

AVELLANO EUROPEO: ESTABLECIMIENTO Y FORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA



Editor: Miguel Ellena D.



Directora Regional INIA Carillanca:

Elizabeth Kehr Mellado.

Editor:

Miguel Ellena D., Ing. Agrónomo, Dr.

Autores:

Miguel Ellena D., Ing. Agrónomo, Dr.

Paola Sandoval F., Ing. Agrónomo

Abel González G., Ing. Agrónomo

Adolfo Montenegro B., Ing. Agrónomo Ms.C

Gustavo Azócar B., Técnico Agrícola

Leovijildo Medina ., Ing. Agrónomo

Comité Editor:

Lilian Avendaño Fuentes, Periodista

Adolfo Montenegro B., Ing. Agrónomo Ms.C

Paola Sandoval F., Ing. Agrónomo

Boletín INIA N°274

ISSN: 0717-4829

Ellena, M. 2013. Avellano Europeo: establecimiento y formación de la estructura productiva. Publicación editada en el contexto del proyecto CORFO: “**Evaluación de tecnologías para mejoramiento de la productividad y la calidad del fruto del avellano europeo (*Corylus avellana L.*) en la zona sur de Chile destinado a la industria alimentaria.**”

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca, km 10 camino Cajón Vilcún, comuna Vilcún. (45) 297100, Ministerio de Agricultura. Prohibida la reproducción parcial o total de la obra sin permiso de INIA.

Diseño y Diagramación: Ramón Navarrete Díaz

Impresión: Imprenta América

Cantidad Ejemplares: 300



INDICE DE CONTENIDOS

PRÓLOGO	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO 1.	11
SITUACIÓN ACTUAL DEL AVELLANO EUROPEO EN CHILE	11
CAPÍTULO 2.	27
ORGANOGRAFÍA DEL ÁRBOL	27
2.1. Sistema Radical: raíces	27
2.1.1. Crecimiento Radicular	27
2.2. Sistema Aéreo	27
2.2.1. Yemas	31
2.2.2. Hojas	32
2.3. Inflorescencias	34
2.3.1. Descripción de los Órganos Florales	34
2.3.1.1. Flores Masculinas	35
2.3.1.2. Flores Femeninas	36
2.4. Morfología del Involucro	37
2.5. Fruto	39
2.6. Semilla	40
2.7. Ciclo de Fructificación	40
2.7.1. Inducción y Diferenciación Floral	40
2.7.2. Floración	41
2.7.3. Polinización y Fecundación	42
2.7.4. Desarrollo de Frutos	43
2.7.5. Autoincompatibilidad	44



CAPÍTULO 3.	49
REQUERIMIENTOS DE CLIMA Y SUELO DEL AVELLANO	49
3.1. Elección del sitio de plantación	49
3.1.1. Factores climáticos: temperatura	49
3.1.2. Requerimientos de frío	50
3.1.3. Vientos	51
3.1.4. Luminosidad	52
3.1.5. Altitud y Latitud	52
3.1.6. Distribución de lluvias	53
3.1.7. Suelo	53
3.1.8. Análisis de suelo	54
3.1.9. Análisis químico	55
3.1.10. Análisis físicos	55
3.1.11. Análisis fitopatológico	55
3.1.12. Preparación del suelo para la plantación	56
3.1.13. Laboreo profundo	57
3.1.14. Fertilización de pre-plantación	58
3.1.15. Labores de suelo	59
3.1.16. Época de plantación	60
3.1.17. Manejo de las plantas	61
3.1.18. Plantación	62
3.1.19. Densidad de plantación	63
3.1.20. Marco de plantación	64
3.1.21. Evolución de los marcos de plantación	65
3.1.22. Trazado de plantación	74
3.1.23. Distribución espacial de los cultivares polinizadores en el huerto	76
CAPÍTULO 4.	80
GESTIÓN DEL SUELO	80
4.1. Laboreo	81
4.1.1. Cubierta vegetal	82
4.1.2. Control químico	84
4.1.3. Acolchado	86
4.1.4. Resultados de investigación	89



CAPÍTULO 5.	93
FERTILIZACIÓN	93
5.1	Análisis del suelo 94
5.1.1.	Muestreo del suelo 95
5.1.2.	Herramientas para la toma de muestras 96
5.1.3.	Interpretación de análisis químico 98
5.2.	Análisis foliar 99
5.2.1.	Diagnóstico foliar 100
5.2.2.	Fertilización foliar 101
5.3.	Fertilización mineral 104
5.3.1	Fertilización de base a la plantación 104
5.4	Nitrógeno 106
5.5	Fósforo 108
5.6	Potasio 109
5.7	Magnesio 110
5.8	Calcio 110
5.9	Boro 111
CAPÍTULO 6.	113
RIEGO	113
6.1.	Determinación de necesidades de riego 117
6.2.	Parámetros físicos hídricos del suelo para el cultivo del avellano 122
6.3.	Frecuencia de riego 127
6.4.	Empleo de instrumentos y equipos (sensores), para monitoreo de humedad del suelo 134
6.4.1.	Tensiómetro 133
6.4.2.	Watermark 136
6.4.3.	Sensores Frequency Domain Reflectometry (FDR) 137
6.5.	Sistema de riego 138
6.5.1.	Fuente de agua 138
6.5.2.	Cabezal del control 138
6.5.3.	Equipo de bombeo 139
6.5.4.	Sistema de filtros 140
6.5.5.	Equipo de inyección de fertilizantes 141



6.5.6.	Manómetros	141
6.5.7.	Sistema de válvulas	142
6.5.8.	Equipo programador de válvulas	143
6.6.	Antecedentes de investigación en avellano	144

CAPITULO 7. 152

PODA Y SISTEMAS DE CONDUCCIÓN 152

7.1.	Influencia de la poda sobre los árboles en formación	152
7.1.1.	Poda de Formación	152
7.2.	Sistemas de conducción	153
7.2.1.	Multieje o arbustivo	154
7.2.2.	Vaso arbustivo	155
7.2.3.	Monoeje	156
7.3.	Poda al segundo invierno y siguientes	157
7.4.	Estudio de sistemas de conducción	158

CAPITULO 8. 163

VARIEDADES 163

8.1.	Barcelona	163
8.1.1.	Barcelona Chilena	163
8.2.	Tonda di Giffoni	171
8.3.	Efecto de 3 localidades de la Región de La Araucanía sobre el comportamiento productivo de las variedades Barcelona Chilena y Tonda di Giffoni.	173
8.4.	Tonda Gentile Romana	175
8.5.	Tonda Gentile delle Langhe (TGL)	176
8.6.	Montebello	178
8.7.	Mortarella	179
8.8.	San Giovanni	179
8.9.	Negret	179
8.10.	Morell	180
8.11.	Gironell	181
8.12.	Grifoll	182



8.13.	Trebizonda	182
8.14.	Tombul	184
8.15.	Nuevas Variedades	185
8.15.1.	Jeferson	185
8.15.2.	Yamhill	187
8.15.3.	Sacajawea	188
8.15.4.	Santiam	189
8.16.	Estudios de variedades temporada 2008-2012.	189
8.17.	Evaluación del comportamiento productivo de las cuatros principales variedades cultivadas en Chile	194
8.17.1.	Estudio germoplasma local	196



PRÓLOGO

Un aporte importante para la industria del avellano europeo en la zona centro sur y sur de Chile, ha sido el desarrollo de la primera etapa del proyecto **“Evaluación de tecnologías para el mejoramiento de la productividad y calidad del fruto de avellano europeo (*Corylus Avellana* L.) en la zona sur de Chile, destinado a la industria alimentaria”** ejecutado por INIA y cofinanciado por CORFO, además de empresarios agrícolas, cuyo objetivo principal fue el desarrollo y validación de tecnologías para la obtención de un paquete en la fase de formación de la estructura productiva de este frutal y la difusión de tecnologías para el manejo agronómico de huertos en dicha etapa del cultivo.

Siendo la fase de formación crucial, para lograr un adecuado desarrollo de la estructura productiva del árbol y con ello expresar posteriormente su potencial, surge este manual técnico que pretende entregar a los productores, asesores, inversionistas y estudiantes de agronomía los conocimientos necesarios sobre este tema relevante en avellano.

El manual es el primer producto del proyecto antes mencionado y se espera que pueda ser la base para iniciar una nueva línea de investigación innovativa para la formación, conducción y gestión de la copa de huertos en alta y muy alta densidad de plantación, que permita acelerar y aumentar la producción unitaria mediante un sistema de conducción con mayor eficiencia energética y productiva de los árboles.

Por lo anterior, el Centro Regional INIA Carillanca, a través de su Plataforma Frutícola “Frutas del Sur”, asociada a los productores e industriales del avellano europeo, pretenden modernizar el cultivo mediante el desarrollo de nuevas tecnologías de conducción más intensivas, que permitan mayor competitividad del rubro en el mediano y largo plazo.

**Plataforma Frutícola
INIA Carillanca**



INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el cultivo del avellano europeo (*Corylus avellana* L) ha experimentado un fuerte desarrollo en Chile, particularmente en la zona centro sur y sur, con fuertes incrementos de superficie plantada en el sector meridional, vale decir, desde Collipulli a Puerto Varas.

Chile es el principal productor y exportador de avellanas del hemisferio sur en la actualidad, cubriendo aproximadamente 11 mil hectáreas, entre las regiones del Maule y Los Lagos.

El avellano europeo es una especie frutal de gran relevancia para el sur del país y representa un cultivo clave para el desarrollo de las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, es una alternativa y a la vez un complemento de rubros tradicionales como cultivos anuales, ganadería y lechería, estos dos últimos con problemas de rentabilidad en las últimas temporadas.

El interés por este frutal de nuez en la zona sur se demuestra por el incremento de la superficie establecida en la tres regiones antes señaladas con alrededor de 7 mil ha plantadas. La mayor parte de los huertos se encuentran en fase de formación (1 a 4 años) y un menor porcentaje en etapa de producción, no alcanzando aún su máximo nivel productivo, logrado entre el noveno y décimo año de establecido el cultivo. Dichos antecedentes se basan en los estudios realizados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), particularmente en los Centros Regionales Carillanca y Quilamapu, además de información proveniente de huertos comerciales de la zona centro sur y sur de Chile.





CAPÍTULO 1.

SITUACIÓN ACTUAL DEL AVELLANO EUROPEO EN CHILE.

Miguel Ellena, Paola Sandoval, Abel González y Gustavo Azocar.

El avellano europeo (*Corylus avellana* L.) es originario de la Mesopotamia, área geográfica del actual Irán, Irak y Turquía y se encuentra difundido en la cuenca del Mediterráneo, Estados Unidos (estado de Oregón) y más recientemente, en América del Sur, particularmente en el centro sur y sur de Chile, entre las regiones del Maule y Los Lagos (provincia de Osorno).

En Chile, la especie fue introducida por los colonizadores europeos, en especial en el sur del país por inmigrantes de origen alemán, italiano, español y suizo, principalmente en las comunas de Gorbea, Villarrica, Loncoche (provincia de Cautín, Región de La Araucanía), La Unión, San Pablo, Osorno (provincia de Osorno, Región de Los Lagos).

En los últimos años, su cultivo se ha venido desarrollando comercialmente en las zonas anteriormente señaladas desde Talca (Región del Maule), hasta Osorno en el sur del país. Los primeros huertos de importancia comercial datan de los años 90, con introducción de material vegetal proveniente de Italia, particularmente de las variedades Tonda Gentile delle Langhe (TDGL) y Tonda di Giffoni (TG) y sus respectivos polinizadores, que luego de cumplir un período de cuarentena por dos años bajo condiciones controladas en invernadero fueron establecidas en las comunas de Curicó y Talca en predios pertenecientes a la empresa italiana Ferrero. Posteriormente, el cultivo del avellano se ha desplazado hacia el sur, en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos (Fig 1), en base a los estudios realizados por INIA.

La producción comercial de avellanas en el país es muy reciente y se debe fundamentalmente a las industrias agroalimentarias del hemisferio norte instaladas en Chile para satisfacer sus propias demandas. Posteriormente, a las nuevas empresas exportadoras nacionales interesadas en el rubro, dada la alta demanda existente por este fruto seco con atractivas características nutricionales benéficas para la salud humana.



Para los empresarios agrícolas chilenos, en particular del sur del país, el avellano es una alternativa productiva a los rubros tradicionales como la ganadería, cultivos anuales (trigo, avena, raps) y complementaria a otras especies frutales como manzanos, cerezos, arándanos y frambuesas.

SITUACIÓN ACTUAL.

En Chile el cultivo del avellano europeo ha experimentado un notable desarrollo en los últimos años, alcanzando actualmente una superficie de 11 mil hectáreas plantadas, considerando que el rubro se inició comercialmente en 1990, con menos de 100 ha establecidas según las estadísticas oficiales.

La mayor parte de la superficie con huertos comerciales (alrededor de 6 mil hectáreas), se encuentra actualmente concentrada en la region centro sur del país (Maule), le siguen la Región de La Araucanía con 3.600 hectáreas. En otras regiones del país, como el Bío-Bío, este cultivo es de menor importancia, con una superficie plantada de 550 hectáreas (Fig.1).

Superficie estimada de plantaciones de avellano europeo en Chile.

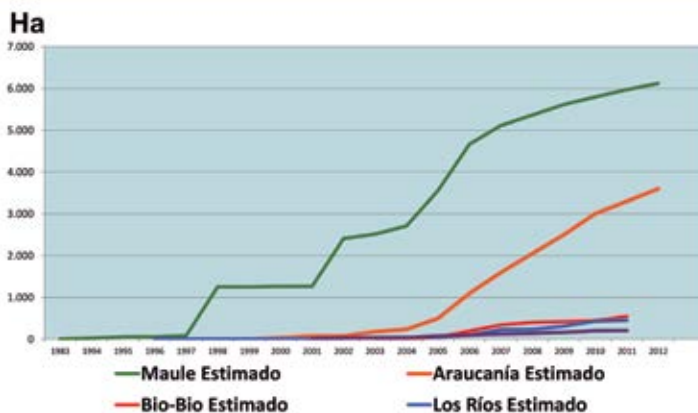
	BARCELONA	TONDA DI GIFFONI	TONDA GENTILE DELLE LANGHE	TONDA ROMANA	Total general
	Superficie (Ha)				
Araucanía	2.483	1.114	0	3	3.601
Bio-Bio	54	33	2	0	550
Los Lagos	11	1	0	0	313
Los Ríos	45	2	1	0	450
Maule	2.706	2.462	1.850	265	6.119
Total general	5.299	3.612	1.853	269	11.033
Distribución (%)	48%	33%	17%	2%	100%

Fuente: Frutas del Sur INIA Carillanca

Figura 1. Superficie estimada de plantaciones de avellano europeo en Chile.



Incremento de la superficie regional de avellanos europeos. Serie 1983-2012.



Fuente: Frutas del Sur INIA Carillanca

Figura 2. Incremento de la superficie regional de avellanos europeos: Serie 1983-2012.



Figura 3. Mapa de Chile con las principales zonas productoras de avellanas.



Considerando el crecimiento del cultivo y que los principales viveros chilenos especializados producen actualmente 600 mil plantas anuales, se estima que en 2019-2020 la superficie establecida en Chile con avellanos alcanzará al menos unas 25 mil ha, la mayor parte de ellas en las regiones del sur del país.



Figura 4: Proyección Nacional: 2013-2020 Plantaciones de avellanos europeos.

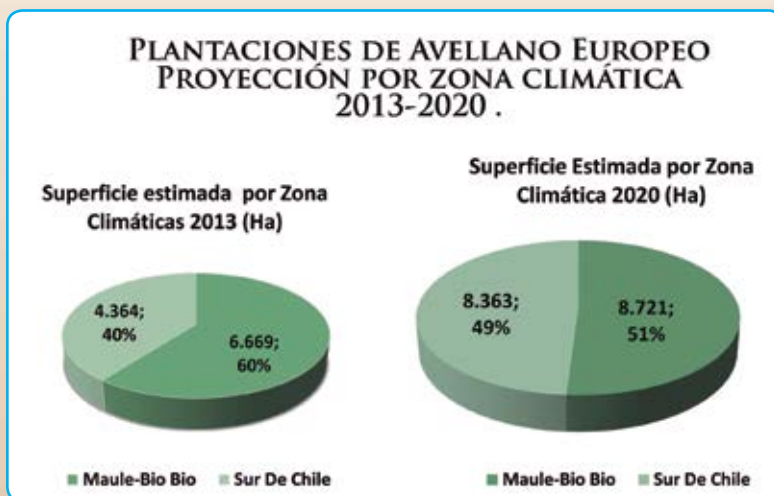


Figura 5: Plantaciones de avellano europeo Proyección por zona climática 2013-2020.

La superficie estimada al 2013 para la zona sur de Chile son de 4.364 ha representando el 40% a nivel nacional, mientras que la mayor superficie se encuentra establecida



desde las regiones del Maule al Bío-Bío con 6.669 ha (60%). Para el 2020 se espera un crecimiento significativo a nivel nacional alrededor de 17 mil ha. La zona sur de Chile representará el 49% de las plantaciones (8.363 ha), mientras que la Región del Maule al Bío-Bío representará el 51% (8.721 ha).



Figura 6: Proyección de superficie plantada y volumen exportado. Serie 1998-2020.

Al 2020 se esperan 17 mil 084 ha. a nivel nacional, con un volumen exportado de 14 millones 719 mil 593 ton.



Figura 7: Estimación volumen y valor de exportación de avellano con cáscara.

Se estima que para el 2020 se exportarán 14 mil 500 ton. de avellanas con cáscara, valores significativamente superiores a las actuales (6 mil 166 ton).



Tipología Predial.

La tipología predial comprende empresas de tamaño modesto (Pymes), 2,5-15 hectáreas; tamaños medios, 15-50 hectáreas y grandes empresas agrícolas con superficies mayores 50-500 hectáreas. El huerto de avellano más grande del mundo se encuentra ubicado cercano a Talca (Región del Maule) con alrededor de 2 mil ha establecidas (Foto1), mientras que el huerto comercial más antiguo se encuentra en Linares con más de 30 años, en manos de la empresa Sotella (Foto 2).



Foto 1. Huerto más grande del mundo, Región del Maule, Chile.



Foto 2. Huerto más antiguo de avellanos en Chile, Linares, Región del Maule c.v Barcelona.

Material vegetal

Actualmente, siete son los grandes viveros especializados que producen plantas de avellano, con una estimación de alrededor de 600 mil plantas anuales. Las principales variedades propagadas corresponden a Barcelona chilena y Tonda di Giffoni, con sus respectivos polinizadores. Para el caso de Barcelona, las principales variedades polinizadoras son Blanco, Azul, Rojo (ecotipos), Daviana, Butler, entre otros y para Tonda di Giffoni fundamentalmente Barcelona, Casina, entre otras. El sistema de multiplicación más empleado es el “acodo de montículo”, con anillado a nivel de la base de los hijuelos. Esta técnica es mayoritariamente utilizada en los diversos viveros del centro sur y sur del país, con óptimos resultados respecto a la tasa de radicación y calidad de plantas.



Foto 3. Sistema de multiplicación de acodo de montículo

Otras técnicas de multiplicación como injertos de yema o de doble lengua inglés y microestaquillas, aún cuando han presentado buenos resultados experimentales, no han sido ampliamente adoptados. En el futuro próximo otra alternativa podría ser la micropropagación, especialmente para la difusión de nuevas selecciones y variedades de reciente introducción al país. No obstante lo anterior, a nivel comercial no existe un protocolo eficiente y económicamente válido para la micropropagación de esta especie en Chile. Ello, debido a algunos problemas que se presentan durante el proceso, como dificultad en la obtención de cultivos a partir de explantes provenientes de árboles adultos, sobre todo por: emisión de compuestos fenólicos, contaminación, vitrecencia de tejidos, baja tasa de proliferación, excesiva producción de callo y bajo porcentaje de enraizamiento en algunos materiales.

Huertos

En el sur de Chile, por lo general los suelos establecidos con avellanos, son profundos, ácidos y particularmente ricos en materia orgánica (10-20%). La pluviometría media anual es de 1.153 mm en la Región de La Araucanía y 643-716 mm en la Región del Maule (Talca y Curicó).



En general los huertos tienen una densidad media de 400-500 árboles por hectárea, con sistemas de conducción en monoeje y multieje, principalmente en monoeje en la variedad Barcelona que presenta mayor vigor. En el último tiempo se han establecido huertos con densidades mayores (667-800 plantas por hectárea), con la adopción de “marcos dinámicos” de 5 x 3 m y 5 x 2 m con el fin de acelerar la entrada en producción y aumentar los rendimientos unitarios durante los primeros 8-10 años, hasta que las plantas no presenten exceso de sombreado y excesiva competencia entre sí.



Foto 4. Huerto de avellano, c.v Barcelona conducido en monoeje.



Foto 5. Huerto de avellano, c.v Barcelona conducido en multieje.



Foto 6. Estudios en densidades de plantación realizados por INIA Carillanca con empresa Luis Alberto Taladriz, comuna de Vilcún, Región de La Araucanía.

Variedades

En relación a las variedades, la más difundida corresponde a Barcelona, debido a que presenta una amplia adaptabilidad en diferentes condiciones agroecológicas del territorio nacional cultivado con avellanos (centro sur y sur del país) y buenos rendimientos (3.000 kg/ha). No obstante, sus elevadas producciones presentan un bajo rendimiento al descascarado (39-40%), respecto a otras variedades. La Barcelona “chilena”, bien adaptada al ambiente del centro sur y sur de Chile, es un material que no presenta homogeneidad, corresponde a una población de individuos que muestra una cierta variabilidad en su interior incidiendo en el tamaño y otras características de los frutos. Para una mejor calificación de este germoplasma, a nivel de la Plataforma Frutícola “Frutas del Sur” del Centro Regional de investigación INIA Carillanca, ubicado en la comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, se está comenzando un programa de mejoramiento a través de la selección clonal.

La segunda variedad de importancia para la industria del avellano en Chile es el cultivar italiano Tonda di Giffoni que ha crecido fuertemente en las últimas temporadas por su elevada calidad. Presenta un vigor medio y una buena productividad (2.000-3.000 kg/ha) y elevado rendimiento al descascarado (45-47%). Es muy apreciada por la industria chocolatera por el calibre medio (14mm) de la semilla o pepa y por sus buenas características organolépticas.

Otra variedad italiana introducida como Tonda Gentile delle Langhe (TGDL) parece adaptarse bastante bien a las condiciones edafoclimáticas de Chile, aunque presenta un período de floración muy corto que influye negativamente en el cuajado de las avellanas. En la zona centro sur y en algunas áreas del sur, bajo condiciones microclimáticas (Angol, Renaico) la productividad es aceptable, pero la variedad es altamen-



te sensible a estrés hídrico y golpe de sol. Por sus excelentes características organolépticas, en Chile esta variedad alcanza mayores precios que otras ya indicadas.



Foto 7. Variedades Barcelona chilena y Tonda di Giffoni

Perspectivas de desarrollo del avellano en el sur de Chile

El curso positivo de los precios de las avellanas en los últimos años indica que los agricultores de las regiones del sur (La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos) continuarán invirtiendo fuertemente en este cultivo, con el fin de exportar su producto al mercado internacional (Europa, Estados Unidos, China, Brasil), “offseason” respecto a la producción del hemisferio norte.

La producción de avellanas del centro sur y sur de Chile que se encuentra en una fase de expansión productiva, se basa en las variedades Barcelona (70%) y Tonda di Giffoni (30%). Otras variedades extranjeras y selecciones locales se encuentran en etapa de evaluación en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca y empresas privadas.

Producción

La producción de avellanas en Chile es superior a 5.000 t/ anuales, casi exclusivamente destinada a la exportación hacia Europa, Estados Unidos y cierto volumen a Asia y



América del Sur. Una cantidad es absorbida por el mercado interno para el consumo de fruta descascarada y una pequeña parte es destinada a la industria agroalimentaria. Cabe destacar, que durante la temporada 2011 -2012 se exportaron alrededor de 5.000 ton de avellanas con cáscara por un valor de U\$ 15.776 (miles de U\$ FOB) con precios promedios de U\$ 3,16/kilo. Respecto a avellanas sin cáscara los volúmenes exportados fueron de 109 ton por un valor de U\$ 835 (miles de U\$ FOB) y con precios de U\$ 7,64 U\$ por kilo. El principal socio comercial de Chile es Italia con una importación de U\$ 12.530.046 (Fuente Banco Central de Chile, 2011).

En relación a la superficie establecida, aproximadamente 10 mil ha se encuentran en fase de formación, por lo que se visualiza un fuerte incremento de la oferta en los próximos años.

Organización productiva e investigación desarrollo en avellano en la Región de La Araucanía y Los Lagos

El INIA Carillanca, a través de su Plataforma Frutícola “Frutas del Sur” junto a productores de avellanas del sur del país, GTT- Avellano Europeo, Profo de avellanos y la organización de productores de avellanas, conduce y lleva a cabo trabajos de investigación desarrollo con el fin de acortar brechas tecnológicas y potenciar este rubro en el sur de Chile. Además, organiza cursos teórico-prácticos en: poda, nutrición, control de malezas, control de plagas y enfermedades, manejo de sierpes, polinización, riego, entre otros.



Foto 8. Actividad de transferencia de tecnologías, zona de Gorbea, Región de La Araucanía.



En relación a las investigaciones de INIA Carillanca, éstas se llevan a cabo de manera conjunta con productores, de acuerdo a un levantamiento de demandas tecnológicas efectuado por la Plataforma Frutícola “Frutas del Sur”. Entre los principales estudios destacan: evaluación de variedades, sistemas de conducción, densidad de plantación, poda, nutrición, gestión del suelo, riego, control de hijuelos, polinización y empleo de cortinas corta viento.

Cabe destacar investigaciones sobre poda, desarrolladas a través del proyecto **“Evaluación de tecnologías para mejoramiento de la productividad y la calidad del fruto del avellano europeo (*Corylus avellana* L.) en la zona sur de Chile destinado a la industria alimentaria”**, cofinanciado por CORFO, INIA y los productores de avellanas.

Los proyectos de investigación desarrollo de INIA han permitido a los productores locales contar con mayor información para establecer sus huertos y los manejos agronómicos.

La introducción de nuevos cultivos de mayor rentabilidad son la clave para el desarrollo económico y social de la agricultura del sur del país. De manera particular el avellano ofrece buenas perspectivas dada la demanda mundial en continuo crecimiento y pocos países productores en el hemisferio sur, donde Chile es actualmente el único oferente. La señal, que han percibido los investigadores de la Plataforma Frutícola de INIA Carillanca es que los agricultores necesitan diversificar sus rubros, buscando otras alternativas complementarias a la producción de cereales, carne y leche, debido a que las empresas agrícolas cerealeras y ganaderas han sufrido fuertes crisis de mercado, principalmente los productores de leche y carne del sur del país.

Puntos de fuerza en la producción chilena de avellanas

Las principales ventajas de Chile en la producción de avellanas son:

- **Buenas condiciones edafoclimáticas para la producción de avellanas.** En particular, algunas zonas presentan suelos profundos de origen volcánico con elevado contenido de materia orgánica.
- **Calidad de los frutos y menores costos de producción:** Las regiones del sur de Chile (La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos), caracterizadas por condiciones de clima templado frío, presentan buenas condiciones para producir avellanas de óptima calidad con menores costos (tierra, agua, mano de obra) significativamente menor respecto a regiones centrales y principalmente respecto a Europa y Estados Unidos.



- Elevada capacidad profesional de los empresarios y nuevos emprendedores, de los operadores comerciales y de los exportadores chilenos.
- Estabilidad política y económica de Chile respecto a otros países sudamericanos y de países de la ex Unión Soviética (Balcanes) que producen avellanas.

CONCLUSIÓN.

Chile tiene la capacidad de competir con éxito con otros países avellaneros en los mercados internacionales, por sus mejores condiciones agroecológicas, por la gran disponibilidad de agua, particularmente en el sur del país, menor costo de la mano de obra y en algunos casos, por interesantes “economías de escala”.

El curso positivo de los precios de las avellanas en los últimos años y las múltiples ventajas de la industria chilena de la avellana, hace prever un rápido aumento de la superficie establecida con avellano, sobre todo en las regiones del sur.

Chile es el principal exportador de avellanas del hemisferio sur entre los meses de marzo y mayo, con un notable crecimiento de sus exportaciones.

Dicha tendencia seguirá en los próximos años, debido al incremento de la superficie establecida, del fuerte posicionamiento del producto chileno y del aumento de la demanda en el mercado internacional.

El país es reconocido por mucho tiempo como uno de los principales abastecedores del hemisferio sur de fruta fresca de elevada calidad y en un tiempo corto lo será también en frutos secos como las avellanas.

En relación a la entrada en producción de nuevos huertos, se estima que las cosechas futuras incrementarán fuertemente, cuestión que requerirá ampliar los mercados, principalmente en los países del continente asiático, como China, India y otros países europeos.



GLOSARIO.

Acodo de montículo: el acodado consiste en hacer desarrollar raíces a un brote o tallo sin separarlo de la planta madre. Este tipo de acodo comprende la acumulación de tierra o aserrín alrededor de la base de brotes nuevos para estimular la emisión de raíces.

Características organolépticas: las características organolépticas de los alimentos se refieren al conjunto de estímulos que interactúan con los receptores del analizador (órganos de los sentidos). El receptor transforma la energía que actúa sobre él, en un proceso nervioso que se trasmite a través de los nervios aferentes o centrípetos, hasta los sectores corticales del cerebro, donde se producen las diferentes sensaciones: color, forma, tamaño, aroma, textura y sabor. Es decir, son aquellas que podemos percibir a través de los sentidos: vista, gusto, olfato y tacto.

Callo: masa de células no diferenciadas. Por ejemplo en las plantas las células de callo son las que cubren una herida.

Clonal: deriva de clon, material genéticamente uniforme derivado de un mismo individuo y que se propaga por sistemas vegetativos.

Compuestos fenólicos: los fenoles o compuestos fenólicos son aquellas sustancias orgánicas en cuyas estructuras moleculares contienen al menos un grupo fenol, un anillo aromático unido al menos a un grupo funcional.

Explantos: tejidos vegetales separados de su órgano propio y transferido a un medio artificial para su proliferación *in vitro*.

Germoplasma: el concepto de germoplasma se utiliza comúnmente para designar la diversidad genética de las especies vegetales silvestres y cultivadas de interés para la agricultura. En ese caso, se asimila al concepto de recurso genético.

Golpe de sol: afecta a la mayoría de las especies frutales y es considerado el problema más importante en algunas frutas, como es el caso de manzanas con cambios bioquímicos con aumento en la concentración de fenoles, actividad enzimática y proteínas, con daño oxidativo a nivel de epidermis. La causa principal es el aumento de temperatura que afecta la calidad a cosecha reduciendo su valor comercial. Además, se producen daños a nivel vegetativo (ej. en avellanos a nivel de estructura de planta y hojas)

Micropropagación: conjunto de técnicas y métodos de cultivo de tejidos utilizados para multiplicar plantas asexualmente en forma rápida bajo condiciones de asepsia en laboratorio.



Monoeje: sistema de conducción empleado en avellano europeo, que consiste en un eje principal de una altura de 0,70- 0,80 m desde el cual se insertan 4 a 5 ramas estructurales. Una variante es el vaso arbustivo, conformado por un sólo tronco con 4 a 5 ramas ubicadas entre 10 y 15 cm del suelo.

Multieje: sistema de conducción para avellano que asemeja el crecimiento natural de la especie, con 4 a 5 o más ejes que nacen desde el suelo.

Offseason: producción de fruta en contraestación. Presenta ventajas para la fruticultura chilena, abasteciendo mercados del hemisferio norte cuando éstos no tienen disponibilidad de fruta fresca local.

Vitrecencia: fisiopatía de aspecto traslúcido de los explantes *in vitro* cuya causa se relaciona a altas concentraciones de citoquininas en el medio de cultivo y de tipo genético.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Ellena M. 1998. Aspetti fisiologici e biochemici associati al processo rizogenetico del castagno da frutto e del nocciolo. Dottorato di Ricerca in Colture Arboree, Università degli studi di Bologna, Italia.

Ellena M. 2010. Polinización y Manejo del Avellano Europeo. Boletín INIA N ° 202, p 88.

Goldetz, M; Muchnik, K; Ciang F; Pavez R; RojasF, 2006. Condiciones para la expansión del cultivo de avellano europeo en Chile. Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura, pp.167.

Rodríguez M. 1990. Geografía Agrícola de Chile, Editorial Universitaria, Santiago de Chile, pp.317.

Roversi A; y Grau P; 2000. Indagini carpo-merceologiche su nocciole prodotte in Cile. Atti V Giornate Scientifiche SOI, 2000, Sirmione 28-30 marzo, 527-528.



CAPÍTULO 2.

ORGANOGRAFÍA.

Miguel Ellena y Paola Sandoval.

El avellano europeo es una planta de tipo arbustiva, con ramas de color marrón claro grisáceo que nacen en forma alternada e inserta sobre un plano respecto al eje principal. A nivel del cuello la planta produce numerosos hijuelos que presentan elevado vigor.

2.1 Sistema Radicular: raíces

El aparato radicular, es la parte subterránea de la planta y tiene como principal función aportar a la nutrición mineral e hídrica, síntesis de sustancias como aminoácidos, proteínas, hormonas (citoquininas y giberelinas, con acción bioestimulante), ácido abscísico por condiciones de estrés hídrico, precursores del etileno, especialmente bajo condiciones de encharcamiento causando envejecimiento prematuro y caída de hojas, almacenamiento de azúcares (almidón), utilizada como reserva energética, nitrógeno en forma de aminoácidos y proteínas. Además, le permite a la planta el anclaje para sostenerla en el suelo, de acuerdo a la capacidad de distribución de las raíces en el perfil del terreno.

2.1.1. Crecimiento Radicular

El aparato radicular de esta especie se extiende más allá de la proyección de la copa de los árboles y se desarrolla de preferencia en los primeros 40-50 cm, en función de la naturaleza del suelo y de las técnicas culturales.

2.2. Sistema Aéreo

Hábito de crecimiento

La tipología del árbol del avellano es diferente, siendo los hábitos de crecimiento los siguientes: muy erecto (Daviana), erecto (Butler, San Giovanni, Pautet, Segorbe); Semi erecto (Tonda di Giffoni, Tonda Gentile delle Langhe, Tonda Romana, Negret, Ennis), expandido (Morell, Tombul), caído-péndulo (Imperiale de Trébizonde, Palaz, *Corylus avellana* var. pendula) y torcido (*Corylus avellana* var. Contorta).



Foto 1. Hábito de crecimiento, Tonda di Giffoni, tipo “cerrado y vertical”.

Vigor del árbol.

El vigor de las plantas es un factor de tipo genético y por tanto variable entre las diferentes variedades. Los grados de vigor en avellano son: muy bajo (Imperiale de Trébizonde, 101, Rojo); bajo (Negret, Tombul, Tonda Gentile Romana); intermedio (Tonda di Giffoni, Tonda Gentile delle Langhe, Ennis); alto (Nocchione, Pauetet) y muy alto (Butler, San Giovanni, Segorbe, Barcelona).



Foto 2. Variedad Imperiale di Trebizonda, con vigor muy bajo



Foto 3. Variedad Barcelona, vigor muy alto.



Densidad de Ramas

La densidad de ramas se clasifica en: escasa (Butler, Tonda Gentile Romana); intermedia (Tonda di Giffoni, Tonda Gentile delle Langhe, Negret) y densa (Ennis).

Emisión de Hijuelos

La emisión de hijuelos es una característica varietal clasificada en: ausente (Dundee, Newberg (*C.avellana* x *C. colurna*), *Corylus colurna*); muy escasa (Butler, Tonda Bianca); escasa (Daviana, San Giovanni, Ennis); media (Tonda Gentile Romana, Paulet, Segorbe); alta (Tonda di Giffoni, Barcelona, Tonda Gentile delle Langhe, Negret) y muy alta (Imperiale de Trébizonde, Tombul, Palaz).



Foto 4. Alta emisión de hijuelos c.v Barcelona



2.2.1. Yemas

Las yemas son pequeños cuerpos de diferentes formas y colores insertas en los nudos de las axilas de las hojas, que contienen un primordio de un eje vegetativo, consideradas como verdaderos brotes en miniatura que dan origen a brotes o flores.

En avellano las yemas se encuentran alternadas en los brotes. De las axilas de las hojas se forman las yemas a madera, de color verde-marrón y las yemas mixtas que aparecen similares a las anteriores pero presentan en la parte apical un grupo de estilos de color rojo oscuro que emergen de las pérulas. De las yemas se forman brotes, con 4-5 hojas, que portan en su extremidad inflorescencias de 8-10 pistilos bífidos. Además, en la axila de las hojas se desarrollan los amentos, reunidos en grupos de 1 a 5.



Foto 5. Nacimiento de amentos a través de las yemas de las axilas de la hoja y brote.

Color

1. Verde (Tonda Gentile delle Langhe, Segorbe, Du Chilly)
2. Café verdoso (Negret)
3. Rojizo (Merveille de Bollwiller).



Forma

1. Cónica (Merveille de Bollwiler)
2. Ovoide (Negret, Fertile de Coutard)
3. Globular (Tonda Gentile delle Langhe, Du Chilly, Segorbe).



Foto 6. Forma de yemas

2.2.2. Hojas

Las hojas son órganos aplanados compuestos por dos partes. El peciolo constituido por vasos que provienen de los brotes, que permiten la comunicación con el tronco o troncos y las raíces, favoreciendo el transporte de las soluciones nutritivas. El limbo o lámina que corresponde a la parte plana y delgada atravesada por nervaduras



provenientes del peciolo que se ramifican al interior de los tejidos de la lámina. Dicha lámina, está formada por una página o superficie superior y por una inferior en las cuales existen aperturas denominadas estomas, particularmente numerosos en la cara inferior de la hoja. Los estomas tienen la función de permitir el intercambio gaseoso entre los tejidos internos de la hoja y la atmósfera que la rodea. Cabe destacar, que las dos superficies o caras anteriormente señaladas presentan una serie de tejidos internos entre los cuales destaca uno con gran cantidad de vacuolas, entre las que circula aire, vapor de agua, entre otros.

