x2,5 m) no condujo a diferencias significativas en este parámetro, respecto de menores densidades de plantación ($670 \text{ plantas ha}^{-1}$, marco de 5x3 m) y ($500 \text{ plantas ha}^{-1}$, marco de 5x4 m) (Cuadro 2). Este parámetro muestra un marcado efecto genético, propio de la variedad y difícil de modificar a través del manejo agronómico. No obstante, en el tiempo, una vez que los árboles entren en pleno régimen productivo (años 9-10) probablemente podría ocurrir una disminución del rendimiento industrial (%) de avellanas, particularmente en la parte media del árbol, por un menor ingreso de luz a nivel de las flores femeninas.

La falta de luz afecta significativamente la producción de yemas reproductivas, rendimiento y calidad de la fruta (Roversi, 2007). La luz es un factor fundamental para la fotosíntesis y por lo tanto, para las diversas funciones del árbol; de manera particular actúa junto a otros factores sobre el desarrollo de los frutos. La baja intensidad de luz genera zonas altamente

improductivas en la canopia del árbol, particularmente en sistemas de conducción de forma globosa y elevada altura del árbol (Looney, 1968). Por otro lado, aumentos significativos en la intercepción total de luz se han observado al incrementar la densidad de plantación (Cain, 1972; Verheij y Werner, 1973; Palmer y Jackson, 1974) y a su vez, al optimizar la arquitectura del árbol (Jackson *et al.*, 1980; Sansavini, 1982; Jackson, 1985).

Cuadro 2. Efecto de la densidad de plantación sobre el rendimiento industrial promedio (%), cv. Barcelona, temporadas 2011-2015. Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, Chile.

Marco Plantación	Temporada				
	2011	2012	2013	2014	2015
5X2,5	39,09 a	34,24 a	40,13 a	36,55 a	38,85 a
5X3	37,69 a	35,90 a	40,78 a	37,56 a	40,14 a
5X4	40,78 a	38,10 a	43,39 a	37,39 a	39,48 a

Letras iguales no presentan diferencias estadísticamente diferentes.

En el caso del cv. Tonda di Giffoni, también se aprecia una tendencia a un mayor rendimiento acumulado ($2.708,2 \text{ kg ha}^{-1}$), con alta densidad de plantación ($667 \text{ plantas ha}^{-1}$, marco de $5 \times 3 \text{ m}$) (entre 2011 y 2015) respecto de las demás densidades de plantación evaluadas. Independiente de ello, el rendimiento de fruto logrado con el cv. Tonda di Giffoni es inferior al alcanzado con el cv. Barcelona, bajo la condición de alta densidad de población (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la densidad de plantación sobre el rendimiento de frutos (promedio) acumulado (kg/ha^{-1}), cv. Tonda di Giffoni, temporadas 2011-2015. Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, Chile.

Marco de plantación	Temporada					Total acumulado (kg/ha^{-1})
	2011	2012	2013	2014	2015	
VARIEDAD TONDA DI GIFFONI						
5x2,5	10,1 a	335,1 b	253,3 b	1040,0 a	836 a	2290,8 a
5x3	13,4 a	431,4 a	303,4 a	1580,2 b	633,5 a	2708,2 b
5x4	21,4 a	324,7 b	280,6 a b	1375,1 b	543 a	2290,8 a

Letras iguales no presentan diferencias estadísticamente diferentes.

Cabe destacar que esta variedad aún presenta espacio por llenar en la distancia de plantación sobre y entre hilera, que presenta un crecimiento de ramas menos expandidas hacia la entre hilera. En el tiempo, una vez que los árboles llenen completamente sus espacios asignados, particularmente para la menor densidad de plantación ($500 \text{ plantas ha}^{-1}$) se podrían esperar aumentos importantes en los niveles productivos. Por otro lado, para la

plantación en alta densidad (800 plantas ha⁻¹) y densidad media (670 plantas ha⁻¹), una vez que las plantas entren en competencia entre sí, los rendimientos podrían afectarse por una menor intercepción de luz, particularmente en la parte media del árbol con un desplazamiento de la producción hacia la parte alta y periférica del árbol. Ello determinará la necesidad de eliminar plantas, con el fin de evitar competencias excesivas entre los árboles y con ello facilitar la entrada de luz hacia el interior de la copa. Otra alternativa es el uso de poda, particularmente realizada en verano (poda en verde), que permite reducir el vigor de los árboles. No obstante, la época de ejecución de la poda debe estar avalada por un especialista, con el fin de tomar una decisión correcta, ya que esta dependerá del estado (vigor) y nivel productivo del huerto. En relación al rendimiento industrial (%) promedio (2011 a 2015) no hubo diferencias significativas entre las distintas densidades de plantación en estudio (800, 670 y 500 plantas ha⁻¹).