En todos sus tejidos las hojas presentan un pigmento de color verde denominado clorofila que permite la fotosíntesis, es decir la función en que el anhídrido carbónico presente en el aire sea transformado en hidratos de carbono. Adicionalmente, en la hoja se producen las principales transformaciones de los compuestos químicos alimentarios.

Color

1. Amarillo
2. Ligeramente verde
3. Verde
4. Verde oscuro
5. Rojo verdoso
6. Rojo

Los colores son determinados en la parte axial, cuando los brotes se encuentran lignificados, antes del periodo de cosecha.

Forma

1. Elíptica (Merveille de Bollwiller)
2. Ovalada (Du Chilly)
3. Redondeada (Tonda di Giffoni, Negret, Segorbe)

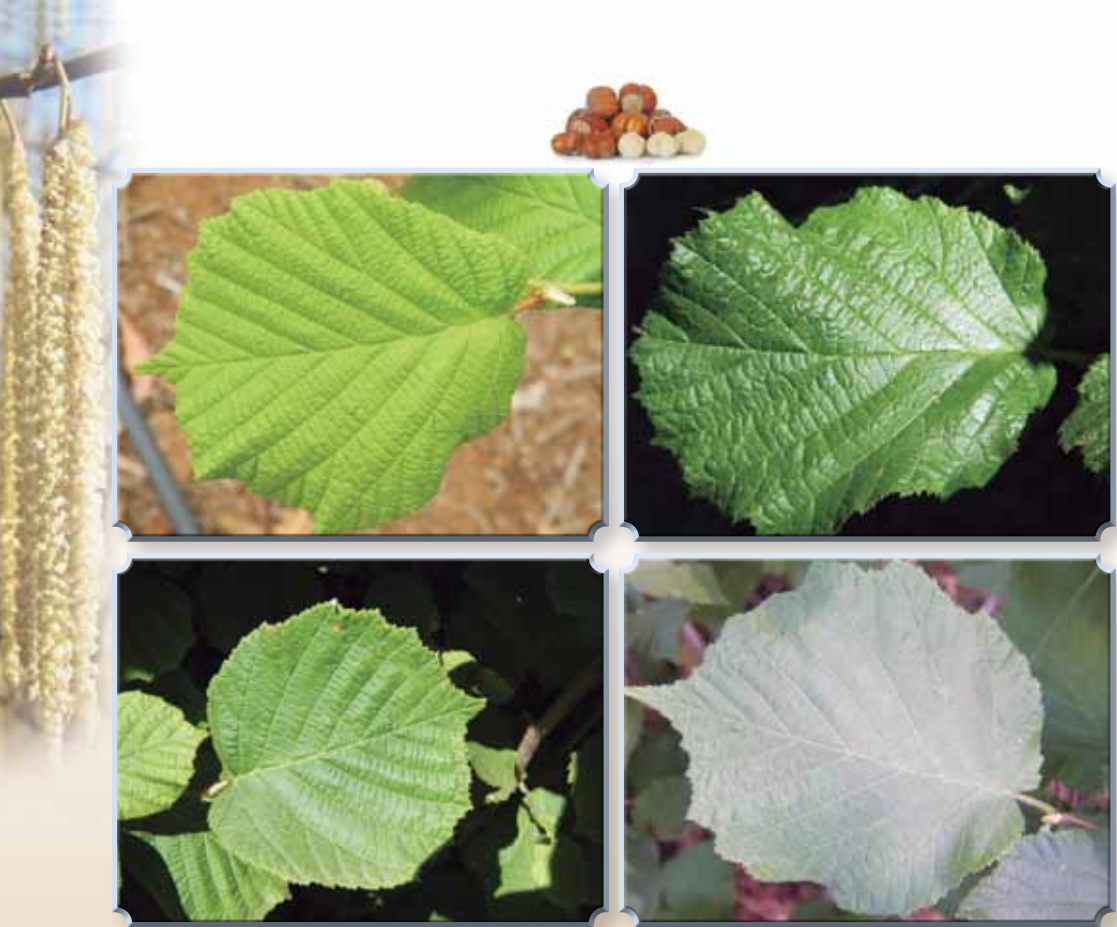


Foto 7. Forma de hoja

2.3. Inflorescencias

2.3.1. Descripción de los órganos florales

El avellano es una especie monoica, es decir en el mismo árbol tiene flores masculinas y femeninas agrupadas cada una de ellas en inflorescencias. No obstante, lo anterior, presenta autoesterilidad y dicogamia, con falta de sincronización entre la liberación del polen y la receptividad del estigma en la misma variedad. Esto hace estrictamente necesario la asociación con variedades polinizadoras para lograr rendimientos satisfactorios. Por ello, se deben establecer en un mismo huerto diversas variedades genéticamente compatibles y que florezcan de manera simultánea.



2.3.1.1. Flores masculinas

Las flores masculinas están dispuestas en amentos cilíndricos, de 4 a 6 cm de longitud, colgantes, amarillentos y ubicados hacia la parte externa del brote. Los amentos con su conformación y disposición péndula, facilitan la dispersión del polen en el aire. Cada flor masculina tiene una escama trilobulada, en cuya cara interna se insertan los estambres en número de unos 8 y sin resto de pistilo. Las escamas son algodonosas, de color verde claro y terminadas en punta (acuminado). Los amentos están formados por muchas flores masculinas apétalas (sin perianto), que oscilan entre 130 a 260. La yema que da origen a la inflorescencia es simple, lateral, aparece en las axilas de las hojas en pleno verano, pero madura durante el otoño e invierno sucesivo. Cada uno de los amentos, produce alrededor de un millón de granos de polen de pequeñas dimensiones (24-40 μm) que son transportados por el viento hacia los árboles circundantes, llegando a las flores femeninas (estigmas).



Foto 8. Flor masculina (amento), en fase de emisión de polen.



2.3.1.2. Flores femeninas

Las flores femeninas se encuentran usualmente ubicadas en yemas terminales o secundarias. Las yemas con flores femeninas son muy pequeñas y su posición es perpendicular a la rama. Estas flores se encuentran agrupadas en la terminación de las ramillas laterales, en número de 1-5, formando glomérulos escamosos de los que sobresalen los estigmas rojizos, dos por cada pistilo. Los glomérulos son yemas mixtas formadas por una parte basal vegetativa y otra parte fértil situada al extremo y formada por 4 brácteas, que poseen en sus axilas dos flores femeninas desprovistas de pétalos. Están ubicadas hacia la zona apical de las ramillas o brotes laterales del año en ramas de una temporada. Tienen aspecto muy semejante a las yemas vegetativas. En invierno se reconocen al momento de la floración, cuando en sus extremos aparecen los estigmas de color rojo vivo como se mencionó anteriormente. El glomérulo está constituido por un conjunto de 8 flores femeninas. Cada una de ellas consta de dos estilos que presentan una superficie estigmática muy desarrollada. De acuerdo a la posición que ocupan en la ramilla se pueden distinguir dos tipos de glomérulos: los insertos en la misma rama y los que se ubican al pie del amento. Normalmente, estos últimos son más pequeños y fructifican menos.



Foto 9. Glomérulo o flor femenina en plena receptividad de polen.



Cabe destacar, que estos órganos en el periodo de antesis durante el transcurso de la polinización (mediados de junio-fines de agosto), no presentan trazas de corola y ovarios. Lo anterior, se debe a que los óvulos se forman posteriormente entre fines de septiembre y fines de octubre. En relación a los sacos embrionales, en la zona sur de Chile se disponen entre mediados de noviembre y mediados de diciembre.

Color del estigma

1. Amarillo pálido (selección OSU 899.010)
2. Rosado (San Giovanni)
3. Rojo (Tonda di Giffoni, Tonda Gentile delle Langhe, Barcelona, Ennis)
4. Rojo púrpura (Negret, Mereveille de Bolwiller).



Foto 10. Estigma de c.v Barcelona de color rojo.

2.4. Morfología del involucre

Las variedades de avellano muestran diferencias en la morfología de sus involucros, permitiendo identificar los cultivares. Los involucros de color verde que contienen las avellanas están compuestos por una o dos hojas cilíndricas. Los márgenes de los involucros son levemente o profundamente aserrados. Dependiendo de las especies y variedades, los involucros cubren completamente o parcialmente los frutos. Los involucros de las variedades de países europeos y Estados Unidos como Barcelona, Tonda Gentile delle Langhe, Tonda Romana, Tonda di Giffoni son abiertos y cortos con tama-



ños similares a los frutos. A la maduración, los involucros se abren y permiten la caída de los frutos al suelo. Este carácter permite la cosecha mecanizada de las avellanas desde el suelo, a diferencia de las variedades turcas, cuya cosecha se realiza manualmente.

Foto 11. Tamaños de los involucros



Barcelona



Giffoni



Trebizonda



Daviana

Tamaño

1. Corto (Du Chilly, Ennis)
2. Medio (Negret)
3. Largo (Camponica, Montebello, Morell, Mortarella, Tonda Gentile delle Langhe, Tonda Gentile Romana, San Giovanni)
4. Muy largo (Imperiale de Trebizonda, Tonda di Giffoni, Tombul)



Márgenes del involucre (aserreado)

5. **Pequeño** (Du Chilly, Ennis, Segorbe, Tombul)
6. **Medio** (Tonda Gentile delle Langhe)
7. **Grande** (Negret)

2.5. Fruto

El fruto corresponde a un aquenio globosa –ovoide, cuyo pericarpio leñoso contiene una semilla comestible rica en aceite y otros compuestos como vitaminas, proteínas, fibra, polifenoles, entre otros. Dichos frutos están rodeados por un involucre foliáceo de tipo dentado como ya se ha indicado. Las formas son diversas, dependiendo de los cultivares.

Forma

8. **Aplanada** (Impériale de Trébizonde)
9. **Globular** (Barcelona, Camponica, Montebello, Tonda di Giffoni, Tonda Romana)
10. **Cónica** (Tombul, Merveille de Bollwiller)
11. **Ovoide** (Daviana, Negret, Morell, Pauetet)
12. **Subcilíndrica corta** (Butler, Mortarella, San Giovanni)
13. **Subcilíndrica larga** (Cosford, Du Chilly)



Foto 12. Formas de fruto



2.6. Semilla

Rendimiento al descascarado

14. **Bajo (<43%)**(Barcelona)
15. **Medio (> 43%)**(Tonda di Giffoni)

2.7 Ciclo de fructificación

El avellano es una especie monoica y declina, es decir en el mismo árbol tiene flores masculinas y femeninas agrupadas cada una de ellas en inflorescencias como ya se indicó. El ciclo de fructificación comienza con la inducción a flor y la diferenciación de los órganos florales. Estos procesos ocurren en verano en los meses de diciembre y febrero, con anterioridad para las inflorescencias masculinas y posteriormente para las yemas mixtas que presentan las flores femeninas. Luego de ocurrida la inducción, las yemas a flor diferencian los órganos florales.

2.7.1 Inducción y diferenciación floral

La inducción floral masculina se produce en los meses de diciembre-enero y está relacionada a los compuestos hormonales elaborados por las hojas. La floración se desarrolla al invierno siguiente. La inducción floral masculina se inicia a fines de diciembre, principio, de enero.

La inducción floral femenina se produce normalmente más tarde que la masculina, desde enero a principios de febrero. No obstante lo anterior, en algunas variedades, dependiendo de las temperaturas existentes, puede preceder la masculina. Se logra una buena inducción floral femenina, si las ramas del árbol tienen buena iluminación y una longitud de unos 15 cm, en particular en brotes de 20-30 cm, con una adecuada reserva de nutrientes. La organización fisiológica de los glomérulos prosigue durante el mes de febrero, marzo y abril. Todas las flores están completamente formadas a principios del mes de mayo.

Durante el verano se produce la diferenciación de los amentos, con un progresivo alargamiento y formación de estambres y anteras, en cuyo interior se forman los gránulos polínicos. Estos últimos son transportados a través del viento hacia las superficies estilares de las flores femeninas, constituidas por pistilos, los cuales emergen en invierno desde las yemas. Cabe destacar que la mayoría de las variedades de avellano son autoestériles. Mediante la fecundación se produce la formación del embrión y de los cotiledones, constituyendo la parte comestible del fruto. En el sur de Chile, desde fines de enero-febrero las avellanas crecen velozmente y se produce en su interior el desarrollo de la semilla, a partir del tejido midolar del ovario que se



reduce en un delgado estrato de color rojizo (perisperma) entre la semilla y la cáscara del fruto. La cáscara proviene de la parte externa del ovario y sufre una lignificación de las porciones periféricas con aquellas de conexión con el brote. Alrededor del ovario se desarrollan las estípulas de aspecto cartilaginoso, que formando los involucros del fruto. Los involucros en el caso de variedades de avellano cultivadas en Europa y América del norte y sur cubren parcialmente los frutos, que durante su maduración se desprenden y caen al suelo.

2.7.2 Floración

El reposo invernal de las flores del avellano europeo comienza en marzo y tiene una duración de 2,3 o 4 meses, dependiendo de las variedades. Estos órganos pueden evolucionar de nuevo e iniciar la floración, si ocurre un periodo de frío. Las necesidades de frío, en general oscilan entre las 350-600 horas de frío (temperaturas inferiores a 7°C) para las flores masculinas y entre 600 -800 para las femeninas. Las floraciones dentro de un mismo árbol ocurren paulatinamente. No todos los amentos ni todos los glomérulos llegan al mismo tiempo a plena floración. En la Figura 1 de este capítulo. Se muestran los estados fenológicos del avellano.

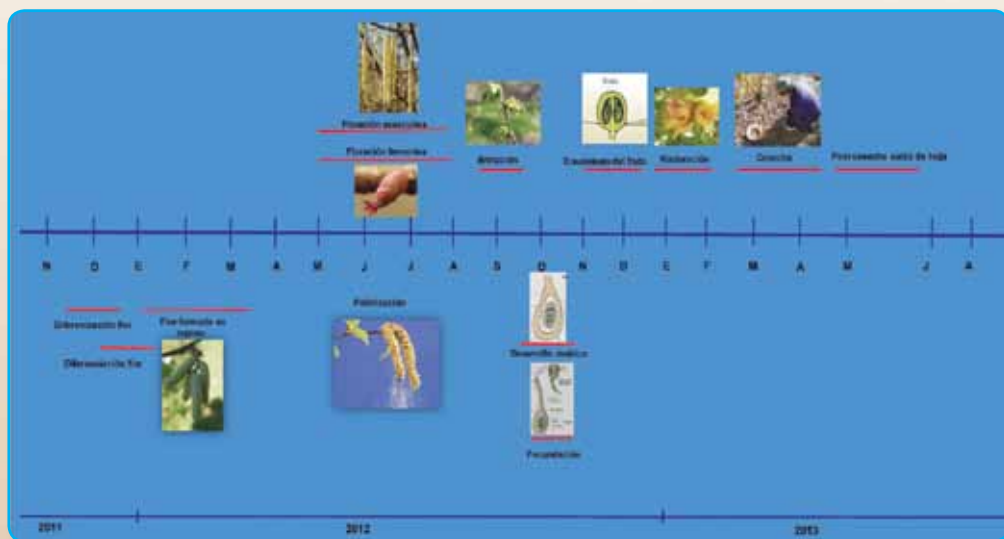


Figura 1. Estados fenológicos del avellano (*Corylus avellana* L), Región de La Araucanía.

En la mayoría de los cultivares de avellano las floraciones masculinas y femeninas no coinciden en el tiempo. Este fenómeno se denomina dicogamia.



La cantidad de flores masculinas y femeninas está relacionado con los siguientes factores: genotipo, longitud de brotes de un año mayor de 15 cm, buena penetración de luz (marco de plantación), máxima superficie foliar, mínimos daños en las hojas por plagas y enfermedades y buen estado nutricional.

2.7.3 Polinización y fecundación

Se denomina polinización al proceso de transporte o movilización del polen desde las anteras de las flores masculinas a los estigmas de las flores femeninas al momento de la antesis (plena floración). El polen del avellano, se caracteriza por ser de pequeño tamaño y muy liviano, facilitando su transporte a grandes distancias a través del viento (polinización anemófila).

La polinización de esta especie frutal ocurre en invierno, durante un periodo en que las condiciones ambientales no son lo más favorable para el desarrollo biológico del proceso. Sin embargo, el avellano está muy bien adaptado para realizarlo. Este cultivo presenta gran resistencia al frío, en particular de las flores femeninas que pueden soportar hasta -10 °C sin ser afectadas, mientras que las masculinas pueden llegar a tolerar hasta -16°C cuando se encuentran en desarrollo y hasta -7°C durante plena floración. Las flores femeninas tienen una gran superficie estigmática (elevada capacidad de retener gran cantidad de granos de polen). El tiempo de receptividad es de aproximadamente un mes y la cantidad de granos de polen, permite que ocurra la polinización. Determinadas condiciones ambientales como: vientos frecuentes en época de antesis, inexistencia de nieblas, lluvias, tiempo seco, días serenos y temperaturas suaves después de la polinización favorecen este proceso. En términos generales, la mayoría de los cultivares, tienen un elevado porcentaje de polen viable (50-80%). Sin embargo, algunas variedades presentan una translocación heterocigótica a nivel de un cromosoma por causas genéticas. Lo anterior, reduce el porcentaje de polen viable. No obstante, lo precedentemente señalado, una pequeña cantidad de granos de polen que lleguen a la superficie estigmática germina y se inicia sucesivamente el crecimiento del tubo polínico a través de los tejidos de los estilos en dirección a los ovarios. Su crecimiento es muy rápido, en 4 o 8 días llegan a la base del estilo.

Tubo polínico

Los granos de polen transportados por el viento a los estigmas germinan emitiendo un tubo polínico, desarrollados al interior de los tejidos del estilo. La germinación de los granos de polen se puede ocurrir en 2-3 días, alcanzando la base del pistilo, donde se desarrolla el ovario. En la germinación del grano de polen influyen positivamente los iones Ca^{++} y la cantidad de polen captado por los estigmas. Este fenómeno es conocido como “efecto masa” y se traducen en el hecho que la germinación y



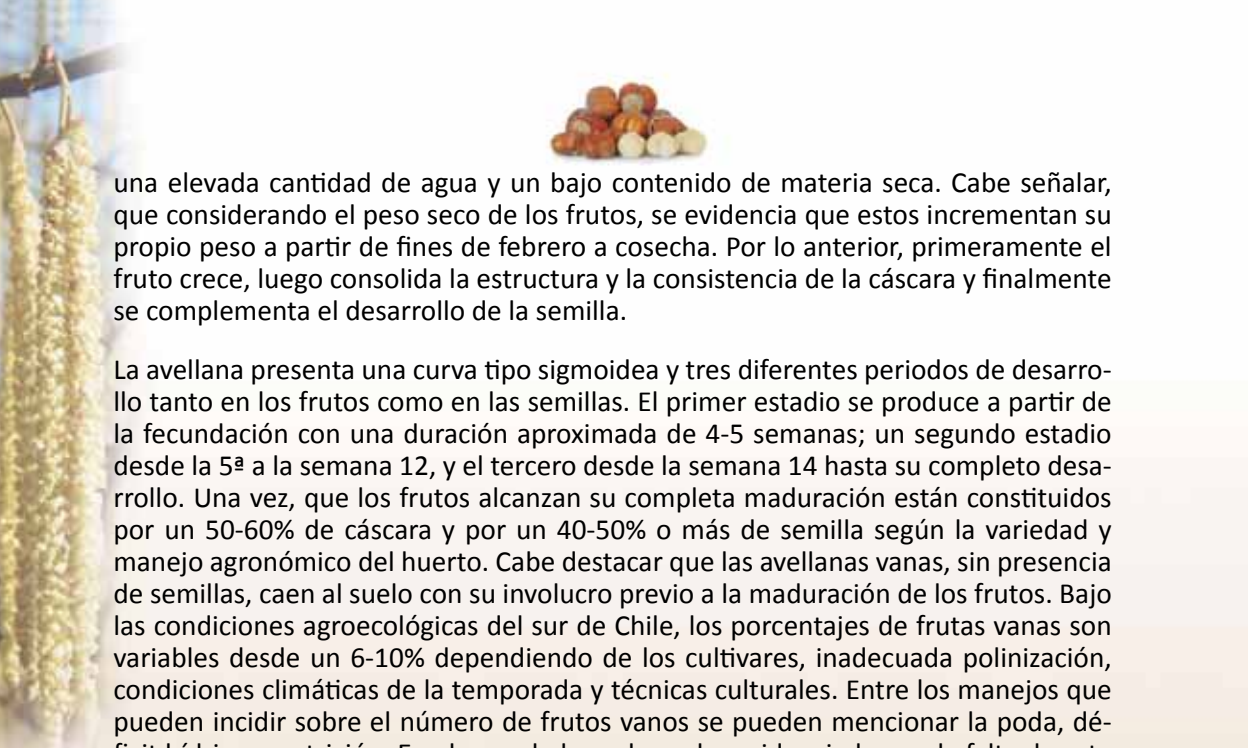
la velocidad de crecimiento de los tubos germinativos se incrementan al aumentar también la densidad de granos existente en los estigmas. El mecanismo bioquímico de la germinación es bastante complejo y prevé la liberación, por parte de la membrana de cada grano de polen, de proteínas que actúan en muy poco tiempo y la síntesis de otras proteínas y de ácidos nucleicos que intervienen, algunas veces, consecutivamente. El polen una vez llegado al estigma se hidrata y libera las denominadas “proteínas de reconocimiento” del tipo del estigma en el que está retenido. Un papel fundamental en el proceso germinativo es el que representan las auxinas (de las que el polen es muy rico) y otros reguladores del crecimiento, entre los que destacan en particular las poliaminas (putrescina, espermitina, espermidina).

El tubo polínico se forma durante el invierno. Este queda en estado de latencia y se encuentra protegido en la yema, activándose recién durante la primavera, esperando que se formen los óvulos para ser fecundados. El proceso fecundativo se desarrolla por ello en dos tiempos: al principio los granos de polen retenidos en los estigmas germinan y llegan con sus tubos polínicos a la base de los estilos. Posteriormente, una vez terminada la macroesporogénesis, se produce la gamia. Cabe destacar, que entre el período de polinización y fecundación transcurren alrededor de 4 a 5 meses. La fecundación se produce desde fines de noviembre a mediados de enero, período en que las condiciones climáticas son más favorables. El núcleo germinativo del polen se “funde” con la ovocélula para originar el embrión, mientras el núcleo vegetativo se une al núcleo secundario para desarrollar el endosperma. Una vez fecundados los óvulos se inicia su desarrollo. Al principio, durante las primeras 3 a 5 semanas después de la fecundación, la evolución del embrión es lenta. El crecimiento del fruto y la lignificación del endocarpio (cáscara) ocurre entre fines de enero y principios de febrero. Posteriormente, el embrión evoluciona con rapidez, alcanzando su volumen definitivo en aproximadamente 2 a 3 semanas, entre mediados de febrero y principios de marzo dependiendo de la variedad. Inicialmente, los tejidos son ricos en agua, el incremento de materia seca es gradual y constante hasta la cosecha. Los frutos maduros caen desprendiéndose del involucre y están constituidos por un 50 -60% de cáscara, un 40-50% de semilla, dependiendo de la variedad y de los manejos culturales.

El fruto del avellano, como se indicó con anterioridad, corresponde a un aquenio de diferentes formas, redondo en algunas variedades, como es el caso de Tonda di Giffoni, y alargado como Daviana. El fruto puede ser único o reunido en infrutecencias, es decir, se presentan en grupos de 2, 3 o más frutos.

2.7.4 Desarrollo de frutos

Luego de la fecundación, los frutos presentan un rápido crecimiento, alcanzando en el transcurso de un mes sus tamaños definitivos. Sin embargo, los tejidos contienen



una elevada cantidad de agua y un bajo contenido de materia seca. Cabe señalar, que considerando el peso seco de los frutos, se evidencia que estos incrementan su propio peso a partir de fines de febrero a cosecha. Por lo anterior, primeramente el fruto crece, luego consolida la estructura y la consistencia de la cáscara y finalmente se complementa el desarrollo de la semilla.

La avellana presenta una curva tipo sigmoidea y tres diferentes periodos de desarrollo tanto en los frutos como en las semillas. El primer estadio se produce a partir de la fecundación con una duración aproximada de 4-5 semanas; un segundo estadio desde la 5ª a la semana 12, y el tercero desde la semana 14 hasta su completo desarrollo. Una vez, que los frutos alcanzan su completa maduración están constituidos por un 50-60% de cáscara y por un 40-50% o más de semilla según la variedad y manejo agronómico del huerto. Cabe destacar que las avellanas vanas, sin presencia de semillas, caen al suelo con su involucro previo a la maduración de los frutos. Bajo las condiciones agroecológicas del sur de Chile, los porcentajes de frutas vanas son variables desde un 6-10% dependiendo de los cultivares, inadecuada polinización, condiciones climáticas de la temporada y técnicas culturales. Entre los manejos que pueden incidir sobre el número de frutos vanos se pueden mencionar la poda, déficit hídrico y nutrición. En el caso de la poda, se ha evidenciado que la falta de esta práctica para la renovación de madera frutal afecta negativamente la producción con una mayor presencia de frutos vanos. Adicionalmente, la carencia de agua puede estar asociada a un elevado porcentaje de frutos con estas características. Los frutos vanos también están relacionados al tipo de suelo, particularmente con la disponibilidad de potasio. Una adecuada disponibilidad de este elemento pareciera reducir el número de avellanas vacías. Junto a los factores genéticos y culturales, también los parámetros climáticos juegan un rol importante en este fenómeno. Se ha observado que bajas temperaturas y elevadas precipitaciones durante la fecundación están relacionadas con un alto porcentaje de frutos vanos.

2. 7.5. Autoincompatibilidad

La mayor parte de las variedades de avellano son autoincompatibles. El polen de una variedad no puede fecundar a las flores femeninas de la misma variedad. La causa de este fenómeno es de origen genético, controlado por una serie de alelos de un gen denominado S de esterilidad. En la práctica, la autoincompatibilidad ocurre cuando los granos de polen y los tejidos del estilo de un cultivar son portadores de los mismos alelos de incompatibilidad. Por ello, como se menciona posteriormente, se recomienda la presencia de más de un cultivar polinizador genéticamente compatible, que permita cubrir el período de floración femenina de la variedad principal.

La fecundación puede ser impedida u obstaculizada por diversos factores. La carencia de algunos elementos nutritivos, por ejemplo boro o calcio, pueden influir nega-



tivamente en la germinabilidad del grano de polen. Una insuficiente disponibilidad de nitrógeno o estados de competencia nutricional pueden causar aborto de los ovarios, la falta de horas frío puede provocar también esterilidad debido a alteraciones en el curso de la formación de los órganos reproductivos. Por otro lado, las lluvias persistentes durante la floración pueden lavar los estigmas y provocar la muerte de los granos de polen por plasmóptosis. A los casos de esterilidad citados, todos dependientes de causas climáticas o de manejo agronómico, hay que señalar los provocados por causas genéticas. Como por ejemplo, la incompatibilidad entre variedades o autoincompatibilidad.

GLOSARIO

Amentos: flores unisexuales, agrupadas en un eje a lo largo del cual se distribuyen las flores individualmente.

Andrógino: flor femenina en un cultivar, presenta receptividad de polen en forma más temprana a la liberación del polen por la flor masculina.

Anteras: estructuras sexuales de la flor masculina que contiene los granos de polen. Parte fértil del estambre, que produce el polen.

Alelo: uno de los dos o más estados alternos en los que se puede encontrar un gen, y que ocupan la misma posición en cromosomas homólogos.

Alelos múltiples: serie o conjunto de alelos que controlan la expresión de una característica.

Aminoácido: molécula orgánica que contiene un grupo amino y otro carboxilo. En los 20 aminoácidos comunes que conforman las proteínas, el grupo amino se encuentra unido al átomo de carbono alfa vecino del grupo carboxílico. (Su fórmula general es: $RCHNH_2(COOH)$).

Antésis: época de pleno florecimiento, cuando las anteras de la flor se expanden y libera el polen.

Auxina: compuestos que se caracterizan por tener la capacidad de inducir la elongación de los tallos.

Axila: ángulo agudo en que la hoja se une al tallo.

Bráctea: hoja modificada, relacionada con una flor.

Cáliz: nombre colectivo de todos los sépalos de una flor

Corola: corresponde a la segunda envoltura de la flor. Está constituida por una serie



de hojas modificadas denominadas pétalos. Suelen ser más grandes que los sépalos y de color llamativo, ejerciendo como éstos otras funciones, además de la protección de los órganos sexuales, como su perfume y color.

Cromátida: uno de los dos filamentos (unidos por el centrómetro) de un cromosoma, según aparece este último en la profase y metafase durante la mitosis.

Cromatina: red de material cromosómico en los núcleos que no se encuentran en proceso de división, contiene el DNA y las histonas.

Cromosoma: cuerpo nuclear definido que deriva de la cromatina y que porta los genes. Por lo general, los cromosomas son conspicuos durante la profase, y se separan longitudinalmente en cromátidas, durante la metafase de la mitosis.

Endosperma: órganos de reserva que tienen su origen en la fusión de los dos núcleos haploides del saco embrionario, con el segundo núcleo generativo del polen.

Escamas: tanto hojas modificadas que rodean y protegen el meristema apical del vástago, como pequeños fragmentos con forma de plato de material que componen la pared celular y que rodean las células de algunos protistas y algas.

Especie: conjunto de individuos estrechamente relacionados que por lo general se entrecruzan libremente, unidad de clasificación (taxón) que se encuentra por debajo del género.

Estambre: estructura (masculina) que produce el polen en las flores.

Estigma: parte terminal del carpelo encargado de recibir el grano de polen.

Estípula: apéndice similar a una hoja que se encuentra a cualquier lado de la parte basal de las hojas.

Estilo: porción alargada y estéril del carpelo ubicado entre el estigma y el ovario.

Fecundación: fusión de dos gametos que origina un cigoto. Los granos de polen transportados por el viento a los estigmas germinan emitiendo un tubo polínico, este se desarrolla en el interior de los tejidos del estilo hasta llegar a un óvulo y después al saco embrionario, en el interior del cual vierte los dos núcleos destinados a fusionarse respectivamente con la oósfera y con el núcleo diploide del endosperma. La unión de un núcleo espermático con el de una oósfera es una condición esencial para la realización del acto fecundativo (gamia). Una vez producida la fecundación el óvulo fecundado se transforma en semilla.

Fruto: ovario maduro con o sin estructuras accesorias.



Gameto: célula reproductiva primaria que se fusiona con otro gameto para producir un cigoto, célula sexual: espermatozoide (masculina) u óvulo (femenina).

Gametofito: organismo que se forma a partir de los productos de una división meiótica (esporas); produce los gametos.

Gene: unidad de herencia que controla uno o más caracteres hereditarios, actualmente se sabe que se ubica en los cromosomas y que están formados de núcleo proteínas (siendo más significativa, probablemente, la parte del ácido nucleico (DNA)).

Glomérulo: inflorescencia muy contraída y con forma globosa.

Grano de polen: microgametofito de las angiospermas, formado por una célula vegetativa que formará el tubo polínico, y la célula generatriz.

Homógama: se refiere a la sincronía (coincidencia) entre la liberación de polen por la flor masculina y receptividad de polen en la flor femenina en un cultivar.

Inducción: fenómeno en el cual se puede provocar (inducir) alguna respuesta (por ejemplo, la floración de las plantas) de un organismo por medio de cierto tipo de tratamiento (por ejemplo, una condición ambiental como la longitud del día); la respuesta continúa o incluso aparece por primera vez, después de que termina el tratamiento.

Inflorescencia: parte del vástago que porta las flores, disposición de las flores en un vástago.

Involucro: estructura formada por un conjunto de brácteas.

Meiosis: tipo de división celular en el que cada una de las cuatro células hijas producidas cuenta con la mitad del número cromosómico que tenía la célula madre. En plantas produce esporas.

Metafase: fase de la mitosis en la que los cromosomas se alinean a lo largo de la porción central (ecuador) del huso mitótico.

Mitosis: división del núcleo celular donde se producen células hijas que poseen el mismo número cromosómico que la célula original.

Monoico: planta cuyos órganos sexuales femeninos y masculinos se ubican en flores separadas de la misma planta.

Ovario: porción del carpelo o pistilo que contiene el óvulo.

Óvulo: gameto femenino.



Pericarpio: pared del ovario completa y desarrollada que se encuentra en el fruto.

Perianto: cáliz y corola de una flor, separados o no.

Polinización: transferencia de los granos de polen desde la antera del estambre hasta el estigma del carpelo.

Profase: fase de la división celular en la que se hacen visibles los cromosomas y la membrana nuclear desaparece.

Proteína: molécula relativamente grande compuesta por aminoácidos, unidos por medio de enlaces peptídicos.

Protógina: se refiere a un cultivar en que la flor femenina se encuentra receptiva antes que la flor masculina se encuentre liberando polen.

RNA (ácido ribonucleico): molécula compleja presente tanto en el núcleo como en el citoplasma, que tiene varias formas que resultan importantes en la síntesis de las proteínas.

Tricoma: pelo que se encuentra en la superficie de un tallo u hoja; se puede tratar de una estructura unicelular o multicelular compleja.

Tubo polínico: tubo que se forma por la germinación del grano de polen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Ciesielska J; Tylus K y Godles; A 1994. Impollinazione supplementare del nocciolo, Acta Horticulturae, pp 351: 275-281.

Ellena M (2010). Polinización y manejo del avellano europeo. Boletín INIA Nº 202, p. 88.

Heslop- Harrison (1975). Incompatibility and the pollen – stigma interaction. Annual Revieww of Plant Physiology 26: 403-425.

Mehlenbacher S.A (1997). Testing compatibility of hazelnut crosses using fluorescence microscopy. Acta Hortic. 445: 167-171.



CAPÍTULO 3.

ESTABLECIMIENTO DEL HUERTO.

Miguel Ellena, Paola Sandoval, Abel González y Gustavo Azócar.

3.1. Elección del sitio de plantación.

La factibilidad de obtener avellanas de alta calidad y producciones económicamente viables depende del ambiente o entorno donde se ubica el huerto, conformado tanto por clima como suelo. Cuando estos factores presentan condiciones favorables para la especie, los árboles pueden expresar su óptimo potencial o capacidad productiva. En el pasado reciente, en los primeros huertos de avellano, por falta de información se han considerado fundamentalmente factores externos a las condiciones edafoclimáticas de los sitios de plantación (servicios, poderes compradores, entre otros) respecto a las características propias del ambiente. Lo anterior, en muchos casos ha determinado plantar variedades (con sus respectivos polinizadores) con técnicas de manejo no adecuadas en dichas condiciones agroecológicas.

Tal comportamiento agronómico de las variedades, particularmente de los polinizadores, no correspondientes a su compatibilidad fenotípica “overlapping” y a su real potencial vegetativo y productivo, ha repercutido en los niveles productivos de los huertos. La elección del entorno adecuado para la plantación de huertos de avellano es primordial a objeto que el “ecosistema-huerto” que se establece en un determinado sitio o lugar tenga el mínimo posible de recursos extra prediales para lograr cosechas de calidad, económicamente aceptables. Cabe señalar que los factores ambientales son escasamente modificables, en particular el clima. Por lo anterior, es fundamental disponer de información del sitio de plantación, con antelación al establecimiento del cultivo, con el fin de tener condiciones adecuadas para lograr rendimientos económicos.

3.1.1. Factores climáticos: temperatura

La temperatura es un factor importante, que condiciona el establecimiento de un huerto comercial de avellanos. Esta influye sobre el comportamiento vegetativo-productivo de las plantas, ya sea durante el invierno, primavera y verano, tanto por



exceso como por falta de ella, en particulares procesos biológicos de los árboles. Las temperaturas bajas invernales y primaverales cuando disminuyen más allá de ciertos límites (variables de acuerdo a la variedad), pueden causar la muerte de yemas reproductivas, órganos florales y en situaciones más graves, la muerte de brotes nuevos poco lignificados.

Entre las variedades con mayor riesgo a las bajas temperaturas destaca Tonda di Giffoni ya que brota precozmente y está más expuesta a sufrir daños. Por lo anterior, para zonas con mayor posibilidad de ocurrencia de heladas temprano en primavera se debe considerar la factibilidad o no de establecer dicha variedad.

Esta especie presenta una amplia adaptabilidad a las condiciones climáticas. Sin embargo, el ambiente óptimo para el cultivo se encuentra en localidades con temperaturas medias anuales comprendidas entre 12 y 16°C, con las cuales se satisfacen las exigencias en frío de las yemas vegetativas con alrededor de 700- 1.200 horas inferiores a 7°C, para las yemas mixtas 700 horas y para las yemas que darán origen a los amentos (flores masculinas) se requieren 500 horas. Las temperaturas mínimas en invierno no deberán descender de -8°C, grado de resistencia de las flores femeninas. En relación a los tubos polínicos, estos se desarrollan incluso a temperaturas cercanas a los 0°C siendo los valores óptimos entre 10 y 20°C. A la brotación en primavera, cuando se produce la emergencia de 2 a 3 hojas de las férulas, el grado de resistencia a las bajas temperaturas es de -1°C. El avellano no tolera veranos excesivamente calurosos y secos, las heladas tardías en octubre-noviembre reducen el número de yemas en el racimo y brotes nuevos y tiernos. La ocurrencia tardía de heladas en primavera puede afectar seriamente el desarrollo vegetativo de los árboles atrasando de este modo su fase de formación y entrada en producción. En las zonas más bajas, los árboles durante el período de brotación son sensibles a la disminución de temperatura bajo 0°C que destruye los ápices vegetativos y las flores. En los tejidos dañados (necrotizados) ocurre con mayor frecuencia bacteriosis (*Xanthomonas*). Al estado de primera hoja el daño se produce con temperaturas entre -3,5 y -4,0°C, al estado de tres hojas a -2,5°C. Entre las variedades existen diferencias de sensibilidad a las heladas. Cabe destacar, que Tonda di Giffoni a pesar de brotar precozmente resiste más que Barcelona, que tiene brotación más tardía, y la variedad Tonda Gentile delle Langhe tiene una elevada sensibilidad al frío (heladas).

3.1.2. Requerimientos de frío

Es generalmente medido con la sumatoria de las temperaturas comprendidas entre 0 y 7°C. Es indispensable para establecer la adaptabilidad de las variedades al sitio o área de cultivo elegido. Los diversos órganos (amentos, yemas mixtas y yemas vegetativas) presentan diferentes requerimientos de frío. Los amentos requieren menos que las yemas mixtas, las vegetativas no se diferencian de las yemas mixtas.



Los amentos satisfacen en corto tiempo sus requerimientos de frío y, generalmente florecen antes que las inflorescencias femeninas en período de verano, desde finales de diciembre hasta mayo. La antesis femenina ocurre posteriormente a excepción de algunos cultivares como es el caso de Negret, donde florecen previamente las yemas mixtas. No obstante, en post- dormancia necesitan mayores requerimientos de calor.

3.1.3. Vientos

Los vientos excesivos pueden provocar daños en el desarrollo de los árboles, haciendo poco estable el anclaje de las plantas e influyendo negativamente en el crecimiento vegetativo y en la productividad de los huertos. Sin embargo, durante el proceso de antesis masculina (liberación de polen) es adecuada una brisa ligera a objeto de favorecer el transporte del polen hacia los estigmas de las inflorescencias femeninas. Por otro lado, vientos calurosos y aumentos en la evapotranspiración provoca deshidratación de los márgenes de las hojas. Por ello, en zonas que presenten frecuentemente vientos fuertes, es recomendable el establecimiento de cortinas corta viento, ya sean éstas naturales o artificiales. Cabe indicar que una dicha cortina puede proteger una distancia aproximada de 4 veces su altura.



Foto 1. Efecto negativo del viento sobre el crecimiento y desarrollo del árbol.



3.1.4. Luminosidad

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. Además, tiene gran influencia sobre la formación de las yemas reproductivas. La falta de luz, asociada a una escasa temperatura, causa reducción en el número de yemas reproductivas. Por el contrario, un aumento de ella y de la temperatura, dentro de ciertos límites, favorece la cuaja y la formación de las avellanas.



Foto 2. Huerto de avellanos con excesiva sombra y falta de luz al interior de la canopia.

3.1.5. Altitud y latitud

La altitud y latitud tienen una influencia indirecta sobre el comportamiento de los avellanos, particularmente sobre su producción y calidad de las avellanas. Lo anterior, debido a que pueden modificar de manera significativa las características del clima de una determinada área. Además, influyen sobre la fenología del cultivo (anthesis, brotación y maduración), postergando o atrasándola en la medida que las plantaciones se encuentren a una mayor cota. En la zona sur de Chile, una mayor altitud puede ayudar a evitar daños por heladas en primavera en los estados de cuaja y en aquellos estados iniciales de formación de frutos. Adicionalmente, pueden evitarse daños en brotes, especialmente en variedades de brotación más temprana, como es el caso de Tonda di Giffoni. También se pueden producir daños en brotes jóvenes y suculentos de plantas madres en vivero.



3.1.6. Distribución de lluvias

Los requerimientos hídricos de los árboles varían entre 80 y 100 mm mensuales desde aproximadamente noviembre a marzo. Estas cantidades de agua son fundamentales durante los primeros años del huerto, a objeto de facilitar el desarrollo vegetativo y disponer de árboles en producción al 4° año. Por otro lado, son preferibles períodos no lluviosos durante el proceso de polinización y cosecha.

3.1.7. Suelo

El suelo es uno de los factores que más influye en el crecimiento y productividad de los árboles, siendo de gran importancia en la nutrición de éstos y que a la vez actúa de soporte. El cultivo moderno del avellano tiene como fin desarrollar rápidamente las plantas durante la fase de formación del huerto, por lo que debe establecer de preferencia en suelos de textura media, con buena permeabilidad, evitándose suelos estratificados, con pobre infiltración en algunos horizontes o en el perfil completo. Una textura muy pesada (suelos arcillosos) o la presencia de una capa impermeable en el suelo, puede causar asfixia en las raíces, debido a la presencia de bajos niveles de oxígeno. La permeabilidad condiciona el movimiento del agua en el suelo, y por tanto, influye sobre la disponibilidad de oxígeno a nivel radicular. Lo anterior, provoca inicialmente la muerte de raíces más finas y si las condiciones anaeróbicas persisten, también comienzan a morir las raíces fibrosas o maduras, perjudicando la absorción y translocación de nutrientes a nivel radicular.

Por otra parte, la profundidad del suelo condiciona el desarrollo del cultivo. No obstante, ello su sistema radicular es relativamente superficial, de crecimiento lateral y de menor exploración en profundidad respecto a otras especies frutales. Lo anterior, está determinado por el tipo de suelo y la disponibilidad de riego tecnificado. La existencia de capas duras o rocosas a escasa profundidad, limitan el desarrollo de raíces y por lo tanto, la parte epígea de los árboles, atrasando el desarrollo de las plantas y la entrada en producción del huerto. Cabe destacar, que en suelos profundos de origen volcánico (trumaos) en la zona sur de Chile las plantas de avellano alcanzan mejor desarrollo tanto aéreo como radicular, respecto a suelos menos profundos y compactados (arcillosos, graníticos).



Foto 3. Huerto de avellanos 5° hoja, c.v Barcelona establecido en un suelo trumao profundo, zona de Pitruquén, Región de La Araucanía.

Por lo indicado, es de gran importancia elegir un suelo con buena permeabilidad, que permita una adecuada infiltración de agua a través del perfil de éste. Para la determinación práctica en terreno de la permeabilidad del suelo se recomienda efectuar una excavación de aproximadamente 1 m de profundidad y luego de ocurrida una lluvia de mediana intensidad, observar el comportamiento del agua depositada en el fondo del hoyo o calicata. Si el agua permanece por varios días apoyada en el fondo de la excavación, el suelo debería considerarse no apropiado para la plantación o en su efecto, debería contemplarse el diseño y construcción de un sistema de drenaje. El empleo de técnicas culturales como araduras profundas (p. ej. mediante arado topo), permite mejorar temporalmente la permeabilidad del suelo, creando un ambiente inicial muy favorable para el desarrollo de los árboles, en particular del sistema radicular en profundidad. Sin embargo, con el transcurso del tiempo las raíces eventualmente pueden presentar problemas en su desarrollo y sobrevivencia, especialmente en aquellas localizadas a mayor profundidad en el perfil.

3.1.8. Análisis de suelo

Previo a la plantación de un huerto de avellano, es necesario realizar un análisis químico del suelo para determinar su disponibilidad de nutrientes, siendo a la vez im-



portante realizar un análisis físico y fitosanitario del mismo para detectar eventuales problemas en el huerto.

3.1.9. Análisis químico

El análisis químico se efectúa para determinar el nivel de disponibilidad de los diversos nutrientes en el suelo, con el fin de aplicarlos en una cantidad adecuada al momento del establecimiento del huerto.

Con anterioridad al muestreo del suelo, es recomendable realizar una sectorificación del sitio de plantación mediante calicatas. Lo anterior, permitirá determinar la profundidad del mismo, como también problemas físicos (capas duras e impermeables que dificultan el movimiento del agua, napas freáticas superficiales, presencia de oxidaciones y toscas, capas arcillosas, grado de homogeneidad, otros).

Es recomendable determinar sectores homogéneos del suelo considerando los siguientes factores: pendiente, profundidad, textura, drenaje e historial del manejo agronómico del suelo. En relación al muestreo, cada sector debe ser sub muestreado (mínimo 20 veces). Cada sub muestra debe ser de un volumen idéntico, que posteriormente será homogenizado (mezcla) para obtener una muestra de aproximadamente 2 kilos, que se envía al laboratorio. Es importante que la muestra sea enviada a un laboratorio de calidad y confiabilidad. 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.

3.1.10. Análisis físicos

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 franco-arcilloso o franco-arenoso con baja densidad aparente. La estructura debe ser libre de compactación, tanto a nivel superficial como en profundidad. Además, el drenaje del suelo debe ser excelente, sin problemas de infiltración del agua y con una profundidad efectiva entre 0,9-1,0 m.

3.1.11. Análisis fitopatológico

Previo a la plantación de un huerto de avellano, es recomendable efectuar un análisis nematológico del suelo, ya que ciertos géneros de nemátodos, en ciertos niveles de concentración, pueden afectar seriamente el crecimiento y desarrollo del huerto. Los nemátodos fitoparásitos causan graves daños al sistema radical de los árboles, permitiendo la entrada de hongos patógenos que ocasionan pudriciones radiculares,



como por ejemplo *Phytophthora*, entre otros. Adicionalmente, es conveniente realizar un monitoreo de presencia de plagas subterráneas al estado larvario que pudiesen ocasionar serios daños a las plantas a nivel de su cuello y sistema radicular. Lo anterior, permite tomar medidas preventivas previas al establecimiento de los árboles.

3.1.12. Preparación del suelo para la plantación

Antes de realizar la plantación se requiere que el suelo esté “bien preparado”, que permita un buen desarrollo de los árboles y la mecanización de las futuras labores del huerto. Los trabajos de preparación del terreno, para establecer las plantas, se inician en verano, en especial en el caso de los más compactados, cuando el terreno está seco y por lo tanto, en condiciones favorables de cohesión y adhesión. Previo a efectuar esta labor, es necesario acondicionar el suelo 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 animal y maquinarias. Esta labor permitirá un mejor drenaje y con ello, se evitará la asfixia radicular a consecuencia del reducido contenido de aire en el suelo.



Foto 4. Rastra niveladora de suelo



Foto 5. Rastras de discos para preparación de suelo.

La preparación adecuada del suelo, junto a la realización de un análisis químico, tiene como finalidad lograr un adecuado desarrollo de los árboles de avellano en fase de formación, en particular de su sistema radicular. Un buen desarrollo y sanidad de son la base para obtener un adecuado crecimiento vegetativo de las plantas durante la etapa de formación del huerto y de esta manera, anticipar la entrada en producción del huerto.

3.1.13. Laboreo profundo

Esta labor debe efectuarse previo al establecimiento del huerto y consiste en el laboreo del suelo a través de medios mecánicos hasta una profundidad de 70 a 1,20 cm. Dicha técnica cumple diferentes funciones: mejorar el suministro de nutrientes en el suelo, mediante la localización de fertilizantes en profundidad (fertilización de fondo), remover raíces de un cultivo arbóreo previo, mullir y airear el terreno, otro. Por otra parte, si el suelo está formado por capas de arena y arcilla(o limo), el laboreo profundo o de desfonde permite mezclar estas capas y de esta manera, el perfil es más uniforme y mejora físicamente el terreno. Sin embargo, en suelos pesados (arcillosos), la labor de desfonde puede causar la formación de una capa impermeable (pie de arado) en la zona de mayor profundidad alcanzada por el arado.

En la zona sur, en situaciones de lluvias abundantes y prolongadas, esta capa puede causar encharcamientos y por tanto, asfixia radicular. Por ello, en suelos pesados



es recomendable realizar un desfonde más profundo, que será complementado con otras labores de aradura y rastrajes superficiales. La época de verano es más adecuada para efectuar este trabajo, especialmente para suelos compactados, cuando estos se encuentran con poca humedad y en condiciones favorables de cohesión y adhesión.

3.1.14. Fertilización de pre- plantación

La fertilización de pre- plantación o de base o de fondo, tiene como fin construir una reserva adecuada y homogénea de nutrientes como fósforo, potasio, magnesio, calcio u otros (micronutrientes, aplicación de guano, compost, otros.) en la unidad de suelo. Particularmente en terrenos de baja fertilidad, entre los cuales aquellos de textura arenosa como por ejemplo de las regiones del Bío-Bío y La Araucanía norte (serie Tijeral, comuna de Renaico) y de algunos suelos de la pre cordillera andina de La Araucanía sur (ejemplo en comuna de Melipeuco).

La fertilización de pre-plantación se realiza junto con la técnica de desfonde o laboreo profundo, permitiendo incorporar los fertilizantes en profundidad (70 a 120 cm). Para efectuar una fertilización adecuada se deben conocer con antelación las características del suelo donde se van a plantar los avellanos. Lo anterior, se logra mediante un muestreo del suelo. Debe realizarse por estratas u horizontes hasta una profundidad de 70 cm, por lo menos a dos profundidades (0-20cm) y (50-70cm) o más. En seguida debe efectuarse un análisis de estas muestras en el laboratorio e interpretarse por un ingeniero agrónomo especialista en nutrición arbórea. Adicionalmente, es recomendable disponer de información de estudios cartográficos del suelo a intervenir.

El aporte de materia orgánica, incorporada como fertilizante de base en otoño, antes de la plantación (a modo de ejemplo 40 a 80 ton/ha) de estiércol maduro, o de productos análogos como compost, con una relación carbono/nitrógeno no inferior a 15, 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. Además, la materia orgánica estimula la actividad microbiana del suelo. 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), también de fertilidad en suelos de los Ángeles, Región del Bío-Bío y Renaico (La Araucanía norte), para el establecimiento y mantenimiento de huertos de avellano.

En suelos “livianos”, donde el fenómeno de mineralización resulta más bien intenso, se aconseja 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.



● **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 tener escasa movilidad a lo largo del perfil del suelo, pueden presentarse diversas situaciones relacionadas con las concentraciones presentes en éste.

● **Dotación elevada:** en este caso es recomendable emplear fertilizantes minerales, en particular para variedades de elevado vigor. La aplicación de éstos 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 del huerto.

● **Dotación normal:** se recomienda aplicar dosis de 200 a 250 kg de fósforo (P_2O_5)/ha y 150 a 200 kg de potasio (K_2O)/ha, previo análisis químico 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 recomienda aplicar dosis de 300 a 350 kg de P_2O_5 /ha en terrenos con bajo nivel de disponibilidad de fósforo (menores de 10ppm de P Olsen). A la vez se aconseja emplear 250 a 300 kg de K_2O /ha en suelos con niveles de K intercambiable inferiores a 0,4 cmol +/Kg. Lo anterior se indica como sugerencia, debido a que cada suelo requiere un análisis químico para definir un plan de fertilización correcto.

● **Textura:** en suelos con elevada fracción arena (p. ej. suelos arenosos de la comuna de Los Angeles, Región del Bío-Bío), 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 frecuentes de fertilización en cobertera, especialmente por fertirrigación o a aplicación de fertilizantes de lenta entrega.

3.1.15. Labores de suelo

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



Foto 6. Laboreo superficial del suelo.

3.1.16. Época de plantación

La plantación puede efectuarse desde otoño (caída de hojas) hasta finales de invierno o principios de primavera (plantas a raíz desnuda), antes del estado fenológico de yema hinchada. Sin embargo, las plantas en contenedores o macetas pueden plantarse más tarde en primavera o en otoño previo a la filoptosis. El establecimiento más temprano de las plantas permitirá además una mejor cicatrización de las heridas causadas durante el trasplante. La época más adecuada para realizar la plantación es otoño. De acuerdo a investigaciones realizadas por el autor, al efectuar el establecimiento en dicho momento el sistema radicular comenzará a desarrollarse en el suelo inmediatamente, encontrándose los árboles nuevos en condiciones más favorables para la reanudación vegetativa en la primavera siguiente. Si no es factible de efectuar la plantación en otoño ella se puede realizar desde inicios a finales de invierno o a principios de primavera, antes de la apertura de las yemas. Con las plantas a raíz desnuda plantaciones más tardías en primavera provocan 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. Lo anterior, sumado en general a un menor desarrollo de algunos cultivares polinizadores, en particular para ecotipos se-



leccionados en la zona sur. No obstante, como ya se mencionó, es posible plantar los árboles más tarde en primavera con plantas en cepellón o raíz cubierta. Esta tipología de árbol también se puede establecer temprano en otoño disponiendo de riego, a objeto de permitir al sistema radicular comenzar a desarrollarse en el suelo y lograr un mejor crecimiento de las plantas en la primavera siguiente.



Foto 7. Plantas de avellano en contenedores para plantaciones tempranas en otoño o tarde en primavera.

3.1.17. Manejo de las plantas

Durante el traslado de las plantas desde el vivero al lugar de plantación, es recomendable acondicionar el suelo para evitar deshidratación y daños mecánicos. En el sitio de plantación, en el caso de establecer inmediatamente los árboles luego del traslado, éstos deberán manejarse en zanjias o trincheras cubriendo la totalidad de sus raíces con tierra húmeda (de preferencia de textura liviana) o con aserrín, evitando dejar espacios con aire que provoquen deshidratación o secado de éstas.



3.1.18. Plantación

Para la plantación de los árboles de avellano se debe preparar el suelo “abriendo” hoyos profundos (40-50 cm) con un ancho de 40 cm en la zona donde se ubican los árboles. Dicha 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 la toma de fuerza o potencia de un tractor.



Foto 8. Hoyadura

En el fondo del hoyo de plantación es necesario distribuir y localizar 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, después de una capa de tierra finamente desmenuzada. Es conveniente emplear fertilizantes recubiertos y de lenta liberación de nutrientes para lograr un mejor aprovechamiento de éstos y evitar daños causados en las raíces por concentración de sales en un espacio reducido de suelo. En cada hoyo de plantación, parcialmente relleno, se localiza la planta, con la precaución de mantenerlo vertical y con el cuello sobre la superficie del suelo. A continuación, se completa el llenado del hoyo comprimiendo la tierra que se va colocando gradualmente, para que ella quede bien adherida a las raíces.



Foto 9. Plantación.

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. Además, para el caso de árboles a raíz desnuda, antes de la plantación deben someterse a podas moderadas de raíces, con el fin de eliminar las 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.

3.1.19. Densidad de plantación

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

Entre los principales factores a considerar destacan:

- **Vigor de la variedad:** se deberá utilizar una menor densidad y mayor distancia de plantación para los cultivares más vigorosos (ej. Barcelona), que las variedades de menor vigor (ej. Tonda Romana, Tonda Gentile delle Lanche, Trebizonza, Tombul, Tonda di Giffoni, entre otras).



- **Fertilidad del suelo:** se emplearán menores densidades y mayores distancias de plantación en aquellos suelos más fértiles. Este es un factor que tendrá gran importancia en la vida productiva futura de los árboles.

3.1.20. Marco de plantación

Se refiere a la distancia que quedará entre los árboles una vez plantados. Se debe preferir 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 sólo sentido



Foto 10. Detalle de un marco de plantación rectangular, c.v Barcelona, comuna de Gorbea.
Menor distancia en la sobre hilera y mayor distancia en la entre hilera.

Para calcular el número de árboles requeridos para un huerto de avellanos con un determinado marco y sus respectivas distancias, debe calcularse el área que ocupará cada árbol y dividirse la superficie total a establecer por el valor resultante del área de cada planta. Por ejemplo, si la superficie a plantar es de 1 hectárea y el marco de plantación elegido es un rectángulo con distancias de 5 x 4 m, el número de plantas necesarias es: $10.000 : 20 = 500$ árboles por hectárea.



3.1.21. Evolución de los marcos de plantación

En frutales, la tendencia actual es densificar los huertos con el fin de anticipar la entrada en producción, aumentar los rendimientos por unidad de superficie y amortizar rápidamente los huertos. Sin embargo, en el tiempo, las plantaciones intensivas 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 toquen entre si y se produzca un desplazamiento de la zona productiva a la parte alta del árbol, eliminándose aquellos árboles en exceso o recurriendo a la poda de éstos.

Se puede comenzar la plantación con el denominado “marco dinámico”. Por ejemplo, con densidades de 800 plantas/ha y cuando se comienza a resentir la capacidad productiva, se elimina la mitad de los árboles, resultando una densidad definitiva de 400 plantas/ha. Cabe destacar, que en el futuro próximo, estarán disponibles nuevas variedades de avellano de menor vigor (árboles compactos), tanto autoenraizados como de combinaciones de portainjertos/variedades de menor vigor, que permitirán densificar los huertos sin tener que recurrir a la extirpación de árboles.



Foto 11. Huerto en alta densidad, mediante uso de marco dinámico.



Estudios realizados por INIA Carillanca sobre el efecto de la densidad de plantación y el comportamiento vegetativo-productivo de los árboles de avellano de los cultivos Barcelona y Tonda di Giffoni han evidenciado que la altura del eje en la variedad Barcelona es superior respecto a Tonda di Giffoni desde la primera temporada de establecimiento del huerto experimental (2009-2012). Barcelona, se caracteriza por presentar un hábito de crecimiento cerrado, expandido hacia la entre hilera y elevado vigor, mientras que Tonda di Giffoni tiene vigor intermedio y hábito de crecimiento cerrado hacia la verticalidad, lo cual es una característica genética propia de la variedad.

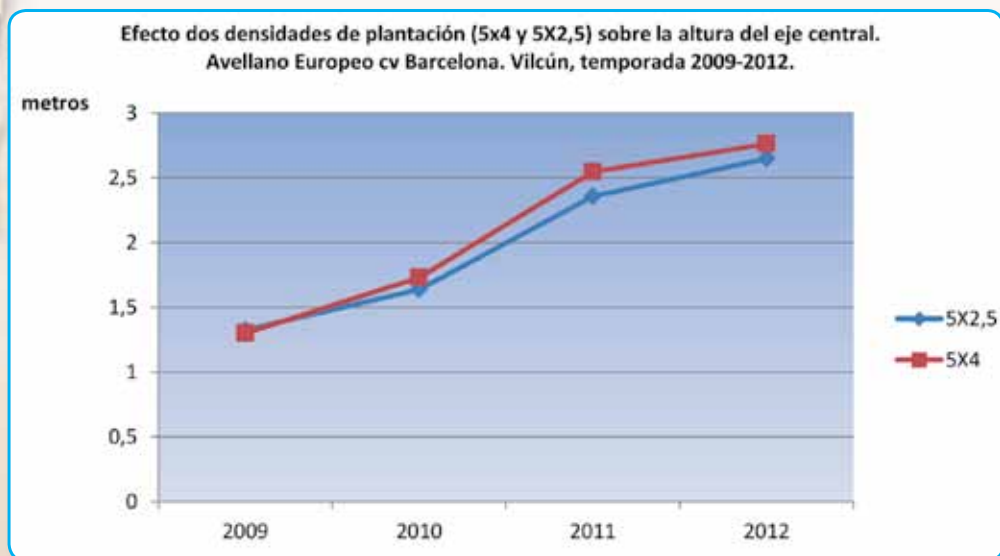


Figura. 1. Efecto de dos densidades de plantación (5 x 4 y 5 x 2,5 m) sobre la altura del eje central, c.v Barcelona chilena, comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, temporada 2009-2012.

La mayor altura del eje central del árbol, se ha presentado para la menor densidad de plantación (500 árboles/ha) que corresponde a un marco de plantación de 5 x 4 m, entre y sobre hilera respectivamente, mientras que con la mayor densidad de plantación (800 árboles/ha) con un marco de 5 x 2,5 m se ha observado un menor crecimiento en altura del eje principal del árbol. Lo anterior, se puede atribuir a que la mayor densidad de plantación puede ocasionar una mayor competencia entre las plantas por nutrientes, agua, luz y espacio disponible para expresar su crecimiento vegetativo. No obstante, lo anterior, estos son resultados preliminares ya que el huerto es aún demasiado joven y no ha expresado totalmente su desarrollo.

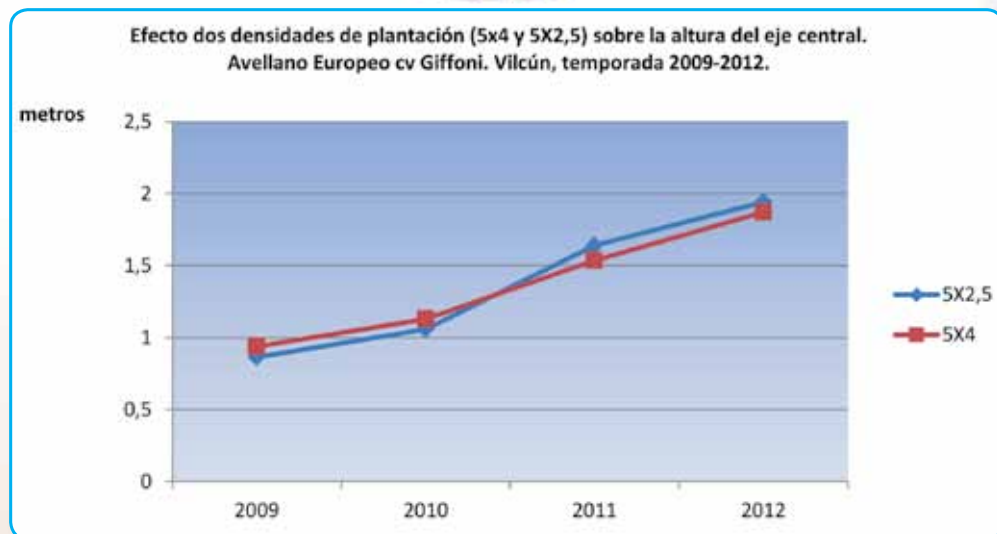


Figura 2. Efecto de dos densidades de plantación 500 y 800 árboles/ha (5x4 y 5x2,5 m) sobre la altura del eje central, c.v Tonda di Giffoni, comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, temporada 2009-2012.

En la variedad Tonda di Giffoni se ha observado que en las dos primeras temporadas de crecimiento (2009-2010) la mayor altura del eje central correspondió a la menor densidad de plantación (500 árboles/ha). A partir del tercer año en adelante (temporada 2011-2012) la mayor altura del eje central se ha presentado para la mayor densidad de plantación (800 árboles/ha) o menor marco de implantación del huerto (5 x 2,5m). Cabe destacar, que esta variedad tiene un hábito de crecimiento cerrado hacia la verticalidad, como ya se indicó y que es probable que, en la medida en que los árboles se desarrollan presenten un crecimiento del eje con más intensidad en altura, en busca de mayor disponibilidad de luz para satisfacer sus requerimientos fotosintéticos. Adicionalmente, esta especie es de tipo heliófoba, es decir que “gusta del sol”.

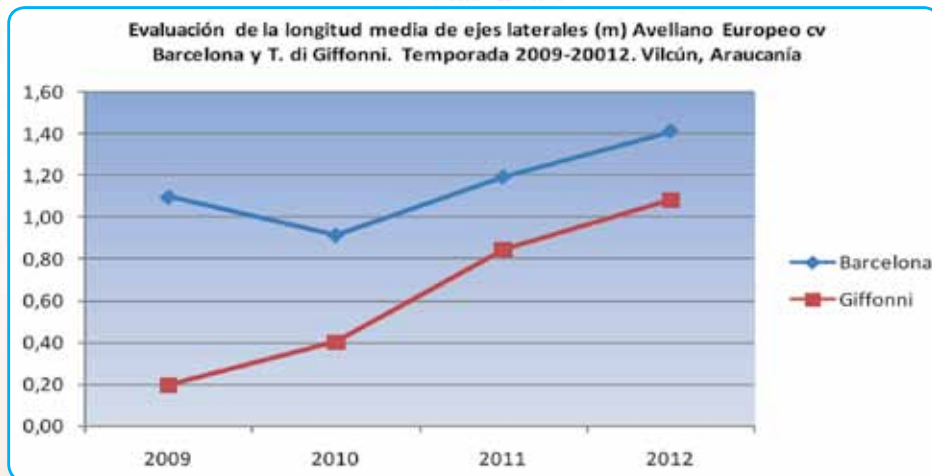


Figura 3. Evaluación de la longitud media de ejes laterales (m), avellano, c.v Barcelona y Tonda di Giffoni. Temporada 2009-2012, comuna de Vilcún, Región de La Araucanía.

Durante las cuatro temporadas de estudio, Barcelona chilena ha presentado una mayor longitud de ejes laterales que Tonda di Giffoni. Lo anterior, se debe fundamentalmente a las características propias de la variedad como es su elevado vigor vegetativo de carácter genético.

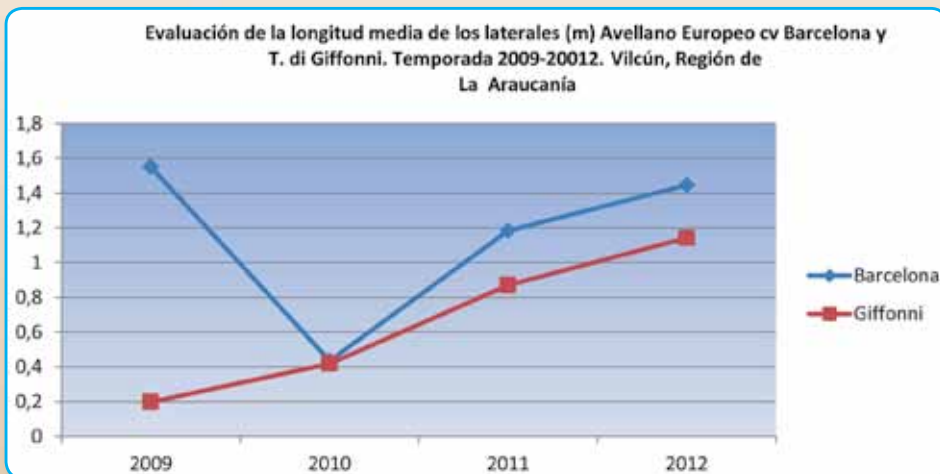


Figura 4. Efecto de dos densidades de plantación (500 y 800 árboles/ha) (5 x 4 y 5 x 2,5 m) sobre la longitud media de los ejes laterales (m), avellano, c.v Barcelona chilena, comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, temporada 2009-2012.



La mayor longitud media de los ejes laterales se ha observado para la menor densidad de plantación (500 árboles/ha) con el marco más amplio (5 x 4m). Al contrario para la mayor densidad de plantación (800 plantas/ha) (5 x 2,5 m) se ha determinado una menor longitud de estos órganos en las cuatro temporadas de crecimiento vegetativo evaluadas. Lo anterior, puede deberse al elevado vigor de Barcelona chilena, donde un mayor espacio disponible le permite expresar más su crecimiento; mientras que en densidades mayores de plantación ocurre una mayor competencia por factores como espacio, luz, agua y nutrientes disponibles para el desarrollo de la planta. Estos resultados son de carácter preliminar debido a que los árboles aún no han completado totalmente su crecimiento.

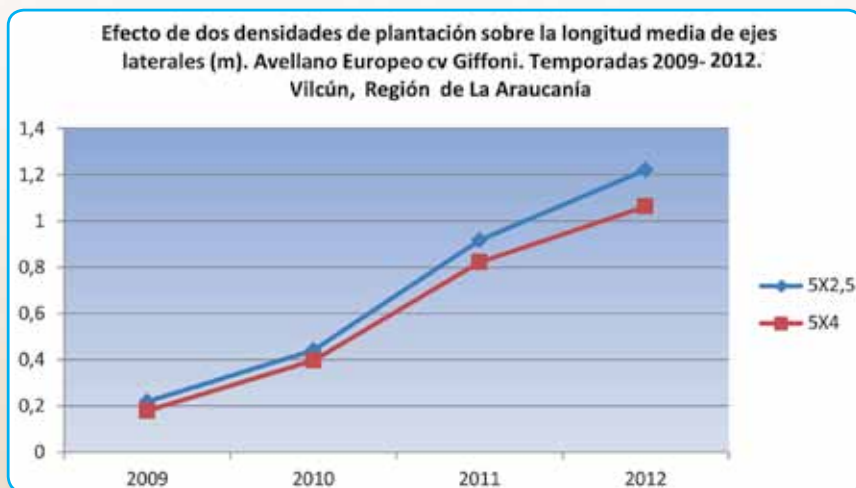


Figura 5. Efecto de dos densidades de plantación (500 y 800 árboles/ha) (5 x 4 y 5 x 2,5 m) sobre la longitud media de los ejes laterales (m), avellano, c.v Tonda di Giffoni, comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, temporada 2009-2012.

La variedad Tonda di Giffoni durante las cuatro primeras temporadas de crecimiento ha expresado un mayor desarrollo en longitud de los ejes laterales con la mayor densidad de plantación (800 plantas/ha), respecto del tratamiento con menor densidad de plantación (500 árboles/ha). Esta variedad, como se ha indicado, presenta un vigor intermedio y un marcado hábito de crecimiento vertical. Probablemente, tales características, propias del cultivar, a mayor densidad se ha producido un mayor crecimiento de los laterales ocupando de esta manera más rápidamente el espacio asignado, lo que puede traducirse en una mayor precocidad de la entrada en producción del huerto. Cabe señalar, que huertos modernos de diferentes especies frutales en alta densidad han permitido acortar el período juvenil de los árboles y “pasar más



rápido” a la fase reproductiva. Sin embargo, los árboles aún no han completado su pleno desarrollo por lo que estos resultados son sólo de carácter preliminar.

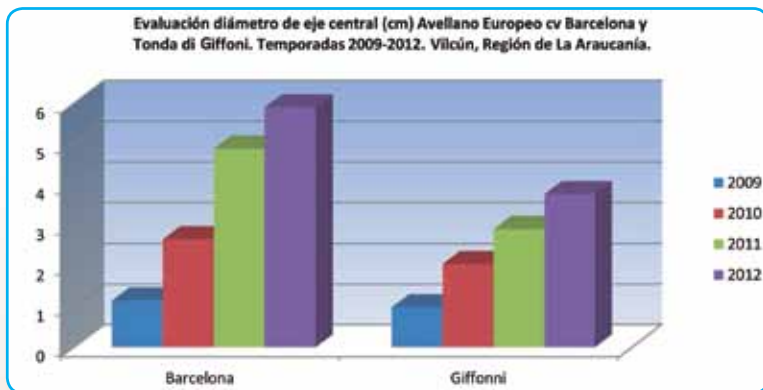


Figura 6. Promedio de diámetro del eje central (cm), avellano, c.v Barcelona chilena y Tonda di Giffoni, comuna de Vilcún, Región de La Araucanía.

En las cuatro primeras temporadas de crecimiento vegetativo de los huertos experimentales (2009-2012), la variedad Barcelona chilena ha presentado un mayor crecimiento en diámetro del eje central (30cm), desde el nivel del suelo respecto al cultivar Tonda di Giffoni. Esto se debe a que Barcelona chilena tiene mayor vigor que Tonda di Giffoni, expresado en un mayor desarrollo del diámetro.



Figura 7. Efecto de dos densidades de plantación (500 y 800 árboles/ha) (5 x4 y 5 x 2,5m) sobre el diámetro promedio del tronco o eje central (cm), c.v Barcelona chilena, comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, temporada 2009-2012.



El estudio ha determinado un mayor crecimiento del diámetro del tronco o eje central del árbol de la c.v Barcelona chilena para la menor densidad de plantación, pero sin grandes diferencias entre tratamientos. Cabe señalar que dichos resultados son sólo de tipo preliminar, ya que las plantas aún no han completado su fase de desarrollo.



Figura 8. Efecto de tres densidades de plantación (500 , 666 y 800 árboles/ha) (5 x 4, 5 x 3 y 5 x 2,5 m) sobre la producción, c.v Barcelona chilena y Tonda di Giffoni, comuna de Vilcún, Región de La Araucanía.

En las dos variedades, la mayor producción por unidad de superficie se ha determinado con la mayor densidad de plantación (800 árboles/ha) y menor marco (5 x 2,5 m), con aumentos importantes en la producción acumulada (kg/ha) de dos temporadas de evaluación (2011-2012). Al existir una mayor cantidad de árboles por hectárea aumenta la producción por unidad de superficie. Estos resultados indican, que una mayor densidad de plantación permite aumentar fuertemente los rendimientos durante los primeros años en huertos de avellano y por consiguiente, la rentabilidad de los huertos, considerando los relativos bajos costos de establecimiento del cultivo comparado con otras especies frutales como arándanos, cerezos y manzanos.

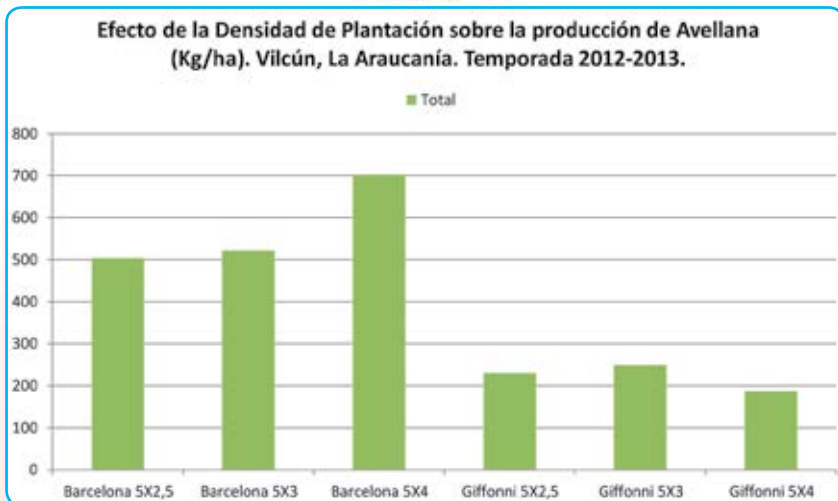


Figura 9. Efecto de la densidad de plantación sobre la producción de avellana (kg/ha). Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía. Temporada 2012-2013.

En Barcelona durante la temporada 2012-2013 se ha producido un aumento en la producción promedio (702,2 kg/ha) para la menor densidad de plantación (5x4m) respecto a las densidades mayores (5x3, 5x2,5 m) que expresaron menores rendimientos (503,1 y 521,5 kg/ha), contrario a lo ocurrido durante las primeras temporadas de producción (2010-2012). Lo anterior se podría atribuir a un fuerte vigor expresado por la variedad y mayor competencia entre plantas para las densidades menores (5x3 y 5x2,5 m) desde el año 5° de plantación.