En los próximos 10 años, estarán disponibles nuevas variedades de avellano europeo de menor vigor (árboles compactos), tanto autoenraizados como combinaciones de portainjerto/variedades de menor vigor, obtenidas en programas de mejoramiento genético llevados a cabo en el extranjero y en Chile (INIA Carillanca), que permitirán densificar las plantaciones sin recurrir a la extirpación de árboles.

Estudios preliminares realizados por INIA Carillanca han demostrado una precocidad de la entrada en producción, en plantas injertadas de avellano europeo de la variedad Tonda di Giffoni sobre un portainjerto clonal (BA-5), acortando el período improductivo entre 1-2 años y anticipando el período reproductivo en cultivares polinizadores, con abundante producción de amentos y polen, con diferencias estadísticamente significativas en comparación con plantas autoenraizadas a partir de acodos de montículo (Ellena *et al.*, 2014).



Foto 14. Huerto de avellanos en alta densidad, mediante uso de marco dinámico (5x2,5 m) cvs. Barcelona (izquierda) y Tonda di Giffoni (dercha). Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, Chile.

Fuente: INIA Carillanca



Foto 15. Plantas de avellano europeo injertadas sobre portainjertos de bajo vigor para plantaciones en alta densidad. INIA Carillanca, Región de La Araucanía, Chile.

Fuente: INIA Carillanca

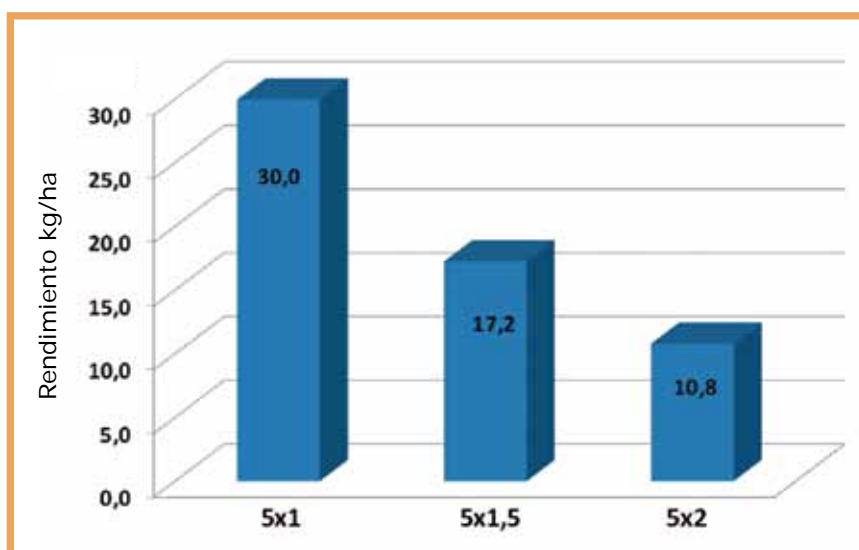


Figura 8. Efecto de la densidad de plantación y el uso de portainjertos (BA-5) sobre el rendimiento de frutos del cv. Tonda di Giffoni (un año de establecimiento). Centro Regional INIA Carillanca, Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía.

A modo ilustrativo solamente (sin análisis estadístico), se observa una tendencia a un mayor rendimiento de fruto (30 kg ha^{-1}) del cv. Tonda di Giffoni con mayor densidad de plantación ($2.000 \text{ plantas ha}^{-1}$), que con aquellas de menor densidad evaluadas (primer año luego de establecido el cultivo), (Figura 8). Estos resultados son preliminares, esperándose una mayor expresión del rendimiento de fruto en las próximas temporadas, que permita corroborar la tendencia inicial o bien ella sea modificada en las próximas temporadas de evaluación o modificar la tendencia inicial observada.



Foto 16. Plantas de avellano europeo injertadas sobre portainjertos de bajo vigor en plantaciones en alta densidad (izquierda), con presencia de frutos (derecha) durante la primera temporada de establecido el cultivo. Centro Regional INIA Carillanca, Chile, 2016.

Fuente: INIA Carillanca

Referencias Bibliográficas

Aguilera, A., Ellena, M., González, A., Jequier, J., y Escobar, S. 2012. Diagnóstico y monitoreo de plagas. p. 31-60. In: Ellena, M., González, A., y A. Aguilera (eds.). Manejo Integrado de Plagas Subterráneas en Avellano Europeo. Boletín INIA N° 237. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional INIA Carillanca, Temuco, Chile.