A la luz de estos resultados no sería aconsejable aumentar la densidad de plantación sobre las 500 plantas/ha para la variedad Barcelona autoradicada, debido al fuerte vigor que presenta la variedad precozmente, no justificando los mayores costos que implica un mayor densidad de plantación.

En relación a la variedad Tonda di Giffoni se evidencia un mayor rendimiento 249,4 y 228,9 kg/ha para las mayores densidades de plantación (5x3 y 5x2,5 m) respecto a la menor densidad de plantación 5x4m que solo alcanzó 187,2 kg/ha al 5° año de plantación. Estos resultados se deben a un menor vigor de la variedad y a la particular arquitectura de la planta, con un crecimiento más cerrado y menos expandido en comparación a la variedad Barcelona. Cabe destacar que los rendimientos alcanzados por el huerto son bajos respecto a la edad de las plantas debido fundamentalmente a factores climáticos adversos con bajas temperaturas durante el periodo de cuaja (noviembre 2012). Adicionalmente las bajas temperaturas causaron una mayor



incidencia de daño fisiológico, como Brown Stain (mancha café) con pérdidas entre un 15-30% de fruta en diferentes localidades de la zona sur de Chile.

Cuadro 1. Efecto de tres densidades de plantación (500, 666 y 800 árboles/ha) (5 x 4, 5 x 3 y 5 x 2,5 m) sobre la producción, c.v Barcelona chilena y Tonda di Giffoni, comuna de Vilcún, Región de La Araucanía

Promedio de Rendimiento (Kg/Ha)	PRODUCCIÓN ANUAL			
	2011	2012	2013	Rendimiento Acumulado
Barcelona	17,3	162,1	583,8	763,3
5X2,5	17,9	204,9	503,5	726,3
5X3	22,1	160,6	521,1	703,8
5X4	11,8	119,1	740,6	871,5
Giffonni	5,6	194,7	220,8	421,0
5X2,5	6,0	202,3	229,0	437,2
5X3	5,3	276,6	249,5	531,3
5X4	5,4	120,8	187,2	313,5

Ensayo investigación, Fundo Santa Teresa, Luis A. Taladriz, localidad Vilcún, Región de La Araucanía.

En relación a la producción en la variedad Barcelona se ha evidenciado un mayor rendimiento acumulado en 3 temporadas de producción (2011-2013) para las menores densidades de plantación (5x4 m). Por otra parte, para la variedad Tonda di Giffoni se ha observado un mayor rendimiento acumulado (531,3 y 437,2 kg/ha) para los menores marco de plantación (5x3 y 5x2,5 m) debido a la arquitectura y menor vigor de la planta como se indicó.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio es posible aumentar la densidad de plantación sobre las 500 plantas/ha para la variedad Tonda di Giffoni, dado un mayor rendimiento desde los primeros años de producción lo que permitiría amortizar más rápidamente los costos de inversión de los huertos.



Cuadro 2. Efecto de tres densidades de plantación (500, 666 y 800 árboles/ha) (5 x4, 5x3 y 5x2,5 m) sobre el peso semilla (gr) y rendimiento al descascarado (%) c.v Barcelona chilena y Tonda di Giffoni, comuna de Vilcún, Región de La Araucanía.

Valores		Promedio de Rendimiento Descascarado (%)
Promedio Peso Semilla PS (gr)		
Barcelona	1,08	39,28
5x2,5	1,07	38,52
5x3	1,04	39,36
5x4	1,13	39,94
Giffoni	1,16	44,23
5x2,5	1,13	46,05
5x3	1,15	43,34
5x4	1,20	43,40
Total general	1,12	42,04

Para ambas variedades en diferentes marcos de plantación evaluados no se apreciaron diferencias importantes en el peso promedio de la semilla y el rendimiento al descascarado. Estos parámetros son genéticamente dependientes. Cabe destacar que la variedad Tonda di Giffoni ha presentado un rendimiento al descascarado significativamente mayor respecto a Barcelona, cuyos resultados concuerdan con estudios extranjeros. Esto se debe a que la variedad Tonda di Giffoni presenta una cáscara más delgada comparada con Barcelona con mejores características industriales.

3.1.22. Trazado de plantación

Previo 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, tomando 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 guardan la proporción de 3, 4 y 5 metros. Se deben tensar las cuerdas y hacerlas coincidir en sus extremos. Con ello, se forma un ángulo de 90°. Luego, colocar estacas sobre la línea madre y la línea perpendicular marcando la posición de cada árbol. De esta manera se marca toda la superficie de suelo a plantar, empleando una cinta y un listón plantador.

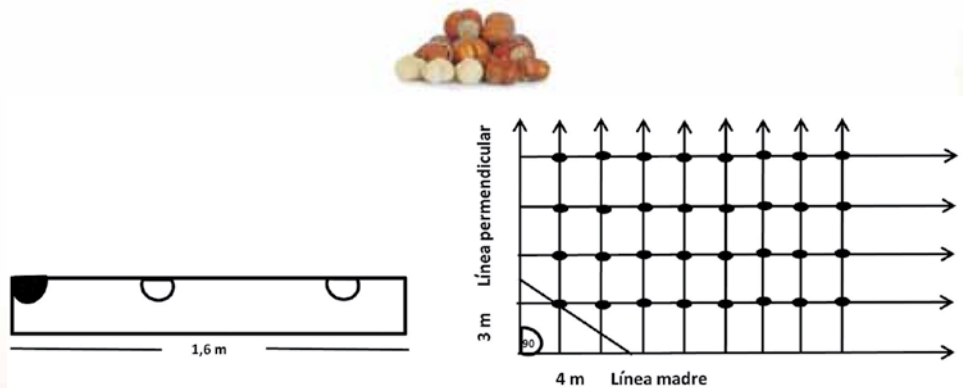


Figura 10. Listón plantador y trazado de plantación



Foto 12. Marcado de la superficie a plantar

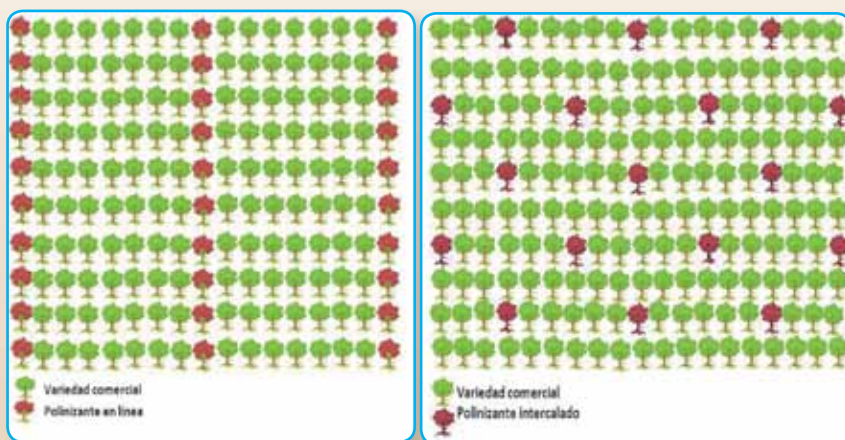


3.1.23. Distribución espacial de los cultivares polinizadores en el huerto

Como ya se ha indicado en este manual, el avellano 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, haciendo coincidir sus estados fenológicos (floración masculina del polinizador con la floración femenina de la variedad principal). Además, ser buena productora de polen e idealmente producir frutos de calidad y comercialmente válidos para la industria agroalimentaria o para mesa.

En plantaciones comerciales de avellano para una variedad principal es necesario establecer entre un 10 a un 15% de cultivares polinizadores, idealmente 3 a 4, a modo de cubrir completamente el período de receptividad del estigma de la variedad principal o base. Estos pueden distribuirse en zig-zag o en hileras completas cada 8-9 hileras de la variedad principal. Se recomienda esta última modalidad para facilitar la separación de las avellanas a la cosecha.

Vientos
Predominantes



Figuras 11 y 12. Distribución de polinizadores

Otra alternativa es el sistema Oregon, en el cual cada 3 hileras de la variedad principal se establece una hilera con las variedades polinizadoras. Estas últimas son plantadas en la fila en forma alternada, cada 3 polinizadores corresponden 2 plantas de la variedad principal y así sucesivamente.

De acuerdo a estudios realizados en el extranjero y a nivel nacional, 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.



La orientación de las hileras de los cultivares polinizadores debe considerar el sentido de los vientos predominantes durante el periodo 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. Cabe señalar, que la floración de esta especie ocurre en pleno período invernal y una adecuada diseminación del polen ocurre una vez alcanzada una menor humedad ambiental, generalmente a medio día y con ausencia de lluvias. En la zona sur, el viento predominante bajo estas condiciones es el noroeste, que permite generar libre flujo de polen para una buena polinización anemófila (es decir, a través del viento).

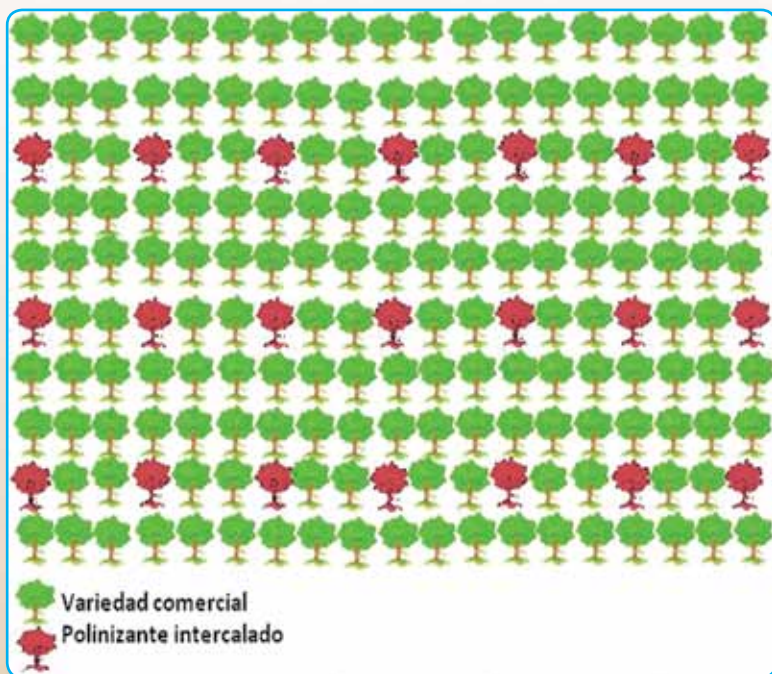


Figura 13. Sistema Oregon



GLOSARIO

Absorción radical: absorción de nutrientes a través de las raíces.

Acolchados: cubierta de franja de suelo con material de distinta naturaleza.

Cinética de absorción: mecanismo y velocidad de absorción de nutrientes en las plantas.

Epígea: planta u órgano vegetal que se desarrolla sobre el suelo.

Fertilización foliar: aplicación de fertilizantes líquidos sobre la copa de los árboles.

Lixiviaciones: movimiento de elementos solubles del suelo (materia orgánica, nutrientes) desde estratas superficiales hacia aquellas ubicadas en profundidad en el perfil del suelo, por acción de aguas lluvias o del riego.

Microflora: conjunto de estructuras microscópicas vegetales y de organismos asimilables (bacterias, hongos y algas) presentes en el suelo.

Órganos leñosos: órganos perennes como troncos, ramas y ramos.

REFERENCIAS BIGLIOGRÁFICAS

Bignami C y Natali (1992). Relazione idriche e fotosíntesis di alcune specie da frutto. Atti delle Giornate Scientifiche S.O.I; 174-175.

Bignami C; De Salvador R y Stramboli G (1999). Aspetti agronomici e prospettive di valorizzazione della coricoltura italiana. Frutticoltura nº 11, p. 16-27.

Carli, G. 1998. La gestione del suolo del frutetto. Linea guida per l'Agricoltura Biologica 373 p. Edagricole. Bologna., Italia.

Ellena M; Montenegro A y Rombolá A (2006). Gestión del suelo. Boletín INIA Nº 135, p. 83-107.

Ellena M, Alvear C y Bustamante C (2007). Effect of the different Management techniques of the soil in the plantation line concern to vegetative behavior, Chemicals, physical and biological factors of the soil c.v Barcelona (*Corylus avellana* L.) in the south of Chile.



Ellena M, Sandoval P y González A (2012). Il boom della coricoltura cilena. Rivista del Centro Studi e Ricerche sul nocciolo e Catagno, p. 21-28.

Ellena M; Sandoval P; González A; Montenegro A y Azócar G (2012). Preliminary observations on the effects of soil Management techniques on Hazelnut growing in the Gorbea area, in the South of Chile. Abstract. 8th International Congress on Hazelnut, 19th-21th March 2012, Temuco, Araucania Region Chile, p. 92.

Roversi A. (2007). Aspetti agronomici e varietali della coltivazione del nocciolo. Notiziario tecnico N° 75, p 29-36.



CAPÍTULO 4.

GESTIÓN DEL SUELO.

Miguel Ellena, Paola Sandoval, Abel González y Gustavo Azócar.

Este término se refiere a las labores o técnicas realizadas en la plantación, con el fin de controlar el desarrollo de malezas y de los hijuelos o sierpes en la base de los árboles.

El sistema radicular de los avellanos, es afectado por las modificaciones de las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, causadas por las técnicas de manejo, especialmente durante la fase de formación de la estructura productiva de los árboles.

En relación al impacto ambiental, las ventajas que pueden obtenerse con una conducción racional del suelo son obvias, en términos de gestión de los recursos hídricos y nutricionales y de mayor estabilidad hidrológica. Es decir, prevenir la erosión de los suelos, en particular aquellos en zonas de colinas y terrenos de lomaje, los que presentan una mayor pendiente.

En un huerto es común diferenciar dos zonas: las sobrehileras y las entrehileras, independientemente si se encuentran en condición de secano o de riego, factor que puede condicionar y concentrar el desarrollo de las raíces a lo largo de la hilera de plantación. Respecto a las modalidades de manejo del suelo, pueden señalarse el laboreo, cubiertas vegetales vivas, uso de herbicidas y acolchados sintéticos (plásticos).

Es común pensar que el laboreo o la presencia de una cubierta vegetal permanente sobre toda la superficie del huerto son las únicas alternativas de manejo del suelo. Sin embargo, existen alternativas mixtas, que son preferibles, donde las hileras de plantación y entre hileras se manejan en forma distinta. Por ejemplo, si las entre



hileras son laboreadas, en las sobre hileras puede aplicarse control químico o acolchado o bien, si las entre hileras se mantienen con cubierta vegetal, las sobre hileras pueden manejarse con laboreo, herbicidas o acolchados.

El mejor sistema de manejo de suelo dependerá de las características de las variedades (vigor de los cultivares, vigor de la combinación portainjerto/variedad, para el caso de árboles injertados, tolerancia del portainjerto empleado a la competencia que ejerce la cubierta vegetal, otros), de las condiciones de suelo y clima de la zona, y disponibilidad o no de riego.

4.1. Laboreo

En el extranjero, especialmente en Europa, el mantenimiento del suelo utilizado es el laboreo mecánico, que permite disponer de un suelo libre de malezas, particularmente para el momento de cosecha, que en la mayoría de los casos se realiza con máquinas cosecheras que aspiran la fruta. Sin embargo, la naturaleza de los suelos en el sur de Chile, en general con pendientes, determina que éstos queden extremadamente expuestos a erosión cuando ocurren lluvias “fuertes”, provocando pérdidas de producción. También se produce un empobrecimiento de los elementos minerales del suelo. No obstante, lo anterior, en la actualidad se utiliza el laboreo en toda la superficie del suelo, principalmente en terrenos planos, de huertos en formación y plantaciones en producción establecidas en áreas con riego escaso y menor caída pluviométrica. En sectores de colinas y lomajes con pendientes mayores no se recomienda el laboreo, por el riesgo de erosión, en particular en localidades ubicadas al sur de Temuco, con fuertes precipitaciones durante gran parte del invierno y primavera.

Durante primavera verano, se efectúan labores a una profundidad de 10 a 15 centímetros, con el fin de eliminar malezas y reducir su competencia por agua y nutrientes. A principios de otoño estas pueden realizarse a una profundidad mayor (15 a 20 cm), con el fin de incorporar eventuales compuestos orgánicos, favoreciendo la acumulación de agua en los estratos más profundos del suelo durante el invierno.

La práctica del laboreo a lo largo de las hileras de plantación habitualmente es acompañada por el establecimiento de una cubierta vegetal entre las hileras, en especial para huertos nuevos. El objetivo principal es eliminar malezas y limitar las pérdidas de agua por evaporación en la zona de mayor concentración de raíces. Las labores deben repetirse periódicamente durante el curso de la estación vegetativa (periodo de crecimiento del árbol, desde brotación hasta previo la caída de hoja). Deben ser superficiales para evitar daños al sistema radicular del avellano. La compactación del terreno entre las hileras, causada por el laboreo, es una de las principales limitantes de esta práctica, por lo que es necesario elegir las maquinarias adecuadas para evitar



o reducir al mínimo la formación del “pie de arado” y la fragmentación excesiva de las partículas del suelo. Estos fenómenos pueden producir encharcamientos y condiciones de asfixia a nivel de raíz, provocando severos daños a los árboles. El empleo de equipos como fresadoras rotativas (por ejemplo rastras de discos) y diferenciación en la profundidad del laboreo del suelo en el curso de la estación, en parte pueden evitar el problema.

4.1.1. Cubierta vegetal

En zonas con lluvias suficientes y una distribución regular de éstas en primavera y verano, o donde se dispone de recurso hídrico para riego, las labores normales del suelo pueden reemplazarse por cubiertas vegetales. Es decir, es factible mantener constantemente cubierto el suelo con la flora espontánea o recurrir a la siembra artificial de una cubierta herbácea.

Una cubierta pratense, manejada en forma correcta, presenta las siguientes ventajas:

- Una acción positiva sobre la fertilidad, en particular, una mejor distribución y disponibilidad de nutrientes de muy escasa movilidad en el perfil del suelo (ej. fósforo).
- Aumenta el contenido en materia orgánica, debido a la siega de la cubierta (4 a 5 ton/ha de materia seca), la que mineralizada puede aportar una cantidad considerable de elementos nutritivos. Siete toneladas de pasto segado por hectárea equivalen a aproximadamente 50 kg de nitrógeno, 50 kg de potasio, 10 de calcio y 5 de fósforo y magnesio, dependiendo principalmente de la cubierta vegetal, manejo y tipo de suelo.
- Facilita el tránsito de la maquinaria, reduciendo el daño al suelo aunque esté mojado, disminuyendo la compactación provocada por el peso de máquinas y equipos.
- Disminuye el problema del polvo, particularmente durante la labor de cosecha.
- Permite una mayor porosidad y permeabilidad del estrato superficial, con efectos positivos sobre la humedad del suelo.
- Previene la erosión y escurrimiento superficial del agua en suelos con mayor pendiente.
- Mejora las condiciones “microclimáticas” para los árboles (menores diferencias térmicas en primavera).



No obstante, la cubierta vegetal presenta una buena integración entre árboles y ambiente, su manejo no está libre de límites, ya sea económicos (la cubierta debe ser segada periódicamente) o agronómicos (competencia por agua y nutrientes). La mayor densidad de raíces en especies herbáceas utilizadas en las cubiertas vegetales vivas produce rápidamente una mayor biomasa por unidad de suelo, con el riesgo de crear condiciones de estrés para las plantas de avellano, en particular en la fase de formación y establecimiento de la cubierta. Ello determina que la fertilización y el riego demandados por el huerto deban sobredosificarse para cubrir también las necesidades de las especies pratenses de la cubierta. Luego de establecida la cubierta vegetal, estará en condiciones de contribuir al balance nutricional del huerto, por reciclaje y mineralización de la materia orgánica proveniente del corte.

Como ya se indicó, en un huerto moderno de avellano, con frecuencia se opta por sistemas mixtos, con cubierta en la entrehilera y laboreo, control químico o acolchado, y materiales inertes en la sobrehilera. El uso de una cubierta vegetal en toda la superficie del huerto no se recomienda por diferentes motivos: desde la necesidad de reducir la competencia por agua y nutrientes, hasta aquella de limitar la proliferación de plagas como roedores bajo la cubierta, que pueden ocasionar graves daños en las raíces de los árboles, especialmente durante el receso vegetativo



Foto 1. Huerto de avellano, con cubiertas vegetales entre hileras



4.1.2. Control químico

El control químico de las malezas se puede efectuar con herbicidas en toda la superficie del suelo (entre y sobre hileras) o bien sólo en bandas sobre la hilera de plantación, con las siguientes ventajas:

- Reduce los costos de manejo del suelo.
- Mejora la conservación de la humedad del suelo, las características físicas a lo largo del perfil de éste y el desarrollo de las raíces de los árboles.
- En suelos con mayor pendiente, el uso de herbicidas en toda la superficie puede evitar la erosión en comparación al laboreo.
- Facilita la cosecha de las avellanas.

Las malezas de tipo perenne representan un serio problema, afectando el desarrollo de los árboles, en particular durante los primeros 1-4 años de vida del cultivo. Por ello, se recomienda la aplicación de herbicidas de contacto en los primeros dos años y a partir de la tercera temporada glifosato durante la primavera y previo a que las malezas inicien su receso (marzo-abril), antes de iniciar el laboreo del suelo en otoño (abril-mayo).

Los productos herbicidas utilizados en el cultivo del avellano son principalmente:

Herbicidas de preemergencia. Estos presentan acción preventiva, son poco solubles en agua, permanecen un tiempo en la parte superior del suelo y tienen una gran persistencia. Cabe destacar, que la Simazina es el herbicida de preemergencia más utilizado en el cultivo del avellano. No se aconseja aplicar este productos en huertos menores de 4 años. Luego de su aplicación (2 días), es necesario una lluvia o riego para lograr un buen control de malezas con el herbicida. En el caso de presentarse malezas ya emergidas y crecidas, es preferible aplicar el producto asociado a un herbicida de contacto o traslocación como Paraquat, Aminotriazol, otros. Al comenzar la aplicación con Simazina, se recomienda una dosis de 8 kg por hectárea, de un producto de 50% de Simazina. En el caso de suelos “más ligeros”, como los de tipo arenoso (ej. suelos arenosos de la zona de Los Angeles, Región del Bío-Bío o de Renai-co, provincia de Malleco, Región de La Araucanía, entre otras), se requiere disminuir la dosis a 4-6 kg por hectárea. En los años sucesivos es recomendable ir reduciendo la dosis.

Cabe destacar, que el uso continuado de este herbicida ocasiona una contaminación peligrosa del medioambiente, en particular de las aguas subterráneas. Por ello, es conveniente utilizar dosis reducidas y localizadas sólo en la sobre hilera de plantación, disminuyendo de esta manera la contaminación que produce el producto.



Herbicidas de postemergencia. Estos se aplican sobre malezas emergidas, son más solubles en agua que los herbicidas de preemergencia. Por ejemplo, dentro de estos productos destacan Paraquat, Diquat, Aminotriazol y Glifosato. El Paraquat es un producto que actúa por contacto, ejerciendo su efecto en la zona en que se aplica. Se recomienda una dosis de 3 a 4 litros por hectárea de producto comercial al del 20%, junto con un buen surfactante. Es un producto de acción rápida, fácil manejo y no deja residuos a nivel de suelo. Se puede emplear como complemento a la Simazina para controlar las malezas que aparezcan durante la temporada. Este producto actúa necrotizando las partes verdes y no llega a las raíces de las malezas. Por ello, las malezas que tienen órganos de reserva subterráneos se pueden recuperar fácilmente. El Diquat, es un herbicida similar a Paraquat. Este último es indicado para controlar malezas con hojas más estrechas y el Diquat para aquellas de hoja más ancha. Otro producto, es Aminotriazol, herbicida sistémico, es decir absorbido por las hojas e incorporado al torrente de la savia de las malezas. Actúa bloqueando la formación de clorofila, destruyendo raíces y órganos de reserva subterráneos de las malezas perennes. Es un herbicida de acción lenta (2 a 3 semanas), pero de buena persistencia. Se utiliza para controlar malezas que no han sido controladas bien con Paraquat y Diquat (ortiga, viola, entre otras).

El Glifosato es uno de los herbicidas que más se emplea, es sistémico y presenta un campo de acción muy amplio. Las dosis varían desde 2 a 6 litros por hectárea de un producto comercial de principio activo. Actúa sobre una gran cantidad de malezas difíciles de controlar con otros herbicidas. No se recomienda su aplicación en plantaciones de avellano europeo menores de 3-4 años de edad.

Los herbicidas selectivos de postemergencia como Fluoxipir (ej. nombre comercial Starane), controlan malezas de hoja ancha, incluso resistentes (stellaria, poiligonum, sinapsis, rumex, entre otras). Se emplean en dosis de 1,5-2 litros/ha. Son de translocación, siendo absorbidos principalmente por las hojas y compatibles con Glifosato. Para lograr óptimos resultados se recomienda su aplicación cuando las malezas estén en pleno crecimiento.

Otros herbicidas utilizados en avellano como pre y post-emergentes son de la familia de la n-fenilimidazoles cuya composición es Flumioxazin (nombre comercial Valor 50 WP). Este herbicida es adecuado para el control de malezas gramíneas en pre-emergencia y de hoja ancha en pre y post emergencia. Para aumentar el espectro de control, las aplicaciones de post-emergencia se deben realizar con Glifosato. Es importante evitar la deriva del producto, ya que este herbicida se caracteriza por presentar una elevada actividad por contacto con los tejidos verdes. La dosis utilizada es de 50-100 g/ha. Entre los herbicidas utilizados en pre y post emergencia en avellano también cabe mencionar Oxifluorfen, para el control de malezas de hoja ancha y algunas gramíneas en aplicaciones de invierno (abril-agosto). Se recomienda



realizar las aplicaciones sólo hasta 15 días antes de brotación. Cabe destacar, que este herbicida se puede aplicar en plantas nuevas desde el primer año de establecido el huerto, con la precaución de no aplicar dosis mayores de 2 litros/ha y no mojar los troncos poco lignificados de los árboles durante los dos primeros años. En el caso de suelos arenosos y de bajo contenido en materia orgánica (< 1,5%), no se recomienda aplicar este producto.

Los herbicidas granulados de pre-emergencia y post-emergencia a base de Diclobenilo (ej. Casaron G), del grupo químico benzonitrilo, es un herbicida sistémico y residual para el control de malezas gramíneas y de hoja ancha que se puede aplicar en avellano durante el invierno o temprano en la primavera, de preemergencia de las malezas o en post emergencia, en estadios iniciales de las malezas y con temperaturas bajas para evitar pérdidas del producto por volatilización. El producto puede aplicarse en torno a la tasa del árbol con la ventaja de no ocasionar daño por deriva (producto granular), es particularmente importante en plantas nuevas de avellano. Las dosis recomendadas varían de 40-60 kg/ha, usando la dosis más alta sólo para árboles mayores de dos años y con fuerte presión de malezas. Se debe aplicar sobre la superficie del suelo, sin incorporarlo, preferentemente antes de una lluvia o riego.

- **Asociación de herbicidas.** Se pueden emplear en forma asociada con diferentes tipos de herbicidas. Una mezcla frecuente es la de un herbicida de pre-emergencia en base a Simazina y uno de post-emergencia como Aminotriazol, cuya aplicación se recomienda aplicar para fines de invierno. Además, dentro del grupo de los herbicidas de post-emergencia se puede emplear la asociación de Glifosato más MCPA. Con este último, tener la precaución de aplicar sin viento y con temperatura ambiental bajo los 28°C.

4.1.3. Acolchado

Consiste en cubrir una franja de suelo sobre la hilera de plantación con materiales de diferente naturaleza. Pese a sus efectos positivos sobre la actividad vegetativa y productiva de los árboles frutales, ha sido poco difundida en el cultivo del avellano, debido principalmente a sus elevados costos, especialmente en huertos de gran tamaño. Sus ventajas son diversas:

- Reduce pérdidas de agua por evaporación.
- Controla eficazmente las malezas.
- Aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo, al emplear materiales de origen orgánico.



- Eleva la temperatura del suelo, permitiendo mayor actividad de la microflora del suelo, un control de malezas más eficiente y mejor mineralización de la materia orgánica.
- Conserva la estructura del suelo.
- Favorece el crecimiento y desarrollo de los árboles, durante su etapa de formación.

En el control de malezas, los mejores resultados se han obtenido utilizando polipropileno de color negro. Con láminas plásticas de otras tonalidades o con el empleo de cubiertas o mulch con materiales orgánicos, el efecto puede ser parcial. El material y color del acolchado también influye sobre la temperatura del suelo (es mayor con PVC). En la actualidad existen materiales plásticos foto-selectivos de color rojo oscuro que aumentan la temperatura del suelo, incrementando el efecto herbicida. Sin embargo, el costo de estos materiales es elevado para utilizarse a gran escala en huertos comerciales de avellano.



Foto 2. Acolchado en avellano, con cubre piso a base de polipropileno de color negro, c.v Tonda di Giffoni, de 4° hoja, comuna de Gorbea, Región de La Araucanía.



La disminución de la evapotranspiración por uso de acolchado es importante en zonas donde el cultivo es de secano, favoreciendo la conservación de humedad en el suelo. Las mejores condiciones térmicas, hídricas y estructurales que presentan los suelos acolchados, estimulan la actividad de la microflora, aumentando la disponibilidad de elementos nutritivos en la estrata superior. El avellano, por tener un sistema radicular desarrollado más bien superficialmente debería aprovechar mejor esta condición, logrando así una mayor actividad vegetativa y precocidad de la entrada en producción.

Estudios recientes realizados por INIA Carillanca, han determinado efectos positivos del uso de cubre pisos de polipropileno de color negro sobre parámetros vegetativos y productivos del avellano.



Foto 3. Elevada carga productiva en avellano, c.v Tonda di Giffoni, a la 4° hoja con uso de acolchado de polipropileno de color negro, comuna de Gorbea, Región de La Araucanía.

Los materiales orgánicos (paja de cereales, corteza de árboles, entre otros) son objeto de descomposición. Para garantizar su eficacia deben ser periódicamente reintegrados al sulelo. Aquellos de naturaleza inorgánica, como polietileno (PE) y policloruro de vinilo (PVC), tienen una vida útil variable (3 a 5 años), dependiendo del grado de sensibilidad a los rayos ultravioletas, responsables de su degradación. Existen film plásticos de diversos colores: negro, azul, rojo oscuro (no dejan pasar las radiaciones visibles y calóricas), blancos (transparentes a la luz visible) y de color aluminio, adap-



tados para reflejar las radiaciones luminosas y calóricas en los ambientes, caracterizados por presentar una luminosidad insuficiente.

El empleo de acolchado presenta ciertos inconvenientes. Entre estos cabe señalar el elevado costo del material inorgánico y su aplicación reiterada cuando se utilizan materiales orgánicos, residuos plásticos cuando no son fotodegradables y dificultad de realizar intervenciones localizadas de riego y fertilización. Esto último puede obviarse con la fertirrigación bajo el acolchado y uso de materiales permeables que permitan la aplicación e incorporación de fertilizantes granulados. Algunos materiales permeables tienen una durabilidad de 6-8 años dependiendo de su cuidado.

4.1.4. Resultados de investigación

Estudios realizados por INIA Carillanca han determinado un aumento de la temperatura entre 1,5-2°C con el uso de acolchado plástico de polipropileno negro. Estos resultados concuerdan con estudios realizados en el extranjero y a nivel nacional en otras especies frutales, como cerezo dulce.

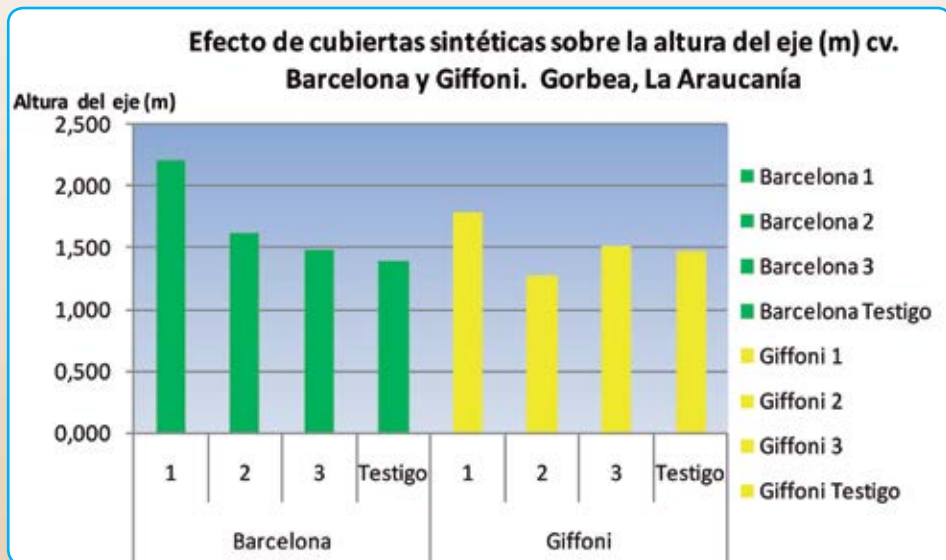


Figura 1. Efecto de la cubierta sintética sobre la altura (m) del eje principal en c.v Barcelona chilena y Tonda di Giffoni, de 4ª hoja, comuna de Gorbea, Región de La Araucanía.

En relación a la altura del eje, no se presentan diferencias importantes entre los tratamientos de cubierta sintética y los testigos (suelo desnudo), para ambas variedades.

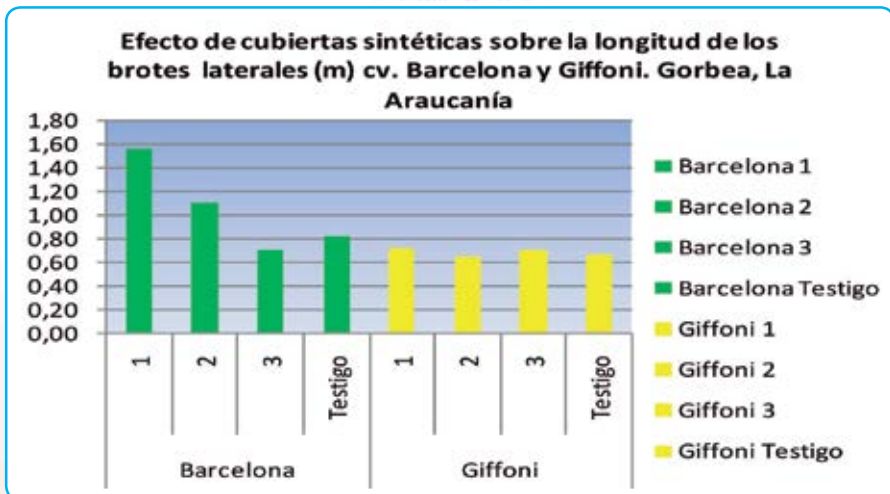


Figura 2. Efecto de la cubierta sintética sobre la longitud (m) de brotes laterales en c.v Barcelona chilena y Tonda di Giffoni, de 4ª Hoja, comuna de Gorbea, Región de La Araucanía

Las cubiertas sintéticas no presentan diferencias importantes sobre la longitud de los brotes laterales, para ambas variedades y respecto al testigo.

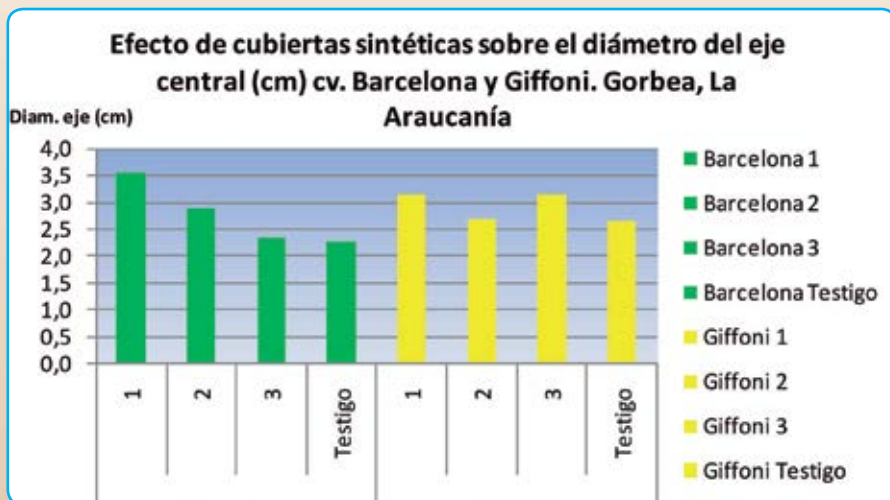


Figura 3. Efecto de la cubierta sintética sobre el diámetro del tronco, c.v Barcelona chilena y Tonda di Giffoni, 4ª hoja, comuna de Gorbea, Región de La Araucanía.

Respecto al parámetro diámetro del eje, las cubiertas sintéticas usadas sobre las hileras de plantación no presentan diferencias importantes respecto al testigo

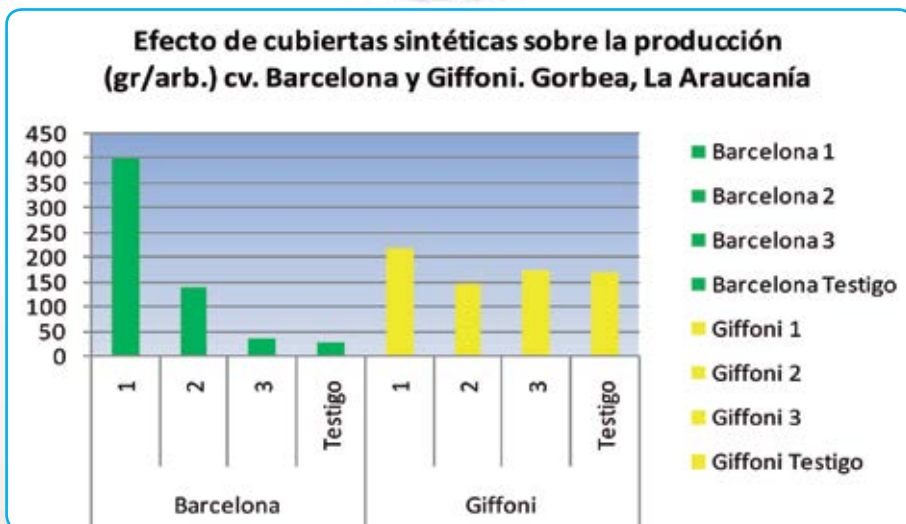


Fig 4. Efecto de la cubierta sintética sobre los rendimientos (g/árbol), c.v Barcelona chilena y Tonda di Giffoni, 4ª hoja, comuna de Gorbea, Región de La Araucanía.