Baldini, E.1992. Arboricultura General. Ediciones Mundi-Prensa. P.379. Madrid, España.

Bignami, C., De Salvador, R.F., e G. Strabbioli. 1999. Aspetti agronomici e prospettive di valorizzazione della corilicoltura nel Lazio. Rivista de Frutticoltura e di Ortofloricoltura N° 11: 16-27.

Bignami, C., Bertazza, G., Bizzarri, S., Brusiches, A., Cammilli, C., and V. Cristofori. 2005. Effect of high density and dynamic tree spacing on yield and quality of the hazelnut cultivar Tonda Gentile Romana. Proc.VI International Congress on Hazelnut. Acta Hort.686: 263-270.

Cain, J.C. 1972. Hedgerow orchard design for most efficient interception of solar radiation. Effects of tree size, shape, spacing and row direction. Search 2: 1-14.

Ellena, M., Sandoval, P., y Montenegro, A. 2006. Elementos básicos del cultivo del avellano europeo para el sur de Chile. Tierra Adentro N° 62. p.30-32.

Ellena, M., Montenegro, A., y A.Rombolá. 2006. Gestión del suelo.p. 83-107. En Ellena, M. (ed.) Cultivo del cerezo para la zona sur de Chile. Boletín INIA N°135. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional INIA Carillanca, Temuco, Chile.

Ellena, M., Alvear, C., y C. Bustamante. 2007. Effect of different management techniques of the soil in the plantation line concern to vegetative behavior, chemicals, physical and biological factors of the soil cv. Barcelona (*Corylus avellana* L.) in the south of Chile. Seventy International Congress on Hazelnut. Book of Abstracts. p. 125.

Ellena, M. 2010. Polinización y manejo del avellano europeo. 88p. Boletín INIA N°202. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional INIA Carillanca, Temuco, Chile.

Ellena, M., Sandoval, P., y González, A. 2012. Il boom della coricoltura cilena. Corylus & Co. Anno III, número 1-2012. p. 21-28.

Ellena, M., Sandoval, P., González, A., y Azócar, G. 2013. Establecimiento del huerto. p. 49-79. En M. Ellena D. (ed.) Avellano europeo: establecimiento y formación de la estructura productiva. Boletín INIA N° 274. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional INIA Carillanca, Temuco, Chile.

Ellena, M., Sandoval, P., y González, A. 2014. Effect of type of propagation on earliness of flowering and fruiting in "Tonda di Giffoni" and Daviana" cultivars. Acta Hort. (ISHS) 1052: 221-224.

Jackson, J.E., and J.W.Palmer. 1980. A computer model study of light interception by orchards in relation to mechanized harvesting and management. Scientia Horticulturae 13: 1-7.

Jackson, J.E. 1985. Future fruit orchard design: Economics and biology. p. 441-459. In M.G.R. Cannell and J.E. Jackson (eds.) Attributes of tree as crop plant. Inst. Terrest. Ecol. Hunt., England.

Julian, J., Seavert, C., and J.L.Olsen. 2008. Establishing and producing hazelnuts in the Willamette valley-standard versus doublé density. VII International Congress on Hazelnut. Acta 845: 769-774.

Jung, S.K. 1994. Effects of planting density on the growth and nut yields of filbert trees *Corylus avellana* L. Research Report of the Forest Genetics Research Institute 30: 51-57.

Looney, N.E. 1968. Light regimes within standard size apple trees as determined spectrophotometrically. Proceedings American Society of Horticultural Science 93: 1-6.

Mehlenbacher, S.A., and D.C. Smith. 1992. Effect of spacing and sucker removal on precocity of hazelnut seedlings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117 (3): 523-526.

Palmer, J.W., and J.E.Jackson. 1974. Effects of tree populations and variations in spacing within and between rows of Golden Delicious on M.9.Rpt. E. Malling Res. Sta. 1973: 66-68. Maidstone, U.K.

Riggert, C., and P. Mac Donald. 1987. Managing filbert densities. Proceedings of Nut Growers Society of Oregon, Washington and British Columbia. 72 p.

Roversi, A. 2007. Aspetti agronomici e varietali della coltivazione del nocciolo. Notiziario técnico N° 75: 29-36.

Sansavini, S. 1982. High density orchards of various crops. Proceedings XXIst International Horticulture Congress. Volume 1: 182-197.

Verheij, E.W.M., and F.L.J.A.W.Werner. 1973. Light studies in a spacing trial with apple on a dwarfing and semi – dwarfing rootstock. *Scientia Horticulture* 1: 25-42.

Zimmerman, R.H. 1972. Juvenility and flowering in woody plants: A review. *HortScience* 7: 447-455.