En relación a la producción (g/árbol), la variedad Barcelona manejada con cubierta sintética ha presentado mayor rendimiento respecto al tratamiento testigo sin cubresuelo sobre la hilera de plantación. Lo anterior podría deberse a una mayor temperatura acumulada bajo la cubierta y una mayor disponibilidad de nutrientes y mejor control de malezas. En el caso de Tonda di Giffoni, se ha presentado una tendencia similar, aún no tan marcada.



GLOSARIO.

Acolchados: cubiertas inorgánicas u orgánicas utilizadas sobre las hileras de plantación, con el fin de controlar malezas y evitar pérdidas de agua.

Evapotranspiración: medida de la suma de la evaporación del terreno y de la transpiración de los árboles.

Dormancia o estado de reposo: estado de latencia de las yemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Bignami. C; De Salvador F.R y Stramboli G (1999). Aspetti agronomici e prospettive di valorizzazione della coricoltura italiana. Frutticoltura, 11: 16-27.

Caporali. F; Campiglia E; Anselmo V (1994). Prospettive per l'uso di Trifolium subterraneum L. come cover crop in un nocciolo dell'Italia centrale. Rivista di Agricoltura, 4: 331-335.

Ellena .M (2010). Polinización y manejo del avellano europeo. Boletín Nº 202, p. 88.

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

Ellena. M; Sandoval P; González A; Montenegro. A y Azócar. G. preliminary observations on the effects of soil Management techniques on Hazelnut growing in the Gorbea area in the South of

Chile. Abstract, 8th International Congress on Hazelnut, 19th-21th March 2012 Temuco, Araucania Region Chile p. 92.

Rugini E y Cristofori V (2011). La coltura del nocciolo nel viterbese: innovazione tecnologiche e agronomiche nel rispetto della tipicità del prodotto. Corylus & Co, Rivista del Centro Studi e Ricerche sul Nocciolo e Castagno. Anno II, numero 1-2011, p. 9-20.



CAPÍTULO 5.

FERTILIZACIÓN.

Miguel Ellena, Adolfo Montenegro, Paola Sandoval, Abel González y Gustavo Azócar

La fertilización es un factor determinante para un adecuado desarrollo de los árboles durante su fase de formación y posteriormente durante su etapa productiva. El crecimiento de ellos y su rendimiento depende del nivel de disponibilidad de nutrientes en el suelo. Una adecuada fertilización de los avellanos debe considerar el tipo de suelo, condición climática y requerimientos nutritivos de los árboles, o sea de los macro y micronutrientes que las plantas extraen del suelo para lograr un adecuado crecimiento vegetativo y producir una determinada cantidad de avellanas de buena calidad.

La fertilización debe considerar los siguientes objetivos:

- Satisfacer los requerimientos nutricionales de los árboles.
- Mantener un adecuado equilibrio entre la actividad vegetativa y productiva.
- Limitar al máximo el costo de las aplicaciones.
- Reducir los riesgos de pérdidas por lixiviación, y consecuentemente los costos e impacto ambiental.

La extracción de nutrientes es variable y depende de la edad de los árboles, densidad de plantación, año, localidad y carga productiva. En tal sentido, para una adecuada fertilización se necesitan antecedentes (datos) sobre sus requerimientos y la “composición del suelo”. Antes de plantar es recomendable efectuar un análisis físico y químico del suelo. Para conocer su profundidad y verificar la presencia de algunos impedimentos (napas freáticas superficiales, “capas impermeables”, moteados) se necesita construir una calicata. Dichos factores influyen en la compactación del suelo, aireación, otros, incidiendo en la respuesta a la aplicación de fertilizantes y con ello, sobre el desarrollo radicular y por consecuencia en la parte aérea del árbol.



El crecimiento y desarrollo anual del avellano en la etapa de formación presenta variaciones que responden al manejo de la especie y a la interacción con los factores edáficos y climáticos. Estas variaciones pueden inducir a cambios estacionales reversibles en la concentración interna de los diferentes nutrientes esenciales, que posteriormente afectarían el crecimiento, desarrollo y anticipación en la entrada en producción del huerto.

5.1.- Análisis de suelo.

Previo y luego de la plantación de un huerto de avellano, se recomienda efectuar un análisis químico del suelo. Este, puede indicar la existencia adecuada, excesiva o carencia de ciertos nutrientes y la necesidad de suministrarlo antes o durante el establecimiento del cultivo y en posteriores etapas de desarrollo de los árboles.

El “análisis del suelo” es una herramienta de gran valor para evaluar la fertilidad de éste y así evitar problemas de “desbalance de nutrientes”. Para lograr buenos rendimientos y calidad de la fruta, debe mantenerse un equilibrio de los nutrientes. En general, el desequilibrio en los elementos nutritivos puede ocasionar deficiencias, toxicidades o interferencia de un nutriente con la absorción de los demás.

La caracterización química del suelo incluye pH, saturación de aluminio, materia orgánica y elementos químicos. El pH es la medida de la actividad de los iones hidrógeno (H^+) del suelo. Un suelo puede ser ácido, neutro o alcalino, según su valor de pH. Cabe destacar, que el rango de pH de 5.5 a 7.5 incluye la mayoría de las especies. No obstante, algunas de ellas prefieren suelos ácidos o alcalinos. Sin embargo, cada especie y dentro de estas, cada variedad y combinación portainjerto/variedad necesita un rango específico de pH, para expresar mejor su potencial de crecimiento y productividad. Por ello, el pH tiene gran influencia en la disponibilidad de nutrientes para los árboles y además en la presencia de microorganismos y plantas en el suelo. Por ejemplo, los hongos (*thrighoderma*, *aspergillus*, *penicillium*, *actinomicete*, entre otros) prefieren suelos más ácidos, mientras que gran parte de las bacterias (*pseudomonas*, *bacillus*, *rhizobium*, *agrobacterium*, entre otras) que facilitan nutrientes a las plantas, presentan preferencia por suelos moderadamente ácidos o ligeramente alcalinos.

Por lo indicado, en condiciones de elevada acidez, la fijación de nitrógeno y la mineralización de residuos vegetales disminuyen. Cabe señalar que los árboles absorben los nutrientes desde la solución del suelo, la solubilidad de éstos depende en parte del pH. Por ello, la disponibilidad de elementos es diversa a diferentes niveles de pH. Cada especie requiere nutrientes en diferentes cantidades y por esto cada una tiene un rango particular de pH. Su análisis es importante en la gestión de la fertilización de los avellanos. Además, en algunos suelos ácidos de la zona sur de Chile se presenta



una elevada saturación de aluminio que afecta el crecimiento de las plantas. El aluminio intercambiable (Al^{3+}), presente en la solución del suelo es reconocido como uno de los principales factores en el desarrollo de la acidez de este. Los iones Al^{3+} desplazados desde las arcillas por otros cationes se hidrolizan (reacciona con un molécula de agua) para formar complejos hidroxilo aluminicos. La hidrólisis de aluminio liberan hidrógeno contribuyendo a la acidez del suelo.

5.1.1 Muestreo de suelo

Para un adecuado análisis químico del suelo es fundamental realizar un buen muestreo, caso contrario, los resultados obtenidos en el laboratorio no sirven como indicador o guía para efectuar una adecuada fertilización del huerto.

El muestreo del suelo para análisis químico en el caso de frutales, debe ser a diferentes profundidades: 0-30, 30-60 cm y 60-90 cm, ya que el sistema radical de este árbol explora un volumen de suelo mayor que los cultivos anuales.

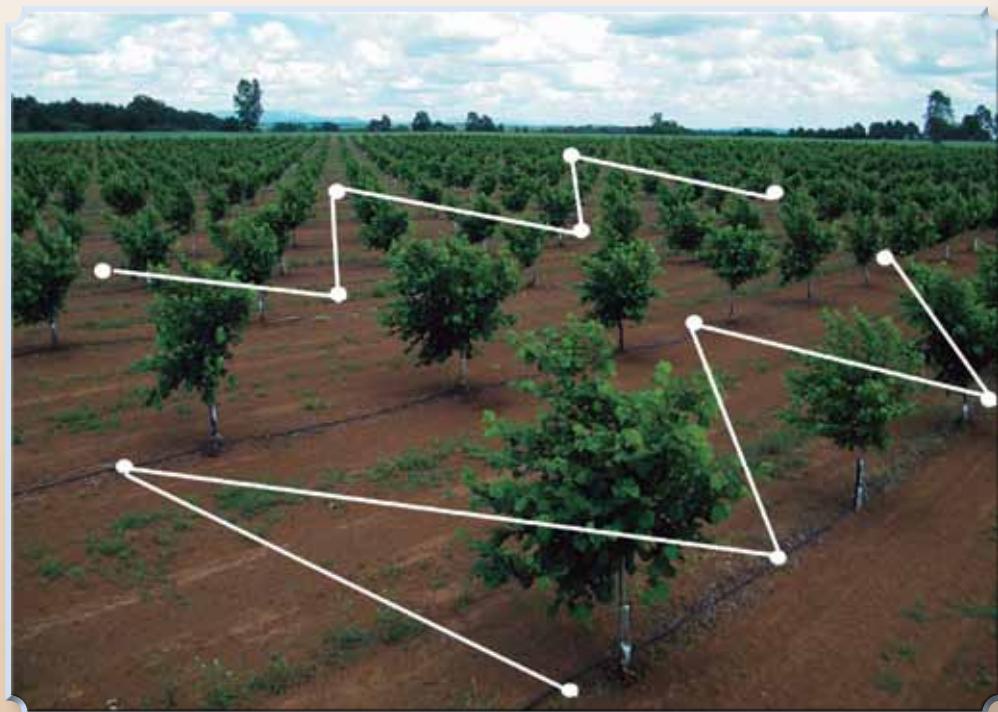


Foto 1. Distribución de las submuestras de suelo para análisis de laboratorio



Foto 2. Distribución de las submuestras de suelo para análisis de laboratorio

5.1.2. Herramientas para la toma de muestra

Para la obtención de la muestra del suelo se necesitan herramientas adecuadas como: barreno, pala angosta, balde y bolsa plástica, como también papel para escribir y lápiz.

Una muestra de suelo debe estar constituida por la mezcla de diferentes submuestras pequeñas, recolectadas a una misma profundidad en diversas partes de un potrero hasta cubrirlo todo, con el fin de asegurar una información precisa del nivel de fertilidad del terreno. En el área seleccionada se deben recolectar entre 10-20 submuestras, dependiendo del tamaño de ésta. Avanzar en diagonales (zig-zag) para cubrir todo el terreno en forma uniforme. En el caso del muestreo a profundidades 0-30 y 60-90 cm se obtienen tres muestras compuestas diferentes para cada una de ellas, sin mezclarse entre sí. Para ello deben utilizarse baldes separados con su respectiva identificación

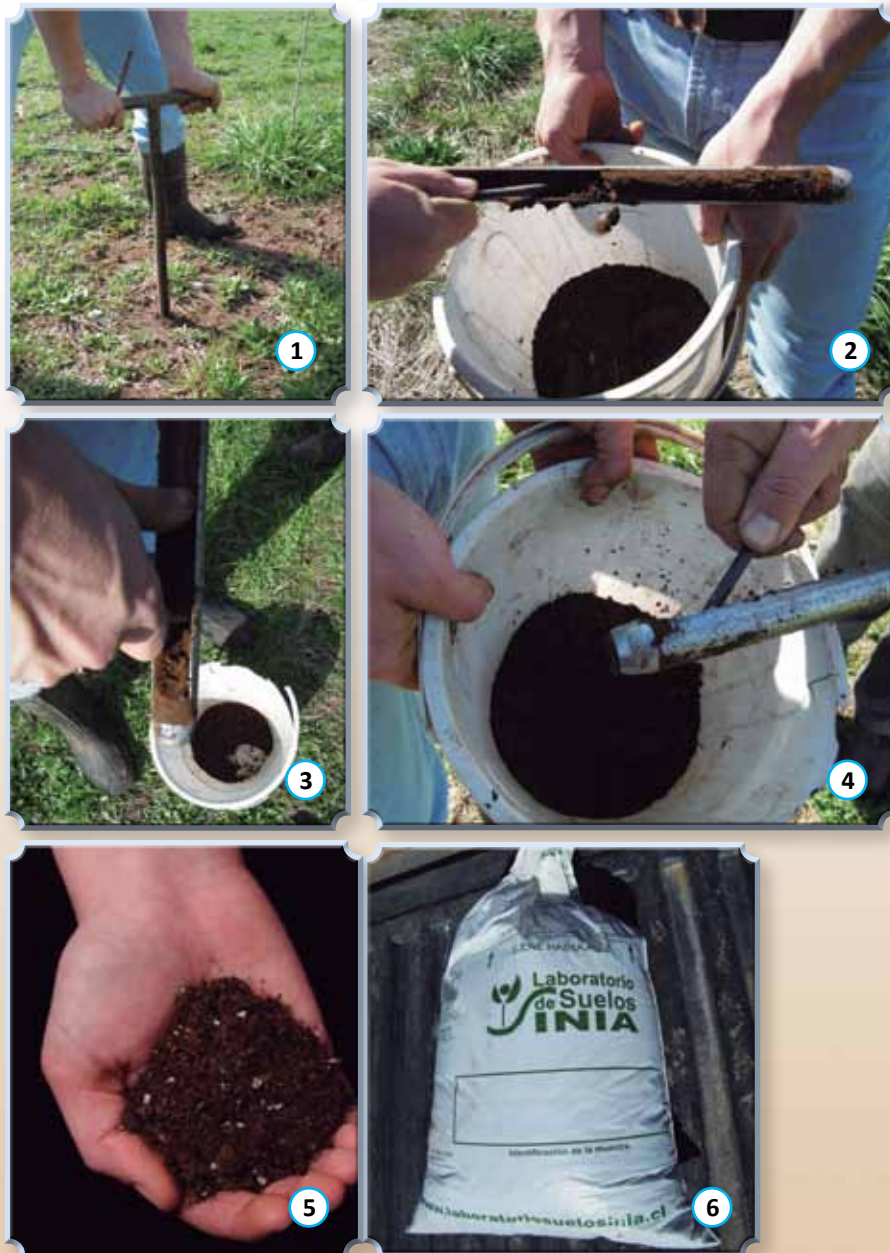


Foto 3. Procedimiento muestreo de suelo



5.1.3. Interpretación de análisis químico

La interpretación del análisis químico del suelo debe ser realizada por un especialista, con el fin de desarrollar un adecuado plan de nutrición del huerto.

A modo ilustrativo, en el cuadro 1 se muestra la caracterización química del suelo de dos huertos con avellano europeo de las Regiones de La Araucanía y de Los Lagos

Cuadro 1. Caracterización química de dos suelos con huertos de avellano europeo.

Parámetro químico	Gorbea*		Osorno**
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm
Fósforo disponible, mg kg ⁻¹	10,4	10,5	6
pH agua	5,62	5,56	5,56
pH Ca Cl ₂	4,91	5	4,57
Materia orgánica, %	13,9	12,5	13,9
Nitrógeno disponible, mg kg ⁻¹	21	27	17
Calcio intercambiable, cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	1,13	1,36	2,43
Magnesio intercambiable, cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	0,19	0,2	0,61
Potasio intercambiable, cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	0,22	0,27	0,26
Sodio intercambiable, cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	0,02	0,02	0,1
Aluminio intercambiable, cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	0,1	0,06	0,69
CICE***, cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	1,65	1,91	4,08
Saturación Aluminio, %	5,8	3,1	16,8
Zinc disponible, mg kg ⁻¹	0,2	0,5	0,2
Hierro disponible, mg kg ⁻¹	54	57	38,6
Cobre disponible, mg kg ⁻¹	1,7	1,3	0,8
Manganeso disponible, mg kg ⁻¹	3,6	2,9	4,9
Boro disponible, mg kg ⁻¹	0,5	0,5	0,4
Azufre disponible, mg kg ⁻¹	8	7	3

* 4ª Faja Gorbea, Región de La Araucanía; ** Pichihuilma, Región de Los Lagos;

*** Capacidad de intercambio catiónico efectiva.



Los suelos con huertos de avellano europeo de estas dos localidades, en general, muestran un bajo nivel de disponibilidad de fósforo (más acentuado en Osorno), similar pH y contenido de materia orgánica, como también un bajo nivel de nitrógeno inorgánico disponible. El nivel de calcio, magnesio y potasio intercambiable de ambos suelos también es muy bajo, pero más acentuado en la localidad de Gorbea que en Osorno (Pichihuilma). Producto de la relación entre aluminio intercambiable y la CICE se obtiene el porcentaje de saturación de aluminio existente en el suelo. En este caso aquella correspondiente a la localidad de Osorno se encuentra en un nivel alto (16,8 %) contrastando con el suelo de Gorbea (nivel bajo a medio). En el caso de los micronutrientes, cabe señalar que el nivel de Zinc y Boro disponible en ambos suelos se encuentra bajo y por el contrario aquellos correspondientes a hierro, manganeso se ubican en un nivel alto de disponibilidad; el cobre se encuentra en un nivel de disponibilidad alto en el suelo de Gorbea y en un nivel medio a alto en la localidad de Osorno. Los niveles de disponibilidad de azufre de ambos suelos es muy bajo.

En general, deben considerarse aplicaciones de fósforo en estos suelos, particularmente a la plantación, debido a la alta retención del nutriente que caracteriza a ambos suelos. También debe considerarse la adición de calcio, magnesio y potasio dado su nivel de disponibilidad bajo y el desbalance de ellos en el suelo. Para corregir la alta saturación de aluminio del suelo, en la localidad de Osorno es necesario aplicar carbonato de calcio en dosis de 2-3 ton ha^{-1} . El nivel de zinc del suelo puede elevarse aplicando 10-15 kg de sulfato de zinc ha^{-1} y el de boro aplicando 20 kg de Boronatrocalcita o ulexita ha^{-1} . El nivel de disponibilidad de calcio y magnesio de estos suelos puede elevarse mediante la aplicación de cal calcítica y dolomítica (aporta magnesio), siendo deseable elevar dichos niveles en un cierto horizonte de tiempo, debido al precario nivel de disponibilidad que los caracteriza. El nivel de potasio del suelo puede elevarse aplicando muriato de potasio y sulfato de potasio.

Las consideraciones antes señaladas corresponden solamente para el caso de estos dos tipos de suelos, puesto que también existen otros con niveles medios y altos de fósforo y de cationes de intercambio como de micronutrientes que no requieren altas aplicaciones de éstos vía fertilizantes o sólo lo precisan como mantención. Por ello se reitera la importancia de realizar el análisis químico del suelo antes de la plantación, y posteriormente de manera anual, con el objeto de corregir las deficiencias nutricionales existentes en los distintos suelos en que se instalen o estén ubicados los huertos de avellano europeo.

5.2. Análisis foliar

Durante las diversas fases de desarrollo de un árbol van ocurriendo cambios estacionales en la concentración de nutrientes a nivel de hojas y pecíolos (algunos elementos disminuyen su concentración y otros la elevan). Dichos cambios de concentración



están relacionados con las necesidades nutricionales de órganos (brotes y frutos) y con el grado de movilidad interna de cada elemento.

El tejido foliar constituye un pool activo de reservas nutricionales dentro del árbol, ya que muchos elementos se encuentran en estado mineral dentro de la vacuola y por lo tanto, cumplen un rol fundamental como fuente de aporte inmediato de nutrientes a los centros de crecimiento.

El tejido foliar es un indicador adecuado del estado nutricional de los árboles. Lo anterior es válido, siempre que el resultado de su análisis químico sea comparado con estándares originados en zonas edafoclimáticas similares, para muestras colectadas en fechas relativamente similares.

Adicionalmente, debe indicarse que la fecha de colección de la muestra foliar está vinculada a una variable fisiológica de la planta, que dice relación con la fase fenológica en que el tejido foliar presenta cierta estabilidad en los contenidos nutricionales. En tal sentido, para cada especie frutal existe una época recomendada para realizar el muestreo del tejido foliar. Para el caso de frutales de nuez como avellano se recomienda realizarla en enero-febrero (cantidad de tejidos 50-100 hojas).

5.2.1 Diagnóstico foliar

Por lo tanto, el diagnóstico foliar es una herramienta que permite regular, desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, las fertilizaciones anuales del huerto de avellano, ya sea a través de aplicaciones de fertilizantes al suelo o vía foliar. Este método se basa en que a través de las hojas es posible determinar el estado nutricional de los árboles y que estos reaccionan con gran sensibilidad y rapidez a las variaciones de la fertilidad del suelo.

El diagnóstico foliar se compone de dos fases: la toma de muestras y el análisis e interpretación de resultados. En avellano europeo, la toma de muestras se realiza generalmente en pleno verano, colectando hojas adultas de la parte media del brote (50-100). Conviene realizar el muestreo en un número elevado de árboles, evitando aquellos en mal estado, no representativo del huerto y ubicados en hileras externas. El muestreo realizado en verano, idealmente en el mes de enero, permite tener una información sobre el estado nutricional del momento y la temporada siguiente. Para evaluar la oportunidad de intervenir sobre el ciclo vegetativo-productivo en curso, es necesario recurrir al análisis foliar en forma precoz, concentrando particularmente los muestreos durante las etapas iniciales de desarrollo del fruto.

La interpretación de los resultados es la fase de mayor dificultad. El método más difundido es aquel basado sobre comparaciones entre resultados analíticos y valores



de referencia (concentraciones críticas o estándar). Los valores críticos son aquellos bajo los cuales se manifiestan carencias y bajas en la producción. Uno de los principales límites del diagnóstico foliar se genera en los numerosos factores que influyen sobre la composición mineral de las hojas. En la práctica, para efectuar una interpretación correcta, se deben utilizar valores de referencia obtenidos de materiales similares (cultivar, edad, y tipo de hoja) y en condiciones de suelo y clima también similares.

Otra limitación en la comparación de los resultados analíticos con los valores estándar, es que cada elemento se confronta independientemente con el nivel de los otros. En el extranjero se ha propuesto una metodología que considera los resultados de todos los elementos a través de sus relaciones, confrontándolas con relaciones estándar. Dicha metodología, denominada DRIS (diagnosis and recommendation integrated system), en la teoría permitiría interpretaciones independientes de la edad de la hoja y condiciones de clima y suelo del huerto en estudio. En la práctica, para el DRIS conviene crear normas de referencias obtenidas a nivel local. En el sur de Chile aún no existen antecedentes bibliográficos al respecto. Desde el punto de vista operativo, dicha metodología entrega informaciones de los elementos que pueden estar dificultando la máxima expresión productiva del huerto. Además, resulta confiable para individualizar sub-carencias.

5.2.2. Fertilización foliar

En avellano la aplicación de fertilizantes a través de las hojas es una alternativa interesante, para macro y microelementos, cuando existen manifestaciones de estrés nutricional que requieren intervenciones dirigidas y oportunas. Las condiciones anómalas se verifican cuando se presentan carencias o bajas asimilaciones del elemento y cuando la absorción radicular es menor y no plenamente eficiente (ejemplo: en suelos con mala aireación, pesados y fríos).

La fertilización foliar en avellano, ha determinado interesantes resultados experimentales y a nivel de huertos comerciales en diferentes zonas agroecológicas de la zona sur, incrementando la cuaja y rendimiento de los árboles mediante la aplicación de nitrógeno, magnesio, boro, zinc, desde el inicio de la actividad vegetativa hasta la fecundación. Sin embargo, en la mayoría de los casos los resultados más promisorios se han logrado con mezclas de productos o productos cuya composición contempla varios nutrientes y luego de varios años sucesivos de tratamientos (2-3).

Cabe destacar que los tratamientos foliares bajo condiciones de suelos profundos, con elevado contenido de materia orgánica y con una fertilización base al suelo equilibrada, no han logrado diferencias importantes en los parámetros vegetativos de los árboles y sobre los rendimientos. Adicionalmente, aplicaciones más tardías a finales



de la temporada de crecimiento (fines de verano y otoño) con productos foliares en base a nitrógeno han producido un mayor crecimiento de los brotes en la temporada sucesiva. No obstante ello, en diferentes casos los resultados a nivel de huertos comerciales han sido bastante erráticos dependiendo de diversos factores: productos, dosis, pH de la solución, mojamiento, época de aplicación, condiciones climáticas, estado nutricional de los árboles, entre otros. Además, desafortunadamente, las sugerencias y recomendaciones técnicas sobre fertilización foliar en muchos casos son entregadas a los agricultores por los vendedores de productos agroquímicos.

Investigaciones recientes realizadas por INIA Carillanca en el Sur de Chile en el marco del proyecto “Evaluación de tecnologías para el mejoramiento de la productividad y la calidad del fruto de avellano europeo (*Corylus avellana* L) en la zona sur de Chile destinado a la industria alimentaria” (INIA-CORFO) indican que en general las fertilizaciones foliares no han producido un efecto importante sobre el crecimiento vegetativo y productivo de los árboles comparados con huertos manejados sin fertilización foliar (testigos), sólo con una fertilización tradicional aplicada al suelo. Sin embargo, estos resultados son aún de carácter preliminar porque los árboles están “entrando en la etapa productiva”. Por ello, es importante seguir evaluando el comportamiento de los huertos durante los siguientes años. Es necesario indicar, que estudios realizados en el extranjero han determinado un efecto positivo de tratamientos foliares en árboles de avellano adultos, en plena fase productiva. No obstante, sólo se han logrado resultados significativos después de varios años (2-3) de tratamientos y con mezcla de nutrientes (ejemplo boro y zinc).

Efecto de la nutrición foliar sobre el eje (m) cv. Barcelona.

Temporada 2009-2012. Gorbea, La Araucanía

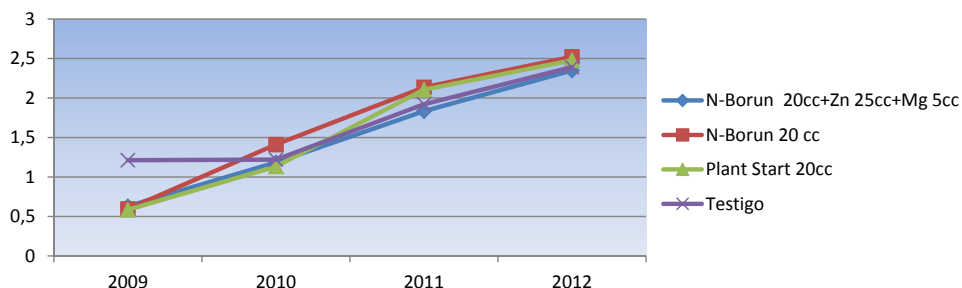


Figura 1. Efecto de la fertilización foliar sobre la altura del eje central del árbol, c.v Barcelona chilena, 4ª hoja, comuna de Gorbea, Región de La Araucanía.



Efecto de la nutrición foliar en la longitud de los brotes laterales (m), cv. Barcelona. Temporada 2009-2012. Gorea, La Araucanía

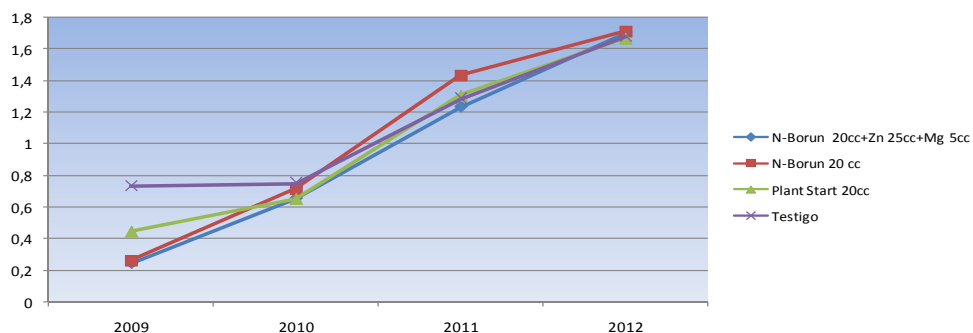


Figura 2. Efecto de la fertilización foliar sobre el crecimiento de brotes laterales, c.v Barcelona chilena, 4ª hoja, comuna de Gorbea, Región de La Araucanía.

Efecto de la nutrición foliar sobre el diámetro del eje central (cm) cv. Barcelona. Temporada 2009-2012. Gorbea, La Araucanía.

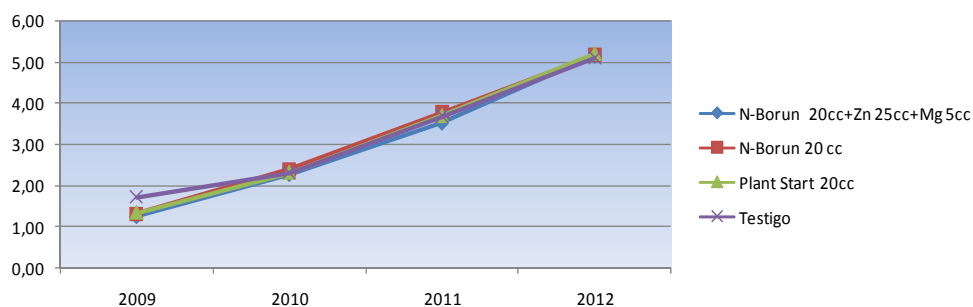


Figura 3. Efecto de la fertilización foliar sobre el crecimiento del diámetro del eje principal, c.v Barcelona chilena, 4ª hoja, comuna de Gorbea, Región de La Araucanía.

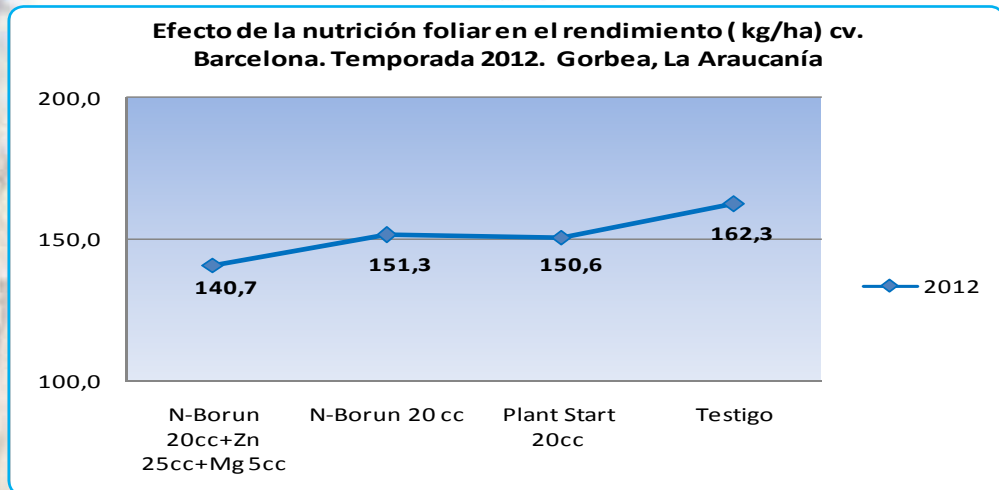


Figura 4. Efecto de la fertilización foliar sobre el rendimiento promedio (k/ha), c.v Barcelona chilena, 4ª hoja, comuna de Gorbea, Región de La Araucanía.

5.3. Fertilización mineral

Los huertos de avellano se establecen por mucho tiempo (40-50 años). En tal sentido, la fertilización no puede efectuarse sólo para una temporada. Establecer un programa de fertilización que contemple la vida útil de los árboles.

5.3.1 Fertilización de base a la plantación.

Esta fertilización tiene como objeto disponer de un “almacén” o disponibilidad de nutrientes que permitan suplir los requerimientos nutritivos del avellano por diferentes años, y adicionalmente elevar el nivel de fertilidad en el suelo. Junto con la fertilización de base o de fondo se contempla la fertilización anual que tiene como finalidad complementar su efecto en las plantas de avellano.

La fertilización de base o de fondo puede distribuirse e incorporarse en toda la superficie donde se establecerá el cultivo, mientras que la fertilización anual se localiza en torno a los árboles o sobre la hilera o banda de plantación. En las primeras temporadas de crecimiento, los fertilizantes se aplican en forma de anillos alrededor de los árboles, con la precaución de que éstos queden separados del tronco para evitar daños por toxicidad causada por sales presentes en dichos productos. En los años sucesivos los fertilizantes se van distribuyendo en mayor superficie, en la medida que los árboles van desarrollándose. En particular, durante el crecimiento lateral de las raíces.



La fertilización de base, previo o durante el establecimiento de los árboles tiene como finalidad construir una reserva de nutrientes, particularmente en el caso de aquellos de escasa movilidad y así elevar el nivel de fertilidad del suelo.

Entre los nutrientes importantes a considerar para el establecimiento del cultivo cabe destacar: fósforo, potasio y elementos secundarios como azufre, magnesio y calcio; y micronutrientes, como boro, zinc, otros.

Al modo de sugerencia, en el caso del fósforo, sin análisis químico del suelo, pueden aplicarse 300-350 unidades de $P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$.

En relación al potasio, se recomienda distribuirlo en forma fraccionada en diferentes dosis de acuerdo a las características del suelo, evitando pérdidas por lixiviación en aquellos de textura arenosa. En suelos pesados, con alto contenido de arcilla, como es el caso de suelos rojo-arcillosos, es posible aplicar en una sola oportunidad la dosis completa. La cantidad a aplicar, variará de acuerdo a las características y nivel del nutriente en el suelo (según análisis químico). A modo de recomendación general, en el caso de suelos deficientes en este nutriente pueden aplicarse 300-40 $K_2O \text{ ha}^{-1}$. Dichas dosis deberán ajustarse mediante análisis de suelo para cada caso en particular.

Para suelos arenosos no se recomienda la aplicación del potasio previo a la plantación por riesgos de pérdidas por lixiviación. En esta situación, dicho elemento deberá suministrarse anualmente y de preferencia como sulfato de potasio. Cabe destacar, que los árboles de avellano son muy demandantes en azufre, por lo que es aconsejable aplicar el fertilizante potásico mediante las fuentes sulfato de potasio o nitrato de potasio. El cloruro de potasio no se recomienda para ser utilizado como fertilizante potásico en avellano, debido a que puede producir problemas de fitotoxicidad.

Respecto a las enmiendas calcáreas, para avellanos es conveniente incorporarlas previo a la plantación. Existen antecedentes que cuando el pH del suelo es inferior a 5,6, esta enmienda puede mejorar el crecimiento y posterior rendimiento del huerto. La enmienda calcárea se puede distribuir a toda la superficie y también localizar a nivel de los hoyos de plantación.

En relación a los microelementos, en numerosos suelos de la zona sur existe baja disponibilidad de boro y zinc, siendo necesario incluirlos en los respectivos análisis químicos, particularmente en aquellos foliares. Al ocurrir deficiencias de nutrientes durante la plantación, como boro y zinc se recomienda incorporarlos al establecimiento bajo forma de boronatrocalcita y sulfato de zinc (respectivamente), en dosis variables según lo indique el análisis. Como sugerencia, se pueden aplicar 25 kilos de boronatrocalcita y 20 kilos de sulfato de zinc por hectárea, dosis que deben ajustarse caso a caso.



La fertilización anual o de mantenimiento del huerto tiene como finalidad suministrar los nutrientes necesarios para lograr un adecuado crecimiento y desarrollo de las estructuras de los árboles.

Durante el período de formación del huerto (1-4 años), desde el establecimiento, es importante observar atentamente la actividad vegetativa de los árboles, que debe ser elevada para obtener una rápida formación de la estructura esquelética del árbol. No obstante, no puede ser excesiva porque retarda la entrada en producción de los avellanos.

5.4 Nitrógeno

Es el principal nutriente a considerar debido a su influencia sobre la actividad vegetativa de los árboles durante la fase de formación y en producción. Es uno de los componentes más importantes de algunos compuestos orgánicos presentes a nivel celular como: aminoácidos, ácidos nucleicos, enzimas y transportadores de energía ADP (adenosindifosfato) y ATP (adenosintrifosfato). En ausencia de nitrógeno, los árboles de avellano no pueden desarrollar sus procesos vitales, sobre todo en etapa de crecimiento para formar nuevas células. Un suministro reducido de éste afecta los procesos de crecimiento y reproducción. Dicho nutriente acentúa el vigor de los árboles, promueve un crecimiento rápido durante su fase de formación y en la fase reproductiva determina la formación de brotes de mayor longitud (25-30 cm), favoreciendo la producción de los órganos reproductivos y una buena fructificación. Durante la fase de formación la fertilización nitrogenada recomendada es de: 30, 50, 100, 120 y 150 kilos de nitrógeno por hectárea desde el 1º al 5º año, evitando aplicar el fertilizante cerca del tronco del árbol. Estas dosis sugeridas son recomendaciones generales que se deberán ajustarse caso a caso por parte de un especialista. El avellano utiliza parcialmente el nitrógeno aportado por la fertilización, en gran medida aquel elemento almacenado en los órganos de reserva del árbol. Por ello, la función principal de la fertilización nitrogenada es la “reconstrucción” de las reservas de la planta. Estudios realizados por INIA Carillanca e instituciones extranjeras, han determinado la importancia de fraccionar la aplicación de nitrógeno (primavera, en dos oportunidades y eventualmente en otoño), permitiendo una mayor eficiencia de utilización de dicho elemento por los árboles. Se sugiere parcializar la fertilización nitrogenada de la siguiente manera:



Cuadro 2. Fraccionamiento de la fertilización nitrogenada para un huerto de avellano.

Fraccionamiento (%)	Época
35-40	Agosto-Septiembre
50	Noviembre-Diciembre
oct-15	Febrero-Marzo*

(*) La aplicación de bajas dosis al final de la temporada, previo a la caída de hojas tiene como finalidad aumentar las reservas internas de nitrógeno en los órganos de reserva de los árboles.

El fraccionamiento de la fertilización nitrogenada (2-3 aplicaciones), es importante para evitar pérdidas por lixiviación y siendo ello aún de mayor relevancia en suelos arenosos en que éstas se acentúan. Durante las aplicaciones de noviembre diciembre es preferible utilizar nitrógeno amoniacal para disminuir las pérdidas de este elemento.

Los mayores requerimientos de nitrógeno ocurren en primavera. Entre un 75-85% de este elemento debe aplicarse entre septiembre-octubre y noviembre-diciembre y un 10-15% restante a fines de la temporada vegetativa. Las aplicaciones de pequeñas cantidades previo a la caída de hojas (marzo-abril) permiten aumentar las reservas nitrogenadas internas del árbol. El nitrógeno de reserva permite el inicio del desarrollo vegetativo, desde brotación, cuando la planta aún no tiene la capacidad de absorber este elemento en forma eficiente desde la solución del suelo.

La cantidad total de nitrógeno a aplicar por árbol debe considerar el mantenimiento del suelo y las extracciones del cultivo, como el potencial hídrico de éste, edad de los árboles, condiciones vegetativas, densidad de plantación, entre otros.



Estudio de fertilización nitrogenada parcializada en huertos jóvenes de avellano europeo.

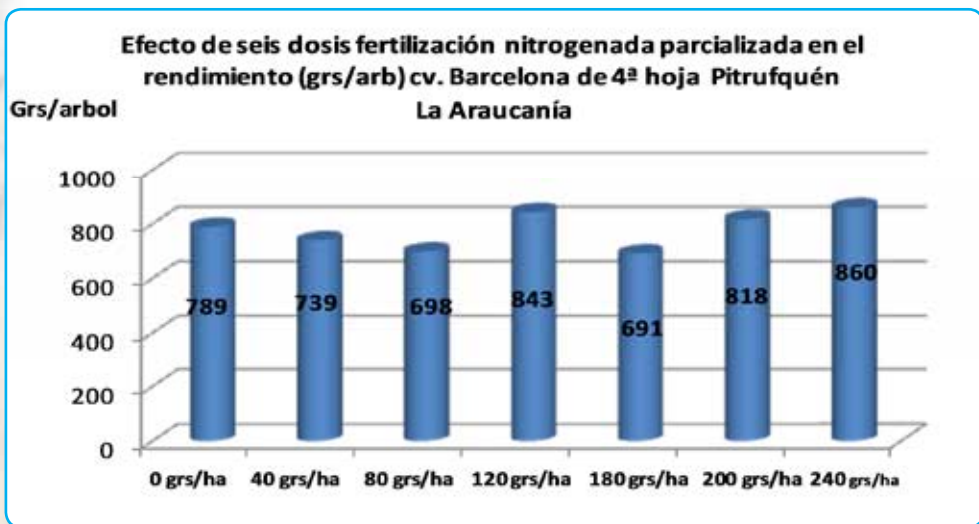


Fig. 5. Efecto de la fertilización nitrogenada parcializada en 3 oportunidades sobre el rendimiento promedio (grs/ha), c.v Barcelona chilena, 4ª hoja, comuna de Pitruquén, Región de La Araucanía.

En el estudio, que contempló la parcialización en tres oportunidades (noviembre (35%), diciembre (50%) y marzo (15%)) de 6 dosis de nitrógeno, no se han evidenciado durante la primera temporada del ensayo diferencias importantes entre los distintos tratamientos. Lo anterior, se debería a que las plantas están iniciando su fase de producción. Por otro lado, para la segunda temporada se espera una mayor respuesta de los niveles productivos de los árboles debido a la acumulación del nitrógeno en los órganos de reserva de la planta. Producto de la removilización de este elemento al resto de la planta, se visualiza una mayor producción para la próxima temporada.

5.5. Fósforo.

Es constituyente del ATP compuesto orgánico que tiene como función el almacenamiento y transporte de energía en el árbol. Forma parte de los ácidos nucleídos y participa en los procesos de reproducción. Cabe destacar su acción positiva sobre la fecundación y fructificación. Sin embargo, la fertilización ejerce un efecto mínimo sobre el rendimiento del cultivo. No obstante lo anterior, en suelos ácidos de origen volcánico del sur de Chile, con alta retención de fósforo es importante considerar su incorporación, especialmente previo a la plantación, en forma localizada (hoyo de



plantación), a objeto de favorecer el desarrollo radicular de la planta. En las hojas los valores óptimos varían entre 0,14-0,16%. Se sugiere incorporar el fósforo durante la fertilización de base en dosis de 300 a 350 kg de P_2O_5 ha⁻¹ (dosis sólo de referencia). La carencia de fósforo determina un pobre crecimiento radicular y baja floración. La fertilización fosfatada tradicional al suelo es recomendable durante el invierno (mayo-julio), incorporándola al suelo mediante máquinas apropiadas y permitiendo de esta manera que esté disponible para los árboles en primavera. Al no existir la maquinaria ad hoc para su localización, este elemento se puede aplicar localizado en el suelo realizando al menos 3 orificios en torno a las plantas (25-30 cm de profundidad) con “barreno” u otra herramienta, a objeto de incorporarlo en profundidad cercano a las raíces y permitir su absorción por el sistema radicular de los árboles. Con fertirrigación este elemento se podría aportar a través de fertilizantes solubles en verano, durante los momentos en que ocurre un peak de crecimiento de raíces (diciembre y marzo) y la fecundación y fructificación. La dosis depende de los resultados de los análisis de suelo y foliares, los cuales deben interpretarse por un especialista para definir el plan de fertilización.

5.6 Potasio.

Este nutriente influye positivamente en la calidad de la producción, fortaleciendo la asimilación de nitrógeno en las hojas y el desarrollo de la semilla. Por otro lado, permite el movimiento del agua, abertura de estomas, ejerciendo un rol fundamental en la economía del agua. Este elemento, también favorece la fotosíntesis y tiene un rol activo en el transporte de los compuestos formados durante dicho proceso. Además, permite tener una cantidad adecuada de celulosa y lignina que proporcionan rigidez y estructura a los árboles. En las hojas, cantidades adecuadas varían entre 0,9-1,0%. La carencia provoca necrosis o muerte de tejido en los márgenes de las hojas y además ocasiona retraso en la brotación. La absorción más importante de éste ocurre en los meses de enero y febrero, que corresponde a un crecimiento intensivo de los frutos (semilla). Las épocas más adecuadas para su aplicación son: julio a septiembre (60% del total) y diciembre a enero (40% del total). Las dosis de potasio a aplicar dependen de la disponibilidad de este elemento en el suelo, de la concentración en las hojas y de los requerimientos del cultivo. En suelos arenosos y sin fertilización básica se sugiere la aplicación de 20 kg de K_2O ha⁻¹ p (2º año), 30 kg K_2O ha⁻¹ (3º año), 40 kg K_2O ha⁻¹ (4º año) y 50 kg K_2O ha⁻¹ (100 kg de sulfato de potasio) al 5º año de establecido el cultivo. Es recomendable fraccionar también su aplicación para evitar pérdidas desde el suelo, particularmente aquellos de textura arenosa. Las principales fuentes utilizadas son sulfato de potasio y nitrato de potasio, también indicadas para fertirrigación. El cloruro de potasio no se recomienda como fertilizante potásico en avellano, que puede ocasionar problemas de fitotoxicidad.



5.7 Magnesio

Es un elemento fundamental de la clorofila, de la que depende la actividad fotosintética de los árboles. Participa en la formación y acumulación de hidratos de carbono, azúcares, proteínas, vitaminas y otros. Las épocas más adecuadas para su aplicación son: julio a noviembre y diciembre a enero. Se ha observado una mejor absorción de éste en árboles con mayor que tienen más aporte de nitrógeno o con aplicaciones de nitrato de magnesio, sulfato de magnesio. Las dosis a aplicar se establecen en base a análisis químicos de suelo y foliares. Como recomendación general se pueden aplicar entre 15 a 20 kg de $MgO\ ha^{-1}$.

Cuadro 3. Fuentes de fertilizantes magnésicos más importantes.

Fertilizante	Composición (% MgO)
Dolomita	20
Sulfato de Magnesio	7 -16
Sulfato de potasio y Magnesio	18

Cabe indicar que las aplicaciones foliares con productos a base de magnesio, en primavera durante la fase de crecimiento vegetativo y fecundación (octubre noviembre) han permitido mejorar el crecimiento y rendimientos de los árboles.

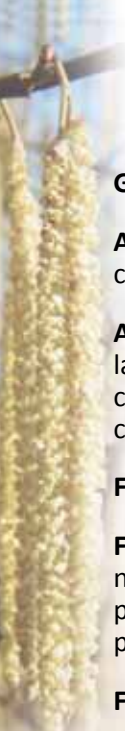
5.8 Calcio

Favorece la asimilación y movilización de otros elementos. Particularmente en suelos ácidos, influyendo en el desarrollo de las raíces y por tanto del dosel vegetativo. La carencia de calcio predispone a las plantas a una mayor sensibilidad al frío. En suelos ácidos del sur de Chile, es recomendable encalar el terreno previo a la plantación y aplicaciones anuales de calcio, bajo forma de carbonato de calcio en torno a los árboles o a lo largo de la hilera de plantación. En términos generales, se pueden aplicar entre 1,5-2,0 ton ha^{-1} incorporado al suelo, a través de fertilización de fondo, antes de plantación. Posteriormente, aplicaciones de 200-300 gr/planta⁻¹ han determinado efectos positivos sobre el crecimiento de los árboles, especialmente en huertos jóvenes establecidos en la zona centro sur y sur de Chile.



5.9 Boro

Este elemento favorece la diferenciación de las yemas, germinación del polen, traslocación de carbohidratos, mejorando la cuaja y el rendimiento final del cultivo. Aplicaciones foliares con boro a caída de hojas y en primavera, entre los meses de octubre y noviembre, han permitido mejorar la cuaja, calidad de la fruta y rendimiento de los árboles, en particular en suelos con deficiencias de dicho nutriente. Buenos resultados se han logrado también con productos foliares en base a nitrógeno, zinc y boro en tratamientos en otoño y primavera.



GLOSARIO

Adenosindifosfato (ADP): compuesto importante del intercambio energético de la célula.

Adenosintrifosfato (ATP): compuesto que actúa como intercambiador de energía en la célula, capturando la energía que se libera en la respiración celular (la cual se conserva en los enlaces fosfato). Su energía se puede utilizar en muchos procesos celulares, como síntesis de almidón o proteínas, captación iónica, otros.

Fecundación: fusión de dos gametos que originan el cigoto.

Fotosíntesis: proceso que utiliza energía luminosa para sintetizar una sustancia nutritiva a partir de moléculas de agua y gas carbónico. Las plantas utilizan la glucosa para sintetizar almidón (reserva energética) y la celulosa con la que se forman las paredes celulares.

Fruto: ovario maduro con o sin estructuras accesorias.

BIBLIOGRAFÍA

Bignani C y Natali (1992). Relazione idriche e fotosíntesis di alcune specie da frutto. Atti delle Giornate Scientifiche SOI; 174-175.

Bignami C; De Salvador R y Stramboli G (1999). Aspetti agronomici e prospettive di valorizzazione della coltura italiana. Frutticoltura Nº 11, p. 16-27.

Corte M; Botta R; Valentin N, Me G y Ghiardello D (2009). Fertilizzazione del nocciuolo: risultati di un'indagine quinquennale per l'ottenimento di produzione di qualità. Ricerca Applicata in Coricoltura, Cresso, p.17-25.

Ellena M y Montenegro A (2006): Establecimiento del huerto, p. 61-70. Boletín INIA-Nº 135.



CAPÍTULO 6.

RIEGO.

Leovijildo Medina, Miguel Ellena, Paola Sandoval, Abel González y Gustavo Azócar.

Los árboles frutales responden de diferentes formas frente a condiciones de estrés hídrico. Como resultado de situaciones cambiantes a este escenario, se le suma un proceso acumulativo de permanencia en el árbol, haciendo que en un huerto los efectos residuales sean más importantes que los efectos inmediatos.

El avellano es una especie sensible a la falta de agua y presenta una baja capacidad de regulación estomática. Los árboles en condiciones de estrés hídrico presentan una disminución de la funcionalidad foliar y la capacidad asimilativa de la copa. Lo anterior, afecta negativamente el crecimiento, formación de la estructura, productividad de la planta y algunas características industriales de las avellanas como aumento del porcentaje de frutos vanos y disminución del rendimiento al descascarado. El estrés hídrico provoca una caída prematura de frutos en etapa de fructificación. El avellano, tiene un ciclo anual bastante complejo con sobreposición de estados fenológicos de crecimiento vegetativo y desarrollo del fruto durante los meses de diciembre y enero. En tal sentido, requiere una adecuada disponibilidad hídrica para atenuar la competencia entre los diferentes órganos del árbol.

El manejo del agua aplicada a los avellanos, tiene como objetivo suplir los requerimientos que tienen los árboles en la cantidad y oportunidad que estos necesitan del recurso para influir en sus efectos residuales e inmediatos, para expresar su máximo potencial de crecimiento (etapa de formación) y productivo una vez superada esta fase. El conocimiento de los requerimientos de agua del árbol y la respuesta fisiológica, tanto a los excesos como a la falta de ella en cada etapa, es fundamental para una adecuada programación del abastecimiento de agua en función de la producción y calidad de los frutos.

Los requerimientos de agua del árbol en cada etapa fenológica son variables y dependientes de la genética, variedad, condiciones del clima y suelo, estado de desarrollo, manejo cultural (poda, nutrición, control de malezas, enfermedades y plagas). El estado de desarrollo durante el ciclo anual de los árboles influye en los requerimientos de riego de cada temporada y por otra parte, con la edad de los árboles



varía el consumo de agua de un año al siguiente. En el caso de los avellanos se alcanza su pleno desarrollo entre los 8 y 9 años. En la etapa adulta la producción de un año es el resultado de la diferenciación que ocurre en el ciclo anterior. De ahí la importancia de mantener sin estrés hídrico una planta, de manera que en función del objetivo productivo del huerto, se controle en forma anticipada la cantidad y calidad de frutos.

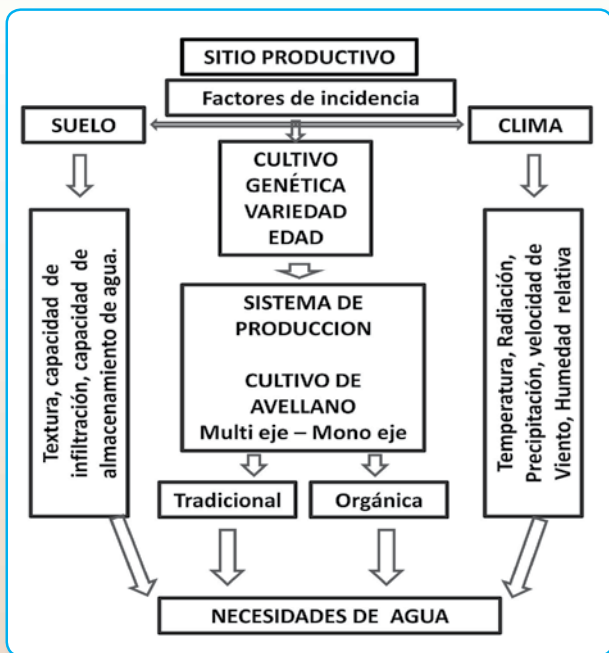


Figura 1. Esquema de necesidad de agua para un huerto de avellano

En un huerto planificado para la producción de frutos, el riego es una práctica necesaria desde la plantación en adelante, con diferentes énfasis en la cantidad y oportunidad de la aplicación de agua en cada etapa anual y durante cada año. En particular, durante los primeros años (fase de formación del huerto), para disponer de árboles desarrollados y vigorosos posteriormente en la etapa de producción. En el caso de no existir un sistema de riego tecnificado al momento de plantación, y durante los primeros años, se recomienda regar en forma auxiliar mediante carro aljibe una vez por semana entregando entre 12-15 litros de agua por planta entre los meses de diciembre a marzo, dependiendo de las condiciones climáticas de la temporada. En los ambientes de la zona sur de Chile (regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos), es necesario considerar el riego durante el verano, momentos cruciales para el crecimiento anual de brotes, inducción floral, crecimiento y llenado de fru-



tos. En el caso de árboles en etapa reproductiva, la falta de agua ocasiona un mayor porcentaje de frutos con defectos, menor producción por hectárea al descascarado y mayor probabilidad de alternancia de producción.

El avellano europeo requiere una pluviometría anual mayor a 700 mm bien distribuidos para su desarrollo y obtención de buenos resultados productivos en condiciones de secano. En la zona sur de Chile, con un período de sequía entre los meses de diciembre a marzo, es necesario contar con riego tecnificado o tipo auxiliar para favorecer el crecimiento de las plantas, anticipar la entrada en producción y desarrollo de los frutos como ya se indicó. Entre los meses de enero, febrero y marzo ocurren las fases críticas del ciclo biológico anual del cultivo, durante el cual una serie de procesos (crecimiento de brotes, del fruto, de la semilla, diferenciación a flor de las yemas, síntesis de elaborados), se sobreponen y pueden entrar en recíproca competencia. Sobre todo, si algunos de los factores productivos resultan limitantes. En zonas, más secas (con menor pluviometría y mala distribución), como el secano interior de Malleco (Lumaco, Purén, Los Sauces) y en la zona de Angol y Renaico, puede ocurrir un secado parcial de las hojas y en casos más graves la caída anticipada de hojas, con resultados negativos sobre el desarrollo de los árboles lo que a su vez afecta la productividad y calidad de los frutos de avellana.

Esta especie, tiene baja resistencia al estrés hídrico y por tanto, bajo condiciones de déficit de agua disminuye la funcionalidad del sistema foliar y la capacidad asimilativa de la copa de los árboles. Cabe destacar que en la zona sur de Chile, los aportes hídricos en general son efectuados en forma empírica y a menudo en los huertos se realizan aportes de agua no adecuados a los requerimientos de los árboles, tanto por la falta y comúnmente por exceso. El agua, es actualmente un recurso limitado en diferentes localidades de la zona centro sur y sur de Chile. Por ello, es necesario definir, en base a datos objetivos, la cantidad de agua a aplicar (riego), compatible con buenos resultados en términos de cantidad y calidad de frutos. Por este motivo INIA Carillanca tiene actualmente en curso investigaciones al respecto y cuyos resultados preliminares se presentarán en este capítulo.

En los primeros años (fase de formación del huerto), el avellano presenta un aparato radicular superficial y poco desarrollado, con escasa capacidad de exploración del suelo. En esta fase, la reposición de un volumen de agua superior a la cantidad calculada, en base a los coeficientes de cultivo que consideran el desarrollo de la copa, pueden acelerar la entrada en producción y el alcance de la fase de plena producción.

En avellano europeo, bajo condiciones de riego la presencia de raíces no sobrepasa los 60 cm de profundidad, concentrándose éstas en los primeros 40 centímetros, aún cuando también pueden existir algunas a mayor profundidad. En plantas bajo riego, la densidad de raíces y raicillas es mayor que en aquellas no regadas.

En avellano no regado la concentración de raíces es superficial y de diámetros menores que en plantas con riego.



Foto 1. Desarrollo radicular de un árbol joven de avellano, c.v Barcelona durante su segundo año de plantación



Foto 2. Desarrollo radicular de un árbol joven de avellano, c.v Tonda di Giffoni durante su segundo año de plantación.



Bajo condiciones agroecológicas de diferentes áreas plantadas con avellano, entre la zona centro sur y sur del país, las precipitaciones anuales no garantizan un buen desarrollo de los árboles en los primeros años desde su establecimiento, produciéndose efectos negativos sobre el crecimiento de brotes, superficie foliar, diámetro del tronco y volumen de la copa. Se exceptúan de ello, ciertas localidades con mayores precipitaciones en primavera e inicios de verano que permiten un buen crecimiento de los árboles durante su fase de formación, como también algunas temporadas con mayor pluviometría. Estas localidades, se ubican principalmente en zonas pre cordilleras y de Gorbea al sur a excepción de huertos ubicados en La Unión (Región de los Lagos), caracterizada por presentar veranos secos.

Trabajos realizados en el extranjero para diferentes frutales y en avellano, han determinado que la restitución del 75% de la evapotranspiración potencial (ETp), ha permitido obtener un buen equilibrio entre crecimiento vegetativo y cantidad, como calidad de la producción.

6.1. Determinación de necesidades de riego

Para determinar las necesidades de agua a aplicar a una planta de avellano mediante riego se han desarrollado y experimentado metodologías que relacionan elementos del clima y la planta, que permiten estimar la Evapotranspiración potencial (ETp), en una primera etapa. Luego, de acuerdo al desarrollo de cada etapa fenológica se asocia un coeficiente de cultivo que determinará la evapotranspiración real (Etr) o también denominada Uso Consumo (UC) de agua, esto se puede realizar de acuerdo a la relación:

$$Etr \text{ (mm/día)} = ETp \text{ (mm/día)} \times Kc$$

Donde:

Etr: Evapotranspiración Real en mm/día

ETp: Evapotranspiración potencial o de referencia en mm/día

Kc: Coeficiente de Cultivo, representa el estado de desarrollo fenológico del árbol de avellano, adimensional.



En el país, existen datos de evapotranspiración diaria que pueden consultarse en el sitio web www.agroclima.cl.

A modo de referencia, a continuación se muestran datos de evapotranspiración potencial para diferentes localidades del país (Tabla 1).

Tabla 1. Datos medios de evapotranspiración potencial en diferentes localidades de Chile.

Evapotranspiración Potencial		Angol	Nueva Imperial	Gorbea	Rio Bueno	Osorno
Mes	Días	Etp (mm/mes)				
Enero	31	237	161,3	185	150	143,7
Febrero	28	208	126,1	162	152	104,8
Marzo	31	148	93,5	131	111	73,9
Abril	30	104	48	79	64	37,7
Mayo	31	47	27,5	40	30	21,8
Junio	30	39	26,3	21	8	14,6
Julio	31	36	20	18	10	17,9
Agosto	31	54	30,6	37	24	24,5
Septiembre	30	70	57,8	64	44	40,8
Octubre	31	126	83,3	88	78	64,9
Noviembre	30	165	101,2	119	94	95,7
Diciembre	31	247	145,3	121	112	138,8



Tabla 2. Datos medios de precipitación en diferentes localidades del sur de Chile

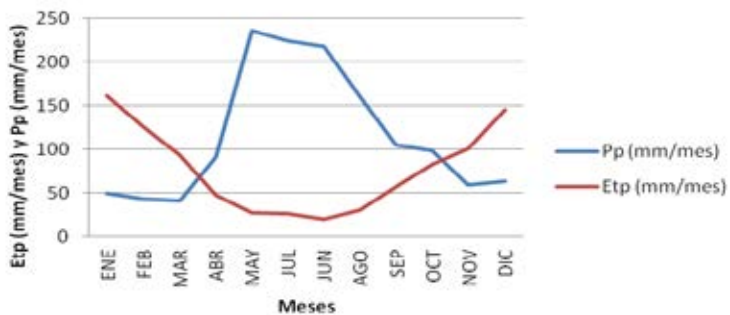
Precipitación		Angol	Nueva Imperial	Gorbea	Rio Bueno	Osorno
Mes	Días	Pp (mm/mes)				
Enero	31	21,4	50,2	52,3	41,5	63,6
Febrero	28	15,8	43	85,5	42,3	49,7
Marzo	31	25,6	41,2	67,4	57,6	46,4
Abril	30	56,8	91,1	167,3	87,2	114,7
Mayo	31	190,1	236,6	301,2	200,2	253,7
Junio	30	224,8	224,9	309,7	222,7	184,4
Julio	31	207,9	218,1	274	192,4	225,6
Agosto	31	146,8	160,5	328	163,3	143,9
Septiembre	30	79,3	105,6	189	113,3	124
Octubre	31	44,3	99,2	135,8	60,5	72,9
Noviembre	30	23,6	59,9	123,3	46,2	60,8
Diciembre	31	18,4	63,7	105,1	40	43,3

Se aprecia un comportamiento histórico de precipitaciones y de evapotranspiración potencial, en la zona de estudio (Nueva Imperial, Gorbea y Osorno), donde se refleja un déficit de agua a partir de septiembre-octubre en adelante, hasta marzo de cada año. Ello determina que en condiciones de secano el agua retenida en el suelo no sea suficiente para lograr un buen desarrollo y producción de avellana. En huertos establecidos, dependiendo de la exposición y tipo de suelo, puede producirse una importante cantidad de plantas muertas, lo que obliga al replante.

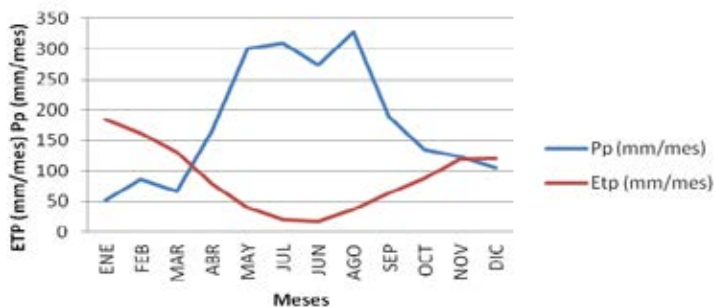
El coeficiente de cultivo (K_c), corresponde al ajuste que permite calcular la evapotranspiración real (E_{tr}) a partir de la Evapotranspiración Potencial (E_{tp}). Los valores están relacionados con las características de cada cultivo, por lo tanto son específicos y dependen del estado de desarrollo y las etapas fenológicas de éste, por ello sus valores son variables en el tiempo.



**Imperial : Evapotranspiración potencial y precipitación
(mm/mes) Respecto del Tiempo (meses)**



**Gorbea . Evapotranspiración potencial y Precipitación
(mm/mes) respecto del Tiempo (meses)**



**Osorno :Evapotranspiración potencial y precipitación
(mm/mes) respecto del tiempo (meses)**

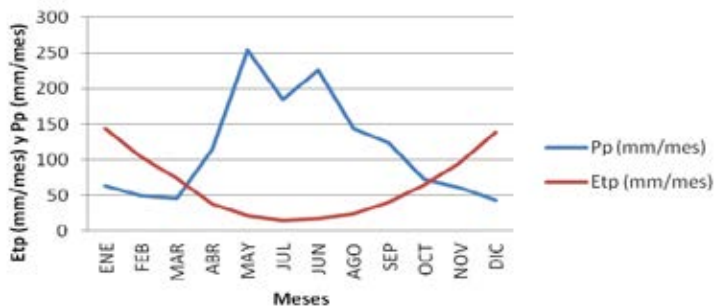


Figura 3. Evapotranspiración potencial (mm/mes) y Precipitación para Nueva Imperial, Gorbea y Osorno.



Los valores de K_c , deben ajustarse a condiciones locales, asociados al desarrollo de cada plantación, inserta en un ambiente climático, calidad de planta, sistemas productivos en mono y multi eje.

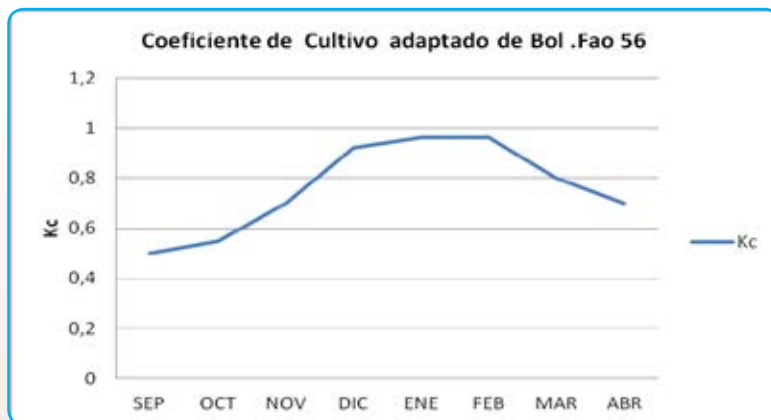


Figura 4: Coeficiente de cultivo referencial para avellano.

A partir de valores de Evapotranspiración Potencial para cada localidad y valores de coeficiente de cultivo referencial, se puede generar valores de consumo de agua para una plantación de avellanos.

A Continuación se presentan valores de E_{Tr} para Nueva Imperial, Gorbea y Osorno.

Tabla 3. Evapotranspiración real (mm/día).

	Nueva Imperial	Gorbea	Osorno
Mes	Etr (mm/día)		
Enero	5	5,7	4,5
Febrero	4,3	5,6	3,6
Marzo	2,4	3,4	1,9
Abril	1,1	1,8	0,9
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre	1	1,1	0,7
Octubre	1,5	1,4	1
Noviembre	2,4	2,8	2,2
Diciembre	4,3	3,5	4



6.2. Parámetros físico hídricos del suelo para el cultivo del avellano

Los parámetros físico-hídricos del suelo, asociados a las prácticas de riego, se relacionan directamente con la textura y espesor de cada estrata del perfil del suelo donde se desarrollan las raíces del avellano. Esto se considera un respaldo y aporte de aire, agua y nutrientes.

Un suelo arcilloso tiene gran cantidad de poros, por lo tanto almacena una gran cantidad de agua, pero el rango de entrega de ésta es limitada. Por otro lado, un suelo franco o trumao, tiene un volumen de poros menor que el suelo la arcilloso, pero su rango de disponibilidad de agua es mayor. Finalmente, un suelo arenoso tiene un gran volumen de macro poros, escasa retención de agua y disponibilidad reducida de ella para las plantas.

Estos elementos se deben considerar a la hora de determinar un programa de riego, y así no causar déficit de agua para las plantas.

La humedad del suelo es un parámetro dinámico, que varía rápidamente. Adicionalmente, el significado del contenido de humedad en éste no es absoluto y depende del tipo de suelo.

Para entender y hacer práctico los conceptos de la física de suelos aplicada al riego debemos comprender y entender esta situación, sabiendo que la cantidad de agua que el suelo es capaz de almacenar depende de su textura y estructura. El agua es retenida en el suelo por una energía o tensión y su valor se asocia a la cantidad de agua presente en éste que, dependerá de la textura asociada a tamaño de poros en donde actúan las fuerzas de cohesión y adhesión. Por lo tanto, en sentido inverso, se puede asociar con la energía o tensión que debe generar una planta de avellano para extraer el agua presente en el suelo. Este valor varía con la humedad y la textura de éste. Se entiende por tensión a la fuerza con que las partículas de suelo retienen el agua y que las plantas deben vencer para utilizarla. Así se fija un parámetro de uso práctico y concreto para realizar una estimación de la capacidad de retención de agua en un suelo, valor que puede calcularse con la siguiente expresión:

$$HA = [(CC - PMP) / 100] \times Dap \times Pr$$

Donde:

H.A: altura de agua aprovechable para el cultivo (mm).

CC: contenido de humedad de suelo, a capacidad de campo (CC). Indica el límite superior o máximo de agua útil para el árbol que queda retenida en el suelo contra la fuerza de gravedad. Está asociado a un potencial matricial de 0,33 Atm.



PMP: contenido de humedad del suelo, a punto de marchitez permanente. Indica el límite inferior o mínimo de agua útil para el árbol, asociado a un potencial matricial de 15 Atm.

Dap: densidad aparente del suelo (g cc^{-1}).

Pr: profundidad representativa de la muestra de suelo analizada (mm), representa por lo general la capa de suelo de profundización o colonización de raíces.

Como referencia, en la tabla 5 se muestran valores de contenido de humedad a capacidad de campo y punto de marchitez permanente, densidad aparente y porosidad para suelos con diferentes texturas de distintas texturas. Los datos específicos de cada gotero a nivel predial deben obtenerse a partir de muestras de suelo (por estrato), sometidos a análisis físico-hídricos de laboratorio.

Tabla 4. Valores de densidad aparente en grcc-1 , potencial matricial en Atm, capacidad de campo en %, Punto de marchitez Permanente en % , y Porosidad (%).

Textura	Dap (gr/cc)			CC (%) 0,33 Atm			PMP (%) 15 Atm			P (%)		
	Mín	Máx	Prom	Mín	Máx	Prom	Mín	Máx	Prom	Máx	Mín	Prom
Arenoso	1,55	1,8	1,68	6	12	9	2	6	4	42	32	37
Franco Arenoso	1,4	1,6	1,5	10	18	14	4	8	6	47	40	43
Franco	1,35	1,5	1,43	18	26	22	8	12	10	49	43	46
Franco Arcilloso	1,3	1,4	1,35	23	31	27	11	15	13	51	47	49
Arcillo Arenoso	1,25	1,35	1,3	27	35	31	14	16	15	53	49	51
Arcilloso	1,2	1,3	1,25	31	39	35	15	19	17	55	51	53

Nota: la densidad aparente de un suelo franco, franco-limoso (como el de INIA Carillanca) es baja, de aproximadamente 0,8-1,0.

Tabla 5. Parámetros físico hídricos: capacidad de campo, punto marchitez permanente, densidad aparente para una capa suelo de 60 cm , Nueva Imperial.

Perfil suelo	Cs (cm)	CC (%)	PMP (%)	Dap (g/cc)	HA (cm)	
0 - 17	17	38	23	1,15	2,93	
17 - 40	23	39	21	1,05	4,35	
40 - 60	20	42	24	0,97	3,49	
				HAt	10,77	cm
				HAt	107,72	mm



Tabla 6. Parámetros físico hídricos: capacidad de campo, punto marchitez permanente, densidad aparente para una capa suelo de 60 cm, Gorbea.

Perfil suelo	Cs (cm)	CC (%)	PMP (%)	Dap (g/cc)	HA (cm)
0 - 20	20	64	39	0,93	4,65
20 - 41	21	66	45	0,97	4,2777
41 - 53	12	63	40	1,05	2,898
53 - 60	7	58	37	1,16	1,7052
HAt					13,5309 cm
HAt					135,309 mm

Tabla 7. Parámetros físico hídricos: capacidad de campo, punto marchitez permanente, densidad aparente para una capa suelo de 60 cm, Osorno.

Perfil suelo	Cs (cm)	CC (%)	PMP (%)	Dap (g/cc)	HA (cm)
0 - 6	6	42	29	1,43	1,1154
6 - 16	10	35	26	1,61	1,449
16 - 40	24	43	32	1,29	3,4056
40 - 60	20	41	32	1,67	3,006
HAt					8,976 cm
HAt					89,76 mm

La humedad aprovechable total (HAt) de cada suelo da origen a un concepto de criterio de reposición de agua, es decir un punto en el cual la planta extrae este recurso del suelo desde el estado de capacidad de campo con tensión cero. En la medida que disminuye el agua aumenta la tensión, existiendo un punto denominado “umbral”, que al seguir extrayéndose, la planta comienza a disminuir su crecimiento. Ello se debe a que la planta gasta energía para la extracción de agua en desmedro de otras funciones fisiológicas, en el crecimiento y desarrollo del avellano, reflejado en la calidad de los frutos cosechados en cada temporada.

Este valor de reposición denominado Criterio de Riego (Cr), Umbral de Riego (Ur), Criterio de agotamiento de agua para realizar la reposición al sustrato o suelo, cualquiera sea la denominación, se debe tener claro que en diferentes etapas de desarrollo anual este valor tiene variación. Para efectos prácticos de operación se considera un valor fijo durante la temporada. El rango sugerido para este valor es de 0 a 45 % (0 - 0,45), sin embargo hay frutales y variedades que pueden regarse con valores de 0,6 sin sufrir daño productivo. En el caso de avellano europeo, se consideran valores no más allá de 35%, en huertos con planificación de riego.



Así para los suelos de Nueva Imperial, Gorbea y Osorno, la referencia de cantidad de agua a reponer por cada evento de riego se determina mediante la expresión:

$$Lr = (HA \times Ur)$$

Donde:

Lr : cantidad neta de agua a reponer en cada evento de riego en mm.

HA : humedad aprovechable o agua total presente en la capa de suelo en mm.

Ur : umbral de riego (como factor 0 - 0,45).

Tabla 8. Valores de lámina a reponer (Lr) para las comunas de Nueva Imperial, Gorbea y Osorno, de acuerdo a diferentes criterios de reposición.

			Agua a reponer por cada m2 en litros				
			Criterio de reposición				
Comuna	Cs (cm)	HA (mm)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Imperial	60	107,7	10,77	21,54	32,31	43,09	53,86
Gorbea	60	118,3	11,83	23,65	35,48	47,3	59,13
Osorno	60	89,76	8,98	17,95	26,93	35,9	44,88

Tabla 9. Valores referenciales de cantidad de agua a reponer por cada metro de superficie en litros, para las comunas de Imperial, Gorbea y Osorno, de acuerdo a diferentes criterios de reposición.

			Lámina de agua a reponer (mm)				
			Criterio de reposición				
Comuna	Cs (cm)	HA (mm)	10%	20%	30%	40%	50%
Imperial	60	107,7	10,77	21,54	32,31	43,09	53,86
Gorbea	60	118,3	11,83	23,65	35,48	47,3	59,13
Osorno	60	89,76	8,98	17,95	26,93	35,9	44,88



Un huerto con riego planificado debe considerar la metodología de suministro de agua, que tiene una eficiencia de aplicación, valores estandarizados mediante evaluaciones de campo. Esto permite aplicar la cantidad de agua efectiva que puede utilizar una planta.

Tabla 10. Referencial de valores de eficiencia de aplicación (Efa) de métodos de riego.

Método de Riego	Eficiencia aplicación (%)
Surco	30-60 %
Platabanda	40-60 %
Aspersión	70-80 %
Micro aspersión	75-85 %
Goteo	80-95 %
Tubería exudante	90-95 %

A continuación se presentan valores de agua a reponer en términos reales, en función de métodos de riego por surco, aspersión y goteo. Esto permite dimensionar las cantidades de agua a disponer para efectuar una planificación de un huerto de avellanos regado, con el fin de mantener un equilibrio entre la cantidad de agua que utiliza la planta y la cantidad de agua efectiva a disponer por cada evento de riego



Tabla 11. Valores referenciales de agua efectiva a reponer para método de riego por surco para Nueva Imperial, Gorbea y Osorno.

Surco			Agua a reponer por cada m ² en litros				
Efa 30%			Criterio de reposición				
Comuna	Cs (cm)	HA (mm)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Imperial	60	107,72	35,91	71,81	107,72	143,62	179,53
Gorbea	60	118,26	39,42	78,84	118,26	157,68	197,1
Osorno	60	89,76	29,92	59,84	89,76	119,68	149,6

Tabla 12. Valores referenciales de agua efectiva a reponer para método de riego por aspersión para Nueva Imperial, Gorbea y Osorno.

Aspersión			Agua a reponer por cada m ² en litros				
Efa 80%			Criterio de reposición				
Comuna	Cs (cm)	HA (mm)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Imperial	60	107,715	13,46	26,93	40,39	53,86	67,32
Gorbea	60	118,26	14,78	29,56	44,35	59,13	73,91
Osorno	60	89,76	11,22	22,44	33,66	44,88	56,1

Tabla 13. Valores referenciales de agua efectiva a reponer para método de riego por goteo para Nueva Imperial, Gorbea y Osorno.

Goteo			Agua a reponer por cada m ² en litros				
Efa 90%			Criterio de reposición				
Comuna	Cs (cm)	HA (mm)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Imperial	60	107,72	11,97	23,94	35,91	47,87	59,84
Gorbea	60	118,26	13,14	26,28	39,42	52,56	65,7
Osorno	60	89,76	9,97	19,95	29,92	39,89	49,87

6.3. Frecuencia de Riego.

La frecuencia de riego se refiere al período de tiempo entre un riego y el siguiente. Este tiempo es el resultado de un balance entre la oferta de agua disponible en el suelo y/o sustrato y el consumo de agua realizado por el cultivo de avellano, en función de su crecimiento. Así entonces, ocurrido un riego, situación en la cual de forma artificial entregamos agua al suelo, generando un contenido de agua



presente en el suelo en condiciones favorables para la extracción a un bajo costo energético por parte de la planta, es decir a las raíces les cuesta poca energía para vencer el potencial matricial del suelo. El consumo de agua se genera a través del proceso de evaporación desde el suelo y transpiración asociada a la vegetación, en su conjunto denominada Evapotranspiración real. La determinación de tiempo entre riegos es determinada estableciendo umbrales de riego.

Se define umbral de riego a una disminución porcentual de agua respecto del total de agua que un suelo puede retener después de un riego. Este valor va de 0 a 0,45 en promedio y el valor a utilizar dependerá de la sensibilidad a estrés del cultivo por variedad y durante cada estado fenológico anual. El valor de Frecuencia de riego se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$FR = (HA \times Ur) / ETr$$

Donde :

FR = frecuencia de riego en días.

HA: humedad aprovechable en mm.

Ur: umbral de riego como índice 0 a 0,45 (o bien 0- 0,60).

(HA x Ur): cantidad de agua a consumir por el cultivo antes de regar
(Oferta de agua)

Etr: evapotranspiración Real en mm/día (Consumo de Agua)



Tabla 14. Referencia de Frecuencia de riego para Umbral de riego de 30 %, en Nueva Imperial, Gorbea y Osorno.

	Nueva Imperial	Gorbea	Osorno
Mes	Etr (mm/mes)		
Enero	5	5,73	4,45
Febrero	4,32	5,55	3,59
Marzo	2,41	3,38	1,91
Abril	1,12	1,84	0,88
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre	0,96	1,07	0,68
Octubre	1,48	1,42	1,05
Noviembre	2,36	2,78	2,23
Diciembre	4,31	3,51	4,03

	Nueva Imperial	Gorbea	Osorno
HA (mm)	107,7	118,26	89,76
UR	0,3	0,3	0,3
LR (mm)	32,31	35,478	26,93
Frecuencia de Riego (días)			
	Nueva Imperial	Gorbea	Osorno
	6	6	6
	7	6	7
	13	10	14
	29	19	31
	34	33	40
	22	25	26
	14	13	12
	7	10	7

Ejemplo de cálculo.

Se presenta el procedimiento para estimar cuánto regar, cuándo regar para la comuna de Nueva Imperial

El cuánto regar. Basado en suelo y planta.

Tabla 15. Características para suelo sitio Nueva Imperial.

Perfil suelo	Cs (cm)	CC (%)	PMP (%)	Dap (g/cc)	HA (cm)
0 - 17	17	38	23	1,15	2,93
17 - 40	23	39	21	1,05	4,35
40 - 60	20	42	24	0,97	3,49
				HAt	10,77
				HAt	107,72

cm
mm



$$HA_1 = ((38\% - 23\%) / 100) \times (1,15 \text{ gr/cc}) \times 17 \text{ cm} = 2,9 \text{ cm}$$

$$HA_2 = ((39\% - 21\%) / 100) \times (1,05 \text{ gr/cc}) \times 23 \text{ cm} = 4,3 \text{ cm}$$

$$HA_3 = ((42\% - 24\%) / 100) \times (0,97 \text{ gr/cc}) \times 24 \text{ cm} = 3,5 \text{ cm}$$

Luego:

$$HA_1 + HA_2 + HA_3 = 2,9 + 4,3 + 3,5 = 10,8 \text{ cm}$$

$$A = 10,8 \text{ cm}$$

$$HA = 107,7 \text{ mm}$$

$$HA = 107,7 \text{ l x m}^2$$

Un suelo de profundidad 60 cm, es capaz de retener 107,7 litros por cada metro cuadrado de superficie.

Fijamos el Umbral de riego.

Así si Ur es 30 %, la cantidad de agua se determina con la expresión:

$$Lr = HA \times Ur$$

$$Lr = 107,7 \text{ mm} \times 0,3 = 32,31 \text{ mm}$$

$$32,31 \text{ l x m}^2$$

Significa que para una capa de suelo de 60 cm, se regará cuando desde el suelo por efecto de evaporación y transpiración se pierdan 32,31 litros de agua por cada metro cuadrado de superficie cultivada con avellano, en términos de cantidad neta de agua.

Este valor debe ser corregido por el método de aplicación, así se debe disponer de volúmenes de agua superiores.

$$Va = Lr/Efa$$



En donde :

Va: volumen de agua aplicar por riego en litros por cada metro cuadrado de cultivo.

Lr: agua neta a reponer en litros por cada metro cuadrado de cultivo.

Afa: eficiencia de aplicación del método de riego a utilizar

Tabla 16. Eficiencia de riego según la técnica de aplicación de agua.

Método riego	Efa (%)
Riego Tendido	20-30
Surco	30-60
Surco en curva de Nivel	40-70
Riego por surco mediante pulsos de riego	40-85
Platabanda	65-85
Aspersión	70-85
Microaspersión	85-90
Goteo	90-95
Tubería Exudante	90-95

Surco : $Va = 32,31 \text{ mm} / 0,3 = 107,7 \text{ mm}$

Aspersión : $Va = 32,31 \text{ mm} / 0,8 = 40,39 \text{ mm}$

Goteo : $Va = 32,31 \text{ mm} / 0,9 = 35,9 \text{ mm}$

Los valores indican la cantidad efectiva de agua a disponer al momento de regar con un sistema de riego.



Si es riego por surco debo disponer de 107,7 litros de agua para colocar en 1 m² de superficie y mojar un perfil de 60 cm. Si es riego por aspersión debo disponer de 40,39 litros de agua para colocar en 1 m² de superficie y mojar un perfil de 60 cm. Si es riego por aspersión debo disponer de 35,9 litros de agua para colocar en 1 m² de superficie y mojar un perfil de 60 cm. Esta operación de estimación nos permite ajustar las cantidades de agua a aplicar en función de la cobertura de raíces y follaje real del árbol.

Esto significa que el agua almacenada en el suelo en los primeros 30 cm es de 107,7 mm, es decir 107,7 litros de agua por cada unidad de superficie (m²) de cultivo. La profundidad de suelo que se utiliza en el cálculo es la profundidad explorada por las raíces del árbol, así para avellano adulto tenemos una profundidad que varía entre los 50 y 70 cm en promedio.

Basado en clima y planta.

Se consideran valores de evapotranspiración real representativa del sitio y coeficientes de cultivo para el avellano.

Tabla 17. Referencia para sitio Nueva Imperial, de valores de Evapotranspiración real.

Mes	Días	Etp (mm/mes)	Etp (mm/día)	Kc	Etr (mm/día)	Etr (l x m2)
Enero	31	161,3	5,20	0,96	5,00	5,00
Febrero	28	126,1	4,50	0,96	4,32	4,32
Marzo	31	93,5	3,02	0,8	2,41	2,41
Abril	30	48	1,60	0,7	1,12	1,12
Mayo	31	27,5	0,89			
Junio	30	26,3	0,88			
Julio	31	20	0,65			
Agosto	31	30,6	0,99			
Septiembre	30	57,8	1,93	0,5	0,96	0,96
Octubre	31	83,3	2,69	0,55	1,48	1,48
Noviembre	30	101,2	3,37	0,7	2,36	2,36
Diciembre	31	145,3	4,69	0,92	4,31	4,31



Así para $E_{tr} \text{ (mm/día)} = E_{Tp} \text{ (mm/día)} \times K_c$

Mes: diciembre $E_{Tp} : 4,69 \text{ mm/día}$ $K_c : 0,92$

$E_{Tr} \text{ (mm/día)} = 4,69 \text{ (mm/día)} \times 0,92 = 4,31 \text{ (mm/día)}$

Este valor indica que el mes de diciembre una planta de avellano consume 4,3 litros por día en una superficie de 1 metro cuadrado.

Frecuencia de Riego.

Cada cuántos días regar, se determina con uso de la siguiente expresión.

$FR = L_r \text{ (mm)} / E_{tr} \text{ (mm/día)}$

Para diciembre

$L_r = 32,31 \text{ mm}$

$E_{Tr} = 4,31 \text{ mm/día}$

$FR = 32,31 \text{ (mm)} / 4,31 \text{ (mm/día)} = 7 \text{ días}$

Esto significa que cada evento de riego ocurre cada 7 días y se deberá aplicar al suelo un volumen de agua total mediante goteo de 35,9 litros de agua por cada metro cuadrado de superficie cultivada con avellano.

Tiempo de operación de un sistema de riego goteo.

Para estimar el tiempo de operación de un sistema, es necesario conocer la descarga del gotero (D_g), y la necesidad de agua a aplicar (V_a) por árbol.

Si $V_a = 35,9$ litros

2 goteros con descarga de 4 l/h cada uno

$$TR = (V_a \text{ (litros)} \times S \text{ (m}^2)) / D_g \text{ (l/h)}$$

$TR = 35,9 \text{ litros} / 8 \text{ l/h} = 4,8 \text{ horas}$

4 horas y 48 minutos.



Control de Riego

Observación visual y al tacto

El operador de riego necesita un entrenamiento asociado a la sensibilidad de cada individuo.

6.4. Empleo de instrumentos y equipos (sensores), para monitoreo de humedad del suelo.

El monitoreo de la humedad del suelo puede ser utilizado como elemento principal para manejar el riego o como complemento de un sistema, basado en la determinación de la evapotranspiración. En ambos casos es importante conocer las ventajas y limitaciones de los instrumentos que pueden ser utilizados.

Los sensores pueden clasificarse en base a la medición de la tensión con que es retenida el agua en el suelo (métodos tensiómetros) y por la cantidad de agua presente en el suelo (volumétricos). Entre los primeros se encuentran los tensiómetros y el medidor Watermark; y entre los segundos las sondas FDR y TDR entre otros equipos.

Los instrumentos que miden la tensión en el suelo poseen una cápsula porosa que debe permanecer en contacto con éste, a través de la cual el agua circula. El funcionamiento de dichos equipos consiste en establecer un equilibrio con la humedad del suelo, de modo que cuando esté seco, el agua sale desde la cápsula porosa hacia éste. Pero cuando el suelo está húmedo el agua ingresa a la cápsula porosa.

6.4.1 Tensiómetro.

El tensiómetro está compuesto por un tubo plástico lleno de agua en su interior cerrado herméticamente. En el extremo inferior existe una cápsula de cerámica porosa que se ubica en contacto con el suelo. En el extremo superior se encuentra un dispositivo que mide el vacío generado (vacuo metro). El tubo lleno con agua interactúa con las partículas de suelo y cuando el suelo está seco el agua sale al exterior produciéndose un vacío que es registrado por el instrumento.

Este instrumento tiene la ventaja que mide directamente la tensión del agua en el suelo, muestra un volumen de suelo adecuado, equivalente a una esfera de hasta 10 cm. y es posible utilizarlo en medidas continuas cuando la tensión se mide con un transductor de presión, entrenamiento mínimo para su mantención y la salinidad no afecta su lectura. Las desventajas del instrumento son un rango limitado de medida (<1 bar), lenta respuesta a los cambios de humedad en el suelo, Requiere que la instalación sea cuidadosa para que la cápsula porosa quede en contacto con el suelo y



no se formen burbujas de aire que afecten la lectura y mantención constante para rellenar el tubo con agua, especialmente en el verano.

La cantidad de agua disponible en el suelo se asocia a un potencial expresado en centibares (cb) o Kilos pascal (KPa). Para cada cultivo existe un valor denominado UMBRAL, desde el cual se inicia el descenso de producción, es decir la planta empieza a sufrir estrés por falta de disponibilidad de agua.



Foto 3. Tensiómetros de distinto tamaño

<i>Rango de Lectura</i>	<i>Interpretación</i>
0 a 10 cb	Suelo saturado, es decir exceso de agua o una condición de humedad no adecuada para el cultivo.
10 a 20 cb	La humedad es adecuada y el agua se puede extraer con un mínimo esfuerzo. Con el riego por goteo generalmente se procura mantener las lecturas dentro de este rango.
30 a 60 cb 40 a 45 cb 45 a 60 cb	En este rango se asegura una buena aireación Iniciar riego en suelos arenosos Iniciar riego en suelos franco y arcillosos
Mayor a 70 cb	La planta puede estar en estrés, y la energía utilizada para extraer agua es alta. Está iniciando a punto de marchitez permanente. Va a depender de la edad y variedad de la planta

Figura 5. Rango de lecturas para uso de Tensiómetro



6.4.2. Watermark

El sensor watermark, está compuesto por un par de electrodos de alta resistencia a la corrosión, dispuestos en una matriz granular. Funciona aplicando corriente que activa la resistencia generando un valor que es asociado a centibares (Cb) o kilopascales (KPa) de tensión de agua en el suelo.

- Sensor de humedad de suelo sin requerimiento de mantenimiento.
- Posee con compensación interna para los niveles de salinidad normales para aguas de riego.
- Su rango de medición es de 0 a 200 cb/kPa.
- No es afectado por congelación.



Foto 4: Sistema Watermark

Se sugiere utilizar la información como una guía general para decidir el cuándo regar:

Potencial en cb	Condición de suelo o sustrato
00 a 10	Suelo saturado (Capacidad de campo)
10 a 20	Suelo se encuentra suficientemente húmedo (excepto arenas gruesa que comienzan a perder agua)
30 a 60	Rango para iniciar riego (excepto arcillas pesadas)
60 a 100	Rango usual par riego en suelos arcillosos pesados
100 a 200	Suelo se está convirtiendo en peligrosamente seco para la producción máxima, proceder con precaución. Afecta la producción.

Figura 6. Potencial



6.4.3. Sensores Frequency Domain Reflectometry (FDR)

Miden indirectamente el volumen de agua en el suelo, basándose en la medición de la constante dieléctrica de éste. Dicho valor varía proporcionalmente con el contenido de humedad del suelo, por lo que puede utilizarse para determinar indirectamente el contenido de humedad del mismo. Los instrumentos comercializados en el país proveen una calibración general que funciona bien en suelos con bajo contenido de materia orgánica y que no sean de origen volcánico, como los trumaos. En estos suelos se requiere una calibración para obtener valores de humedad representativos. El sensor consiste en dos o más electrodos insertados en el suelo y que permanecen sobre en el lugar durante toda la temporada. Los datos son almacenados en un datalogger. También existe un modelo transportable que utiliza un tubo de acceso en el cual se inserta la sonda.

La ventaja de este sensor es su alta precisión cuando son calibrados para el suelo en que van a ser utilizados. En suelos con alto contenido de arcilla, materia orgánica o de origen volcánicos la calibración es absolutamente necesaria. Existe una gran variedad de sensores en el comercio a costos competitivos. Algunas desventajas son que el poseer un bajo volumen de suelos analizados, esto hace que la instalación debe realizarse con precaución para evitar la presencia de burbujas de aire que alteren la lectura de humedad.



Foto 5. Sensores FDR



6.5. Sistema de Riego.

De acuerdo con las características del cultivo a regar. Como también del: suelo, clima, disponibilidad, ubicación y calidad del agua; deben elegirse los componentes del sistema.

6.5.1. Fuente de agua

La fuente de agua de un sistema de riego presurizado, puede ser de diverso origen: un estero, canal de riego, pozo profundo, vertiente, pozo noria, otros. En algunos casos es necesario instalar equipos de bombeo, para llevar el agua a la zona de riego. Si el agua transporta demasiadas impurezas, se debe colocar un pozo decantador antes del equipo de bombeo para que las partículas gruesas sedimenten, antes de llegar al cabezal de control.

6.5.2. Cabezal de control

Está constituido por una serie de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos, con el fin de controlar, tratar, activar y desactivar el flujo del agua de riego. Sus principales componentes son:

- Equipo de bombeo.
- Sistema de filtros.
- Equipo de inyección de fertilizantes.
- Manómetros.
- Sistema de válvulas.
- Equipo programador de válvulas.

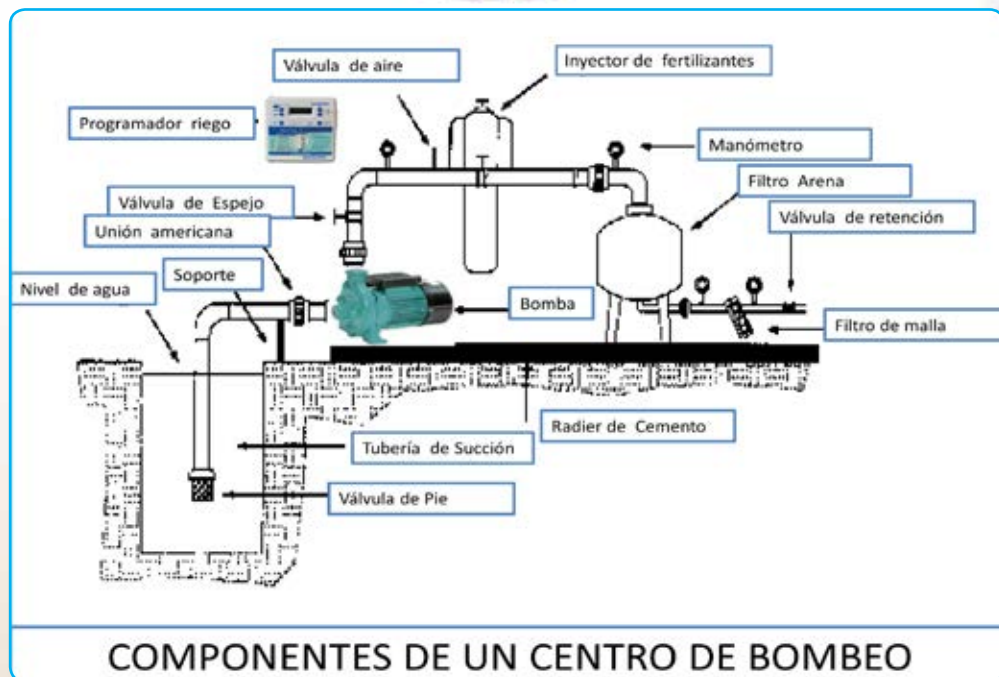


Figura 7: Componentes de un sistema de riego.

A continuación, se explica cada uno de ellos:

6.5.3. Equipo de bombeo

Es el componente principal de un sistema de riego presurizado y su función es impulsar el agua a través de las tuberías. En aquellos casos en que la fuente de agua se ubique a un nivel igual del terreno a regar, se debe usar una bomba con motor eléctrico, bencinero o petrolero. Si la fuente de agua se encuentra a más de 10 metros de elevación respecto del nivel de suelo del sector a regar, puede utilizarse la fuerza de gravedad para dar presión al agua.

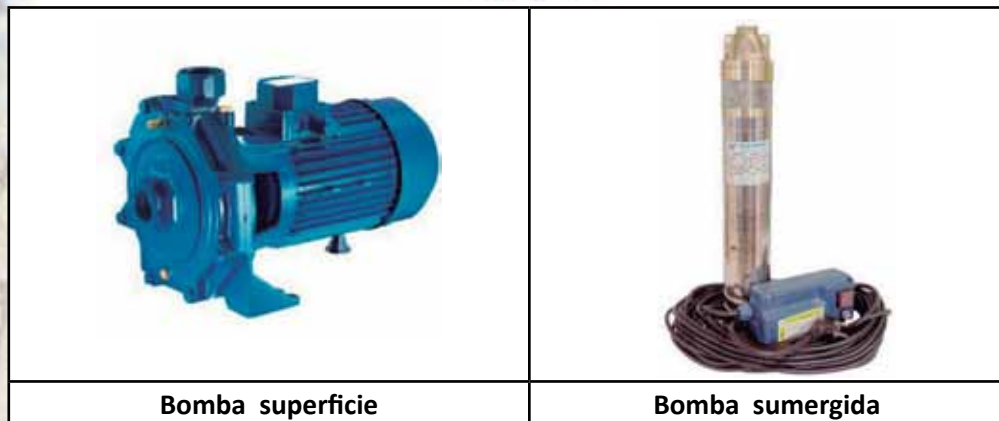


Foto 6. Bomba de superficie y bomba sumergida.

6.5.4. Sistema de filtros

Dado que los goteros o microaspersores son muy delicados y se afectan con las impurezas, es necesario asegurar que el agua llegue limpia a la red. Con este objeto se debe considerar un filtro de arena, especialmente si hay presencia de impurezas orgánicas (“lamas”) o un hidrociclón para extraer las partículas gruesas o arenas y un filtro de mallas o de anillos (discos) para las partículas más finas.



Foto 7. Sistema defiltrado arena , discos y malla.



6.5.5. Equipo de inyección de fertilizantes: permite aplicar fertilizantes en el sistema, junto con el agua de riego (fertirrigación).

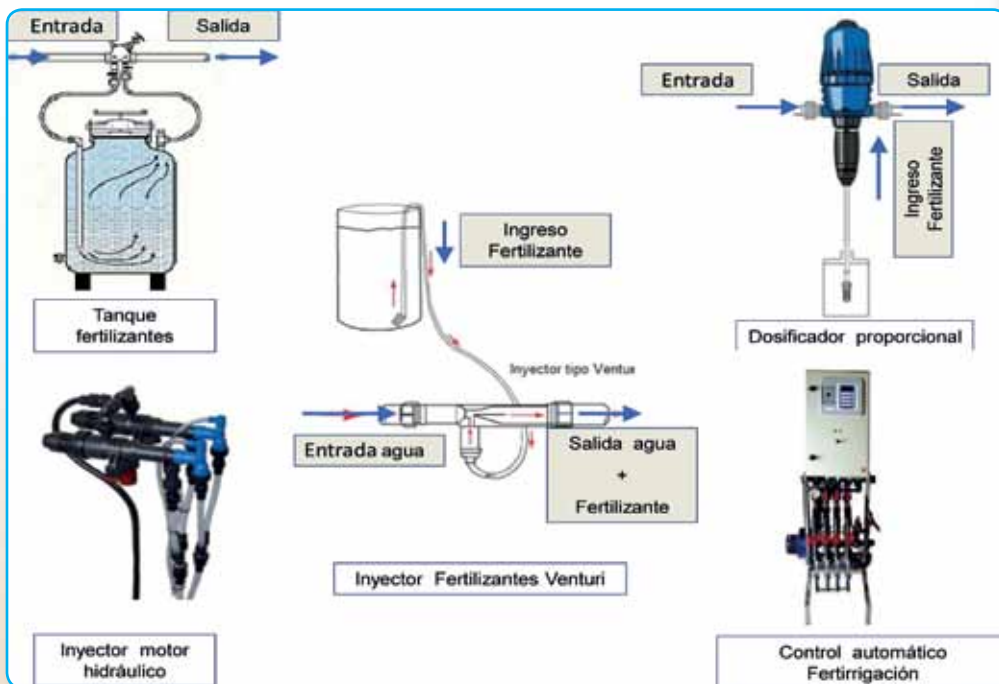


Figura 8: Sistemas de inyección de productos químicos.

6.5.6. Manómetros

Son dispositivos que miden la presión de trabajo del sistema. Es muy importante conocer la presión antes y después de los inyectores y filtros pues si existe una diferencia de presión entre ellos superior al 10%, significa que el caudal de los inyectores no es el adecuado o que los filtros se encuentran sucios u obstruidos y sea necesario limpiarlos.



	
Manómetro Glicerina	Manómetro aire

Foto 8. Tipos de manómetro.

6.5.7. Sistema de válvulas

Están encargadas de controlar el caudal y la dirección del flujo (válvulas de compuerta, Figura 6), permite el retrolavado de los filtros (válvulas de bola). Impide que el agua se devuelva hacia el equipo de bombeo y evitar el golpe de ariete (válvula de retención), permite la entrada o salida del aire al sistema.

		
Válvula compuerta	Válvula bola	Válvula Retención Vertical

Foto 9: Válvula compuerta, bola y válvula de retención vertical.



Foto 10: Válvula de retención horizontal, valvula de aire y electroválvula.

6.5.8. Equipo programador de válvulas

El programador de válvulas (Figura 10) envía una señal eléctrica al solenoide de las válvulas, para su apertura o cierre. Su instalación, dependerá del grado de automatización que se desea asignar al sistema de riego (Figura 11), permitiendo la sectorización del riego y programar su tiempo en cada sector.

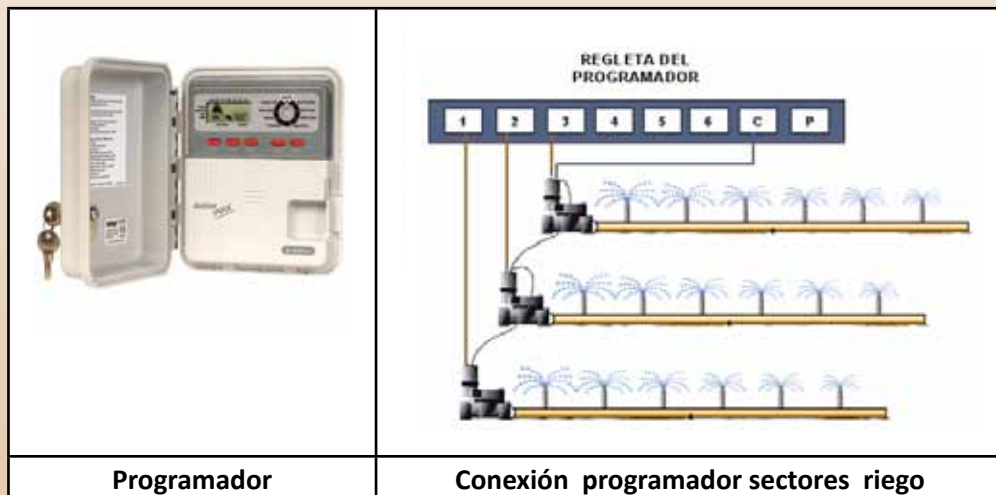


Figura 9: Esquema programador y sectores de riego controlados por electroválvula.



6.6. Antecedentes de investigación en avellano.

Con el fin de pesquisar antecedentes se ha procedido a evaluar el efecto de agua aplicada a plantas de avellano Barcelona y Tonda di Giffoni.

Se ha considerado la fuente de agua y los equipos de bombeo apropiados, que permitan realizar una práctica de riego programada, basada en dosis aplicadas en forma diferenciada.



Foto 11. Fuente de agua y centro bombeo, Osorno.

Para asegurar la calidad de agua se ha previsto un adecuado sistema de filtrado y válvulas de control que permitan regular el flujo de agua a los sectores de riego mediante un programador.



Foto 12. Filtro de anillas y control mediante electroválvula y válvula bola.

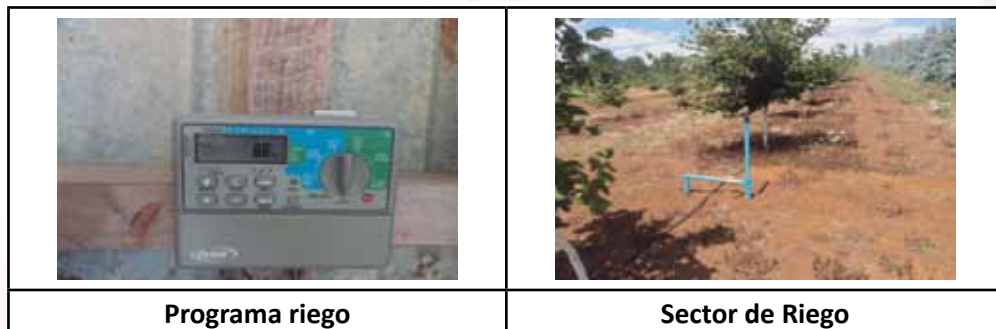


Foto 13: Programador de riego y sector de riego.

Ensayo, agua aplicada por temporada.

Los tratamientos de agua aplicada a las variedades Barcelona y Tonda di Giffoni, es realizada tomando como base de referencia la evapotranspiración potencial y sobre ese valor se aplica un porcentaje de reposición de agua a aplicar en cada evento de riego a realizar durante la temporada.

Tabla 18. Tratamientos de agua aplicada, en ensayo comuna de Nueva Imperial.

Tratamientos	Descripción
T0	0 % ETP
T2	50% ETP
T3	75% ETP
T4	100% ETP

Resultados Preliminares.

Se presentan resultados de primeras evaluaciones realizadas en el sitio Nueva Imperial.



Evaluación 14 de Enero 2011

Evaluación 26 Diciembre 2011

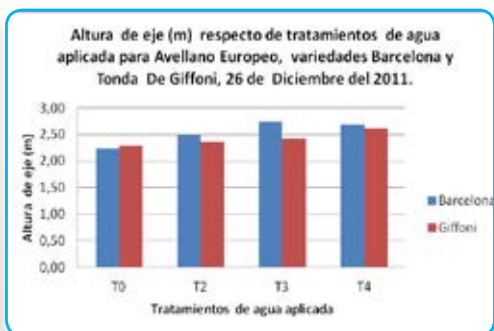
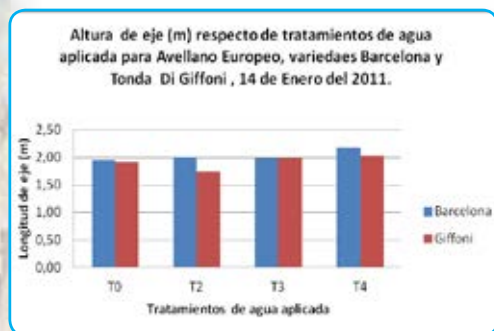


Figura 10. Altura del eje (m), sobre 4 regímenes de agua comuna de Nueva Imperial, La Araucanía.



Figura 11. Incremento de altura de eje entre el 14 de Enero 2011 y el 26 de Diciembre 2011

Durante evaluaciones parciales de la primera temporada con experimento se aprecia una tendencia de crecimiento longitudinal del eje, a favor del tratamiento con reposición permanente de un 75 % del agua respecto de la Evapotranspiración potencial para la variedad Barcelona. Sin embargo, para Tonda di Giffoni aplicaciones de 50 % de reposición respecto de evapotranspiración potencial, muestran una tendencia de incremento de longitud de eje superior a los otros tratamientos de agua aplicada, seguida del tratamiento con 100 % de reposición.

Al comparar plantas de avellano no regadas respecto a las regadas se muestra un incremento en longitud de eje principal a favor de las plantas regadas.



Evaluación 14 de Enero 2011

Evaluación 26 Diciembre 2011

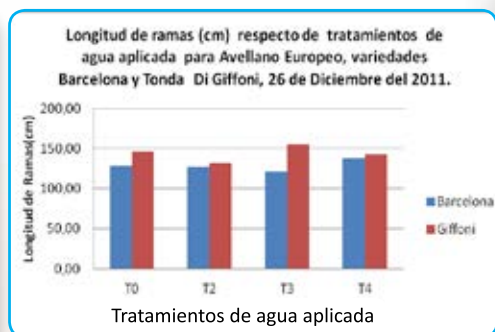
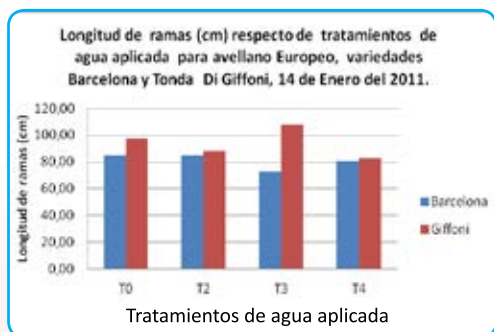


Figura 12. Longitud Ramillas (cm) sobre 4 regímenes de agua comuna de Nueva Imperial, La Araucanía

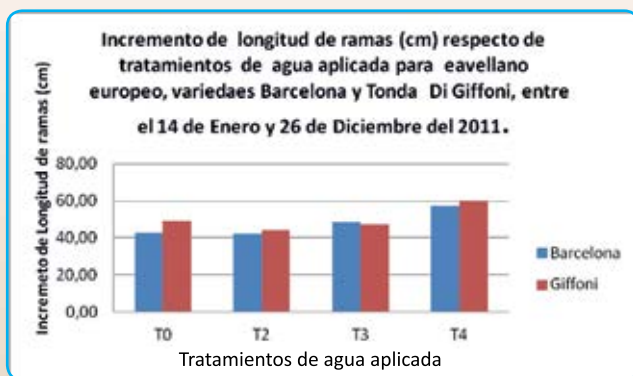


Figura 13. Incremento de longitud de ramas entre el 14 de Enero 2011 y el 26 de Diciembre 2011

De acuerdo a los valores registrados, se evidencia una tendencia de mayor incremento de longitud de ramillas para tratamiento de agua con 100 % de reposición respecto de valores de evapotranspiración potencial, para variedades Barcelona y Tonda Di Giffoni.



Evaluación 14 de Enero 2011

Evaluación 26 Diciembre 2011

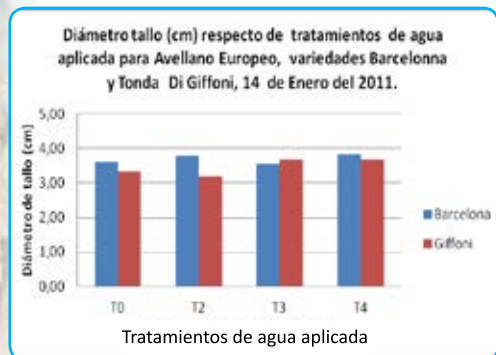


Figura 14. Diámetro tallo (cm) sobre 4 regímenes de agua comuna de Imperial, La Araucanía

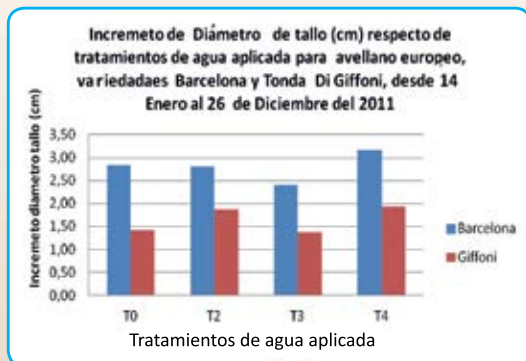


Figura 15. Incremento del diámetro del tallo entre el 14 de Enero 2011 y el 26 de Diciembre 2011

El incremento de diámetro altura de cuello, en plantas de avellano evaluadas, se aprecia una tendencia de mayor incremento en la variedad Barcelona para el tratamiento de 100 % de reposición de agua respecto de la evapotranspiración potencial. Sin embargo para la variedad Tonda di Giffoni se logra un mayor incremento para tratamientos de 50% y 100% de reposición del agua respecto de la evapotranspiración potencial.

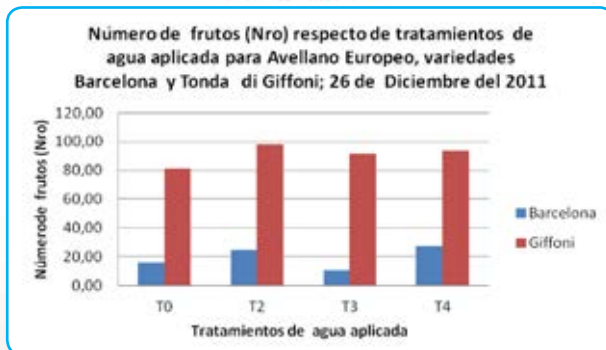
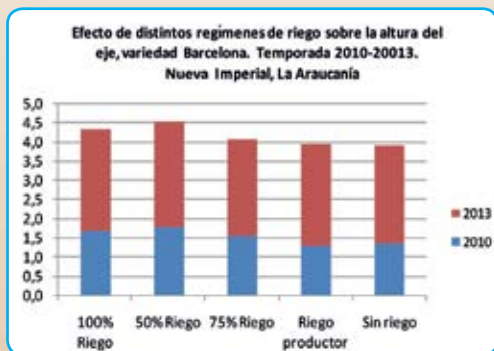


Figura 16. Número de Frutos (Nº) sobre 4 regímenes de agua comuna de Nueva Imperial, La Araucanía

Para cantidad de frutos evaluados, los tratamientos regados muestran una mayor cantidad de frutos respecto de los no regados. En los tratamientos regados se muestra una tendencia de mayor cantidad de frutos para tratamiento de 50 % de reposición de agua, respecto de la evapotranspiración potencial. Al comparar entre variedades, se observa una tendencia de cantidad de frutos superior para la variedad Barcelona respecto a la variedad Tonda di Giffoni.

Evaluaciones y Valores acumulados temporada 2010 a 2013.

Barcelona



Tonda di Giffoni

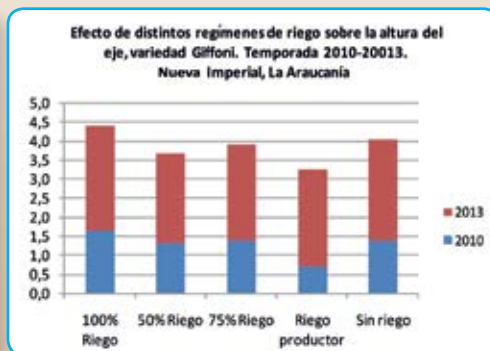


Figura 17. Altura eje (m) sobre 4 regímenes de agua comuna de Imperial, La Araucanía

Para la variedad Barcelona, se muestra una tendencia acumulada en favor de tratamiento de agua aplicada con 50 % de reposición, respecto de la evapotranspiración de bandeja. Mientras que para Tonda di Giffoni se muestra una tendencia de altura eje acumulada en favor del 50 % de reposición de agua.



En ambas variedades se aprecia una tendencia de a un mayor crecimiento del eje respecto de plantas no regadas.

Barcelona

Tonda di Giffoni

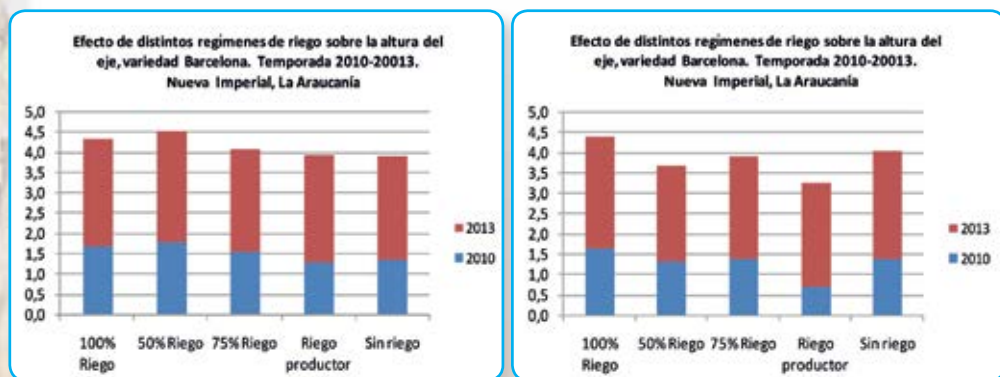


Figura 18. Longitud promedio de laterales (m) sobre 4 regímenes de agua comuna de Nueva Imperial, La Araucanía

La variedad Barcelona muestra una mayor tendencia de longitud acumulada en favor del tratamiento con reposición de 50 % de agua aplicada, en cambio para Tonda di Giffoni se presenta una tendencia de mayor longitud para el tratamiento de 75% de reposición de agua.

En ambas variedades se muestra una mayor longitud promedio de laterales en tratamientos regados respecto a los no regados.



REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS.

De Juan Valero, J.A. y Martín de Santa Olalla, F. 1992b. "El cálculo y la estimación de la evapotranspiración". Agronomía de riego editado por Martín de Santa Olalla, F. Y De Juan Valero, J.A. Departamento de Producción Vegetal y Tecnología, Universidad de Castilla- La Mancha. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 732 p.

Doorenbos, J., y Pruitt, W.O. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Colección de Riego y Drenaje, Paper 24, FAO, Roma. 190 p.

Millar, A. 1993. Manejo de agua y producción agrícola. IICA y Universidad de Concepción. 556 P.

Ortega-Farías, S. 1998. Demanda hídrica y programación del riego. Recursos Hídricos "Una visión moderna y sustentable", editado por Varas, E. INIA-Quilamapu: 10-22.

Pizarro, F. 1996. Riego localizado de alta frecuencia. Mundi-Prensa, España. 513 p.



CAPITULO 7.

PODA Y SISTEMAS DE CONDUCCIÓN

Miguel Ellena, Paola Sandoval, Abel González y Gustavo Azócar.

En los primeros años de establecimiento del huerto, una poda de formación racional de los árboles tiene como finalidad constituir en tiempos relativamente breves la forma elegida de la estructura, en función de las diferentes condiciones agroecológicas y agronómicas. Por lo tanto, la poda de formación tiene como objetivo “formar el árbol”, rebajando las plantas a diversas alturas, en relación a la fertilidad del suelo y de la forma de conducción elegida. Este tipo de poda es indispensable para asegurar el equilibrio futuro de los árboles y también, para simplificar las futuras podas de fructificación y de los árboles adultos. Adicionalmente, esta labor favorece la iluminación y aireación de la copa de los árboles. Cabe destacar, que la poda racional de los árboles de avellano, requiere un conocimiento previo de la fisiología, comportamiento biológico, hábito de crecimiento, fructificación y vigor de la variedad.

7.1. Influencia de la poda sobre los árboles en formación

La influencia de la poda en árboles jóvenes debe considerar los siguientes aspectos:

- Lograr un equilibrio adecuado entre el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas, con el objetivo de “acortar” lo más rápido posible la fase improductiva.
- Alcanzar velozmente la formación del esqueleto productivo del árbol, no sólo desde el sentido fisiológico, sino también cuantitativo y cualitativo, es decir económico.

En la construcción del esqueleto productivo se debe privilegiar la obtención de la mayor superficie fotosintética con el menor esqueleto. Por ello, la copa debe estar bien expuesta a la luz y al mismo tiempo, sostenida por una estructura sólida, capaz de soportar a futuro elevadas cargas de fruta.



Esta labor permite:

- Lograr formar el esqueleto adecuado del árbol, en relación a su propia capacidad de desarrollo.
- Mejorar y regular la producción, obteniendo fruta de alta calidad y disminuir la tendencia del avellano al añerismo.
- Mantener la vegetación equilibrada en todas las partes del árbol.
- Conservar un buen equilibrio entre la zona radicular y aérea del árbol, regulando el vigor de la planta.
- Favorecer la formación y desarrollo de las ramas productivas y eliminar aquellas mal ubicadas y enfermas.
- Facilitar la entrada de luz hacia el interior de la copa del árbol, para alcanzar una alta producción y calidad de avellanas.
- Facilitar la cosecha y otras labores, como tratamientos para prevención de plagas y enfermedades.

7.1.1. Poda de formación

La poda de formación es necesaria para asegurar el equilibrio futuro (vegetativo-productivo) del árbol y además simplificar la poda sucesiva de fructificación o producción, favoreciendo la entrada de luz y aireación al interior de la copa.

Como se dijo anteriormente esta poda se realiza durante los primeros años en los diferentes tipos de formación de los árboles, es decir en monoeje, multieje, vaso arbustivo, plantaciones en palmeta, seto, este último con árboles establecidos en pareja sobre la hilera e inclinadas, con distancias de 5,0-6,0 m entre hileras y 2,0-4,0 sobre la hilera (1.400-2.000 plantas ha⁻¹).

7.2. Sistemas de conducción

En relación a los sistemas de conducción y distancias de plantación más adecuados y eficaces desde el punto de vista agronómico y económico, no existen opiniones coincidentes entre productores, técnicos e investigadores. Las principales formas de conducción utilizadas en los principales países productores de avellana en el mundo son el multieje o sistema arbustivo, el vaso arbustivo y el monoeje o árbol.



7.2.1. Multieje o arbustivo

Forma de conducción muy difundida en los principales países productores de avellana, que respeta el modo natural de vegetación o crecimiento de la especie. Para este sistema las plantas se establecen en otoño o invierno y al año siguiente, durante el receso vegetativo, se rebajan los árboles a nivel del suelo. Los brotes vigorosos que emergen posteriormente se seleccionan, eligiendo 4-5 distribuidos de manera adecuada, los que formarán el arbusto, eliminándose aquellos supernumerarios y vigorosos que nacen a partir del sistema radicular o base de la planta.



Foto 1. Huerto de avellano, c.v Barcelona conducido en multieje.



Foto 2. Huerto de avellano, c.v Tonda di Giffoni conducido en multieje.

7.2.2. Vaso arbustivo

Es una forma multieje en volumen, cuyos brotes se ubican a 40-50 cm del suelo, con el fin de manejar más fácilmente la planta. Para la formación de este sistema de conducción se procede con la plantación de árboles de 1-2 años de vivero, la idea que tenga 2 temporadas de crecimiento en vivero, durante fines de otoño e invierno, los que inmediatamente se rebajan a 50-60 cm desde el nivel del suelo. En el caso que la brotación y desarrollo de los brotes no haya sido adecuada, se procederá a rebajar nuevamente la planta en el otoño o invierno siguiente una altura de 30-40 cm.

En la temporada siguiente, se eligen 4-5 brotes de similar vigor, adecuadamente orientados hacia el exterior para formar la estructura del vaso, eliminándose aquellas supra numerarias y eventuales hijuelos que nacen de la base de la planta. Las ramas elegidas (4-5) se dejan crecer libremente en los años sucesivos, las que se revestirán de ramillas ubicadas regularmente en éstas, con el objeto de garantizar una correcta entrada y distribución de la luz al interior de la copa del árbol.

Los cortes de poda en los primeros años de formación de la copa están orientados principalmente al aclareo de las ramillas que se encuentran en número excesivo, particularmente para los brotes muy densos y vigorosos ubicados al interior del vaso. Los mejores brotes de un año serán aquellos que alcancen una longitud de 15-20 cm.



Foto 3. Huerto de avellano, conducido en forma de vaso arbustivo.

7.2.3. Monoeje

La plantación en monoeje se recomienda principalmente para cultivares vigorosos como Barcelona Oregon y Barcelona chilena.

La planta debe tener un año de vivero o más (dos años), y ser, vigorosa, preferentemente de 1 metro o más de altura, de buen desarrollo radicular y libre de enfermedades y plagas, en particular de bacteriosis como *Xanthomonas* e insectos que ataquen el sistema radicular de las plantas como cabritos (*Aegorhinus superciliosus* y *A. nodipennis*), cabrito del Maitén y del Coigüe respectivamente. No se recomienda utilizar árboles con escaso desarrollo, poco vigor y débiles. Lo anterior retrasa la entrada en producción del huerto y además conduce a que las plantas estén más propensas a ataques de enfermedades, particularmente bacteriosis.

Esta forma de conducción se caracteriza por presentar un tronco único del cual nacen 4-5 ramas, insertas a una altura de 80-90 cm desde el nivel del suelo.

Para una adecuada formación de este sistema de conducción se procede con la plantación en otoño-invierno rebajando a nivel de suelo si las plantas no tienen una pre formación en vivero. En el verano del año siguiente, se elige el brote más vigoroso



para formar el tronco y a fines de la estación de crecimiento se procede a rebajarlo a 80-90 cm desde el nivel del suelo, con el fin de vigorizar y mejorar la brotación lateral. Durante los años sucesivos se mantiene un eje central y se eligen las ramas (4-5) adecuadamente orientadas, con el fin de formar el volumen o futuro esqueleto del árbol. En variedades vigorosas (Barcelona, Tonda di Giffoni) cuando el vigor de los árboles es normal, es importante lograr crecimientos idealmente superiores a 60-80 cm. En variedades de vigor medio, se recomienda despuntar a unos 60 cm desde el punto de la inserción de estas ramas con el eje principal, a objeto de promover el desarrollo de brotes vigorosos que formarán la primera estrata o nivel de ramas. Si el vigor de los árboles es débil y el crecimiento de los brotes es escaso, inferior a 60 cm en variedades vigorosas (ej. Barcelona) y 40 cm en variedades de vigor medio se recomienda realizar una poda fuerte a 2-3 yemas. En el caso de árboles que solamente han desarrollado un brote de suficiente vigor y el resto débiles, se deberán rebajar los brotes vigorosos a unos 60 cm y dejar intactos aquellos que se encuentran en el esqueleto de la planta.

Si el crecimiento del árbol es de un sólo brote vigoroso y los demás son muy débiles, se recomienda rebajar el brote vigoroso a 5-6 yemas con el fin de dar continuidad al árbol desde este brote y el resto de los brotes se rebajan a 2-3 yemas o se dejan intactos. Se deben realizar tratamientos para eliminar los hijuelos que nacen de la base de la planta, mediante productos químicos como herbicidas y desecantes. Entre los productos más empleados destacan el Paraquat.

En todos los cortes realizados en este proceso necesario cubrir o sellar con pasta poda con el fin de evitar la entrada de enfermedades a la madera.

7.3. Poda al segundo invierno y siguientes.

Luego de la poda realizada el primer invierno se desarrollarán brotes vigorosos sobre los cuales se recomienda realizar las siguientes labores de poda:

En árboles de buen vigor, en general los crecimientos normales varían entre 60 - 100 cm de longitud y en aquellos de vigor medio en torno a 40 -60 cm.

De cada rama pueden elegirse dos brotes. Uno para la continuidad como rama principal del árbol y otro de ángulo de inserción abierta para la formación de la rama secundaria. Sobre la rama seleccionada como principal, se recomienda realizar un despunte a unos 60 cm (variedades vigorosas, como Barcelona), mientras que en variedades de poco vigor, como TGL, Tonda Romana, Negret, no es necesario realizar despunte, el cual puede ser sustituido por una "desviación". El resto de los brotes se pueden dejar sin intervenir y podar sólo aquellos que pueden producir competencia a la formación del árbol, especialmente los que estén mal ubicados al interior de la



copa. También se aconseja dejar algunos brotes horizontales y débiles para proteger los troncos. Por otro lado, se deben eliminar los brotes desarrollados en la proximidad de las ramas de formación elegidas que se entrecruzan, con el fin de evitar competencia. En los años siguientes debe mantenerse entre 60-70 cm de distancia entre las ramas de formación elegidas (variedades vigorosas como Barcelona) y 50-60 cm para aquellas variedades de menor vigor.

Es necesario resaltar que las podas muy fuertes debilitan mucho al avellano. Después que el árbol está formado se recomienda realizar podas de mantenimiento e idealmente efectuarlas en forma alternada respecto a las caras del árbol.

Este sistema facilita las labores mecánicas ejecutadas en el huerto, particularmente cosecha, realizada del suelo con máquinas aspiradoras y poda.



Foto 4. Huerto de avellano, c.v Barcelona conducido en monoeje.

7.4. Estudios de sistemas de conducción

En la temporada 2008, se establecieron ensayos con el sistema de conducción monoeje y multieje en las variedades Barcelona chilena y Tonda di Giffoni, con el objetivo de evaluar su comportamiento productivo bajo las condiciones agroecológicas de un sitio de plantación ubicado en la comuna de Nueva Imperial, en la Región de La Araucanía.



Cuadro 1. Evaluación de dos sistemas de conducción (monoeje y multieje) sobre los rendimientos en las variedades Barcelona chilena y Tonda di Giffoni, comuna de Imperial, región de la Araucanía, cosecha temporada 2012.

Variedad	Sistema de conduccion	Promedio de Rendimiento/arbol(gr/ arbol)	Promedio de Rdto (Kg/ha)	Promedio de Rendimiento Descascardo (%)
Barcelona	Monoeje	443,7	221,9	33%
	Multieje	207,1	103,5	37%
Promedio Barcelona		325,4	162,7	35%
Giffoni	Monoeje	455,5	227,8	38%
	Multieje	262,5	131,3	34%
Promedio Giffoni		359,0	179,5	36%

La variedad Barcelona chilena presentó un mayor rendimiento promedio por árbol (443,7 g) y por hectárea (221,9 K) con el sistema monoeje respecto al sistema multieje, con rendimientos por árbol (207,1 g) y por hectárea de (103,5 K), respectivamente.

En relación a la variedad Tonda di Giffoni se ha presentado la misma tendencia observada con Barcelona, con una mayor producción por árbol (455,5 g) y por hectárea (227,8 K) con el sistema de conducción en monoeje respecto al sistema multieje, evidenciando valores menores (262,5g/árbol) y (131,3 K/ha).

Cabe destacar que los valores promedio de rendimiento por árbol y por hectárea en los dos sistemas de conducción fueron superiores para la variedad Tonda di Giffoni, bajo las condiciones experimentales en que se realizó el ensayo.

Los valores menores en rendimiento para ambas variedades se observaron para el sistema de conducción en multieje. Lo anterior, se debe fundamentalmente porque los árboles bajo este sistema de conducción luego de su plantación a la temporada siguiente fueron rebajados a nivel de piso, con el fin de promover el desarrollo de brotes basales para la formación del sistema (4-5 ramas madres o estructurales). Durante la primera temporada las plantas se dejan crecer libremente para favorecer el desarrollo radicular.

Este sistema atrasa al menos en una temporada la producción, afectando los niveles de rendimiento durante la primera temporada de entrada en producción del huerto. En los años sucesivos es esperable un rendimiento similar respecto al sistema monoeje.



Para las condiciones agroecológicas del sur de Chile y en particular para el sitio de plantación de la zona de Nueva Imperial, no se tienen antecedentes productivos de huertos más adultos respecto a este tópic. No obstante, los resultados arrojados por la investigación que lleva a cabo INIA Carillanca son aún demasiados prematuros, ya que los árboles no han finalizado completamente su fase de formación. Sin embargo, el sistema en multieje ha permitido un desarrollo más equilibrado y uniforme de las plantas respecto al sistema monoeje. En este último, los árboles han visto afectado la verticalidad del eje principal por la presión ejercida por los fuertes vientos (sur) que ocurren durante el periodo vegetativo del cultivo. Lo anterior, permite una mejor respuesta productiva de los árboles bajo el sistema de conducción en multieje para las particulares condiciones climáticas del sitio de plantación. Estudios realizados en el extranjero indican diferencias importantes en los rendimientos obtenidos con sistemas de conducción mono y multieje una vez que los árboles se encuentran en plena fase productiva.

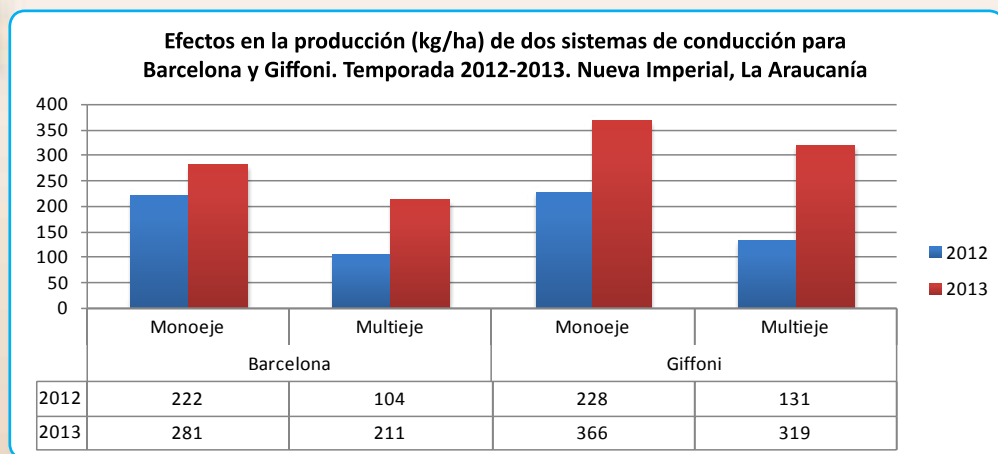


Figura 1. Efecto de la producción (kg/ha) de dos sistemas de conducción para Barcelona y Giffoni. Temporada 2012-2013, Imperial, La Araucanía.

En la figura 1 se puede apreciar que la tendencia en la producción (kg/ha) en el sistema monoeje es superior respecto al sistema multieje tanto para la variedad Barcelona y Tonda di Giffoni. Sin embargo, durante la temporada 2013 para ambas variedades el sistema multieje aumentó considerablemente la producción respecto a la temporada anterior (2012). Lo anterior, podría indicar que en la medida que vaya transcurriendo el tiempo los niveles productivos se podrían equiparar entre ambos sistemas de conducción e incluso ser superiores para el sistema multieje.



Cuadro 2. Efecto de dos sistemas de conducción sobre el rendimiento al descascarado (%), peso promedio de semillas (gr) y peso promedio de fruto (gr) para las variedades Barcelona y Giffoni. Temporada 2012-2013, comuna de Nueva Imperial, Región de La Araucanía.

Variedad	Sistema conducción	Rendimiento al Descascarado (%)	Peso promedio semillas (gr)	Peso promedio fruto (gr)
Barcelona	Monoeje	33%	1,56	4,39
	Multieje	37%	1,48	3,91
Total Barcelona		35%	1,52	4,15
Giffoni	Monoeje	40%	1,24	2,99
	Multieje	38%	1,21	3,13
Total Giffoni		39%	1,22	3,06

En ambos sistemas de conducción, para las dos variedades en estudio, no se observaron diferencias importantes para los parámetros rendimiento al descascarado, peso semilla y peso del fruto. Estos parámetros de producción son determinados fundamentalmente por factores genéticos intrínsecos de la variedad. Sin embargo, en las siguientes temporadas, en la medida que aumenten los rendimientos, particularmente con cargas de fruta mayores por árbol, se podría afectar el tamaño o peso de los frutos.



GLOSARIO

Brotes o ramos: ejes vegetativos que no son lignificados hasta que perdura su crecimiento

Hijuelos: se refiere a la emisión de retoños a partir de yemas adventicias situadas en las raíces o en la corona de la planta.

Poda: operación realizada directamente sobre el árbol, con el fin de lograr una determinada forma de su estructura y regular su actividad vegetativa y productiva.

Poda de formación: tiene como finalidad formar la futura estructura productiva de los árboles y anticipar la entrada en producción del huerto.

Rama: el ramo, al final del 2º año de su desarrollo, recibe el nombre de rama.

Ramos: ejes vegetativos completamente lignificados, que se desarrollan de yemas leñosas.

Tronco: corresponde al eje central del árbol, comprendiendo el cuello.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ellena M (2010). Polinización y manejo del avellano europeo. Boletín INIA Nº 202, p 88.

Ellena M, Sandoval P y Gonzalez A (2012). Il boom della coricoltura cilena. Rivista del Centro Studi e Ricerche sul Nocciolo e Castagno (Corylus & Co) p. 21-28.

Ellena M, Sandoval P, Gonzalez A; Jequier J; Contreras M y Azócar G (2011). Poda en avellano europeo. GTT, Vanguardia y Tecnología, Julio 2011. p. 62-63.

Cristofori V; Cammilli C; Valentini B; Bignami C.(2009). Effect of different pruning methods on growth, yield and quality of hazelnut cultivar Tonda Gentile Romana. Acta Horticulturae, 845: 315-322.

Santos J y Palma J (1997). Sistemes de formació i esporga de l'avellaner. El conreu de l'avellaner, p 58-67.

Tous J; Romero A; Rovira m; Clave J (1994). Comparison of different training Systems on hazelnut. Acta Horticulturae, 351: 455-461.



CAPITULO 8.

VARIEDADES.

Miguel Ellena, Paola Sandoval, Abel González y Gustavo Azócar

En Chile se cultivan principalmente dos variedades, Barcelona (70%) y Tonda di Giffoni (30%), abundando entre la zona centro sur y sur del país (Talca –Puerto Varas).

8.1. Barcelona

Barcelona es una variedad de origen desconocido, difundida en Estados Unidos (Oregon), Francia, Chile, (en la zona centro sur y sur) y en menor grado en otros países productores de avellana.

8.1.1. Barcelona chilena

En la zona de cultivo de avellanas en Chile, predomina la variedad “Barcelona chilena”, seleccionada y difundida en el país por uno de los productores pioneros de este cultivo como es, Jaime Armengoli. Esta variedad-población presenta crecimiento cerrado, elevada productividad, vigor elevado, floración masculina y femenina precoz, dicogamia, proteandria, brotación tardía, 3,2 frutos por grupo, longitud de involucro más bien largo. Sus principales polinizantes son: Daviana, Butler, Hall Giant, Mortarella, Trebizonda, germoplasma local como Verde, Amarillo, Rojo, Azul, Café, Blanco, entre otros. En relación a los frutos, estos son de forma cónica, (característica demandada por la industria), color marrón oscuro, espesor de la cáscara gruesa, peso promedio de las avellanas 3,5 g, peso promedio de la semilla 1,5 g y rendimiento al descascarado de 39-42%, pelado o blanching intermedio.

El cultivar tiene gran potencial productivo, que puede superar los 3.000 Kg ha⁻¹. Esta variedad tiene gran adaptación a las especiales condiciones edafoclimáticas del centro sur y sur de Chile.



**Foto 1. Huerto de avellano, c.v Barcelona chilena, zona de Pitruquén,
Región de La Araucanía**



Foto 2. Frutos del c.v Barcelona chilena



Estudios de caracterización molecular de materiales de avellano europeo de “Barcelona chilena”, provenientes de diferentes zonas, realizados por INIA-Carillanca no han encontrado polimorfismo entre los límites de resolución de este método, sugiriendo que todas las muestras tienen un alto grado de similitud genética.

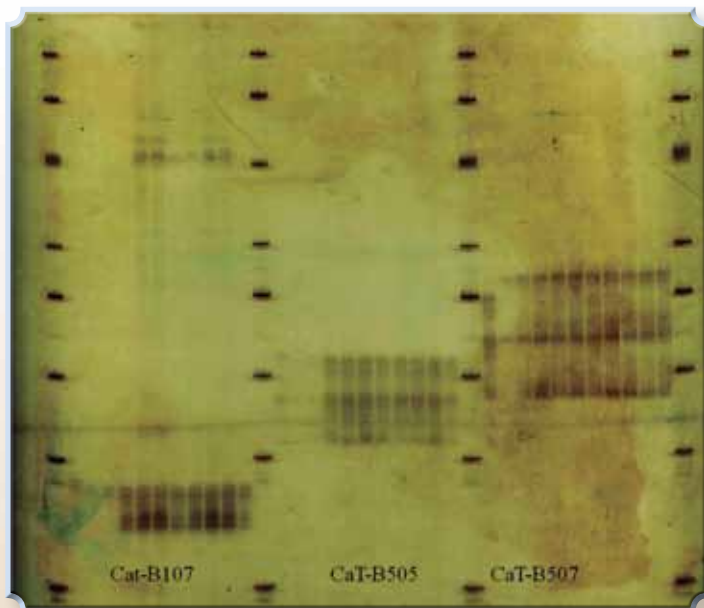


Figura 1. Perfil genético obtenido mediante marcadores micro satélites (SSR), a partir de una colección de avellano europeo de provenientes de zonas de La Araucanía.

Caracterización del fruto

Estudios de caracterización del fruto fueron realizados bajo diferentes condiciones agroecológicas en las regiones de La Araucanía y Los Lagos, para la variedad Barcelona chilena. En los siguientes gráficos se presentan los resultados de los parámetros: peso de fruto, espesor, ancho, longitud, peso semilla, espesor, ancho, longitud, y rendimiento al descariado. Estos resultados son de carácter preliminar, ya que los huertos están en etapa final de formación de sus estructuras productivas y además podrían ocurrir diferencias entre las zonas de acuerdo a las condiciones climáticas que se pudiesen presentar en las temporadas venideras.

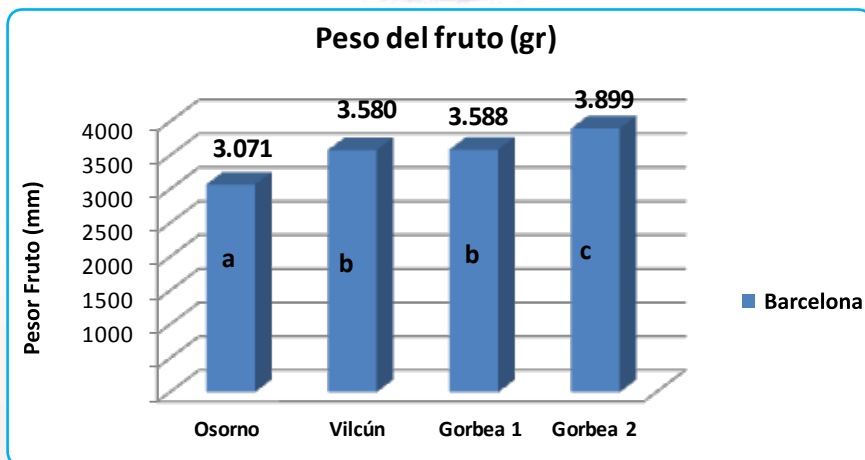


Figura 2. Comparación de las características del fruto (Peso), c.v Barcelona chilena de acuerdo a la zona de cultivo.

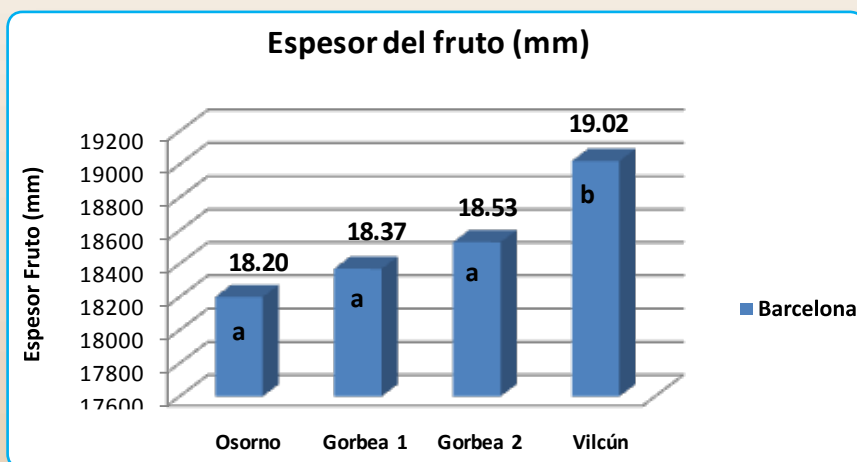


Figura 3. Comparación de las características del fruto (grosor de la cáscara), c.v Barcelona chilena de acuerdo a la zona de cultivo.

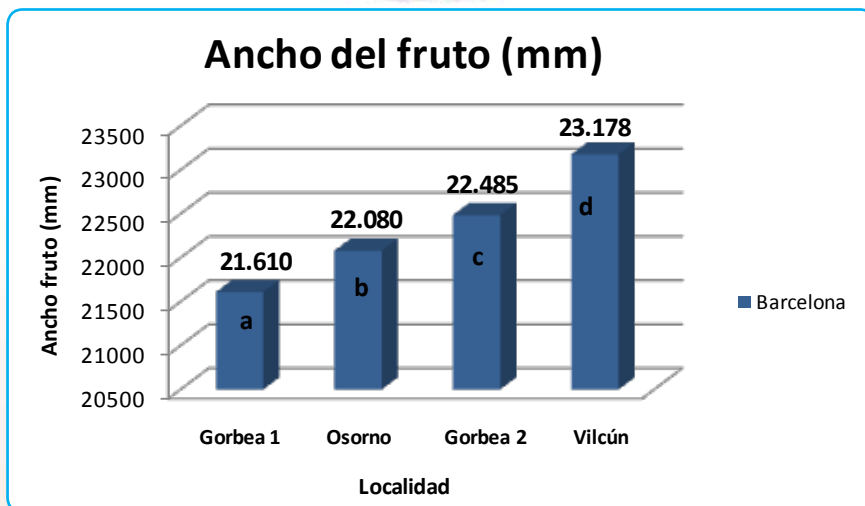


Figura 4. Comparación de las características del fruto (ancho), c.v Barcelona chilena de acuerdo a la zona de cultivo.

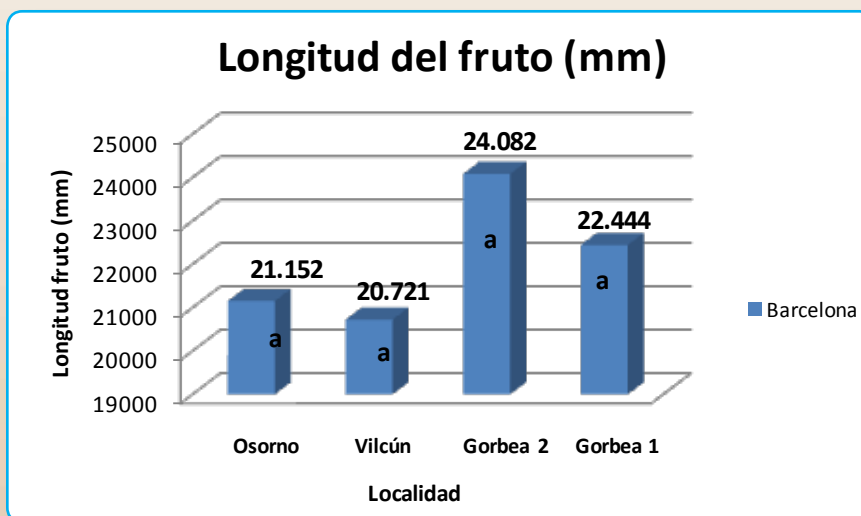


Figura 5. Comparación de las características del fruto (longitud), c.v Barcelona chilena de acuerdo a la zona de cultivo.

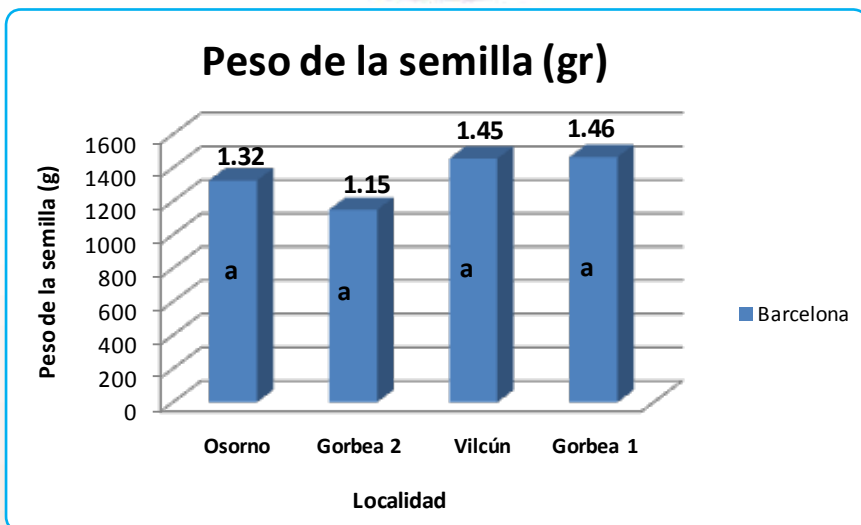


Figura 6. Comparación de las características de la semilla (peso), c.v Barcelona chilena de acuerdo a la zona de cultivo.

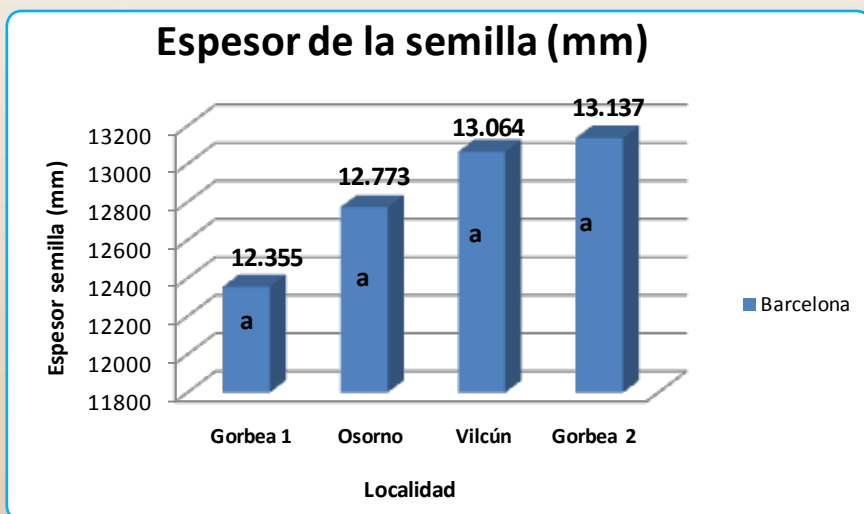


Figura 7. Comparación de las características de la semilla (grosor), c.v Barcelona chilena de acuerdo a la zona de cultivo.

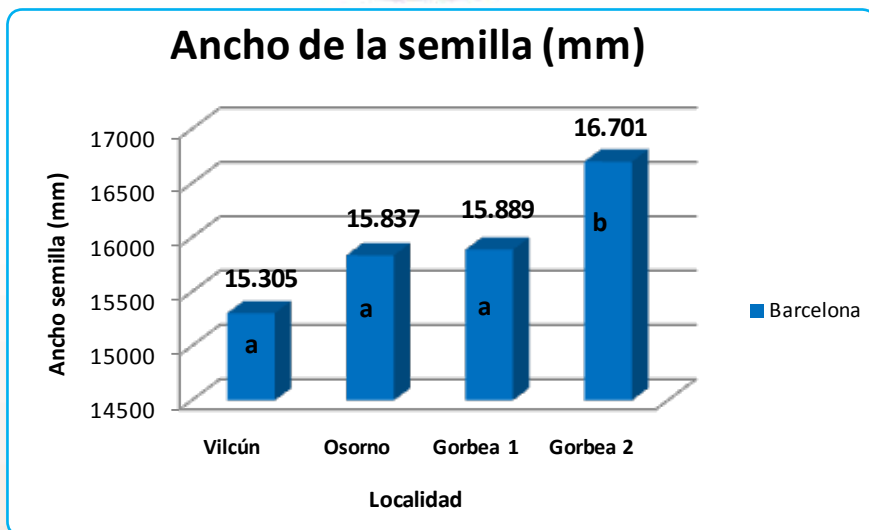


Figura 8. Comparación de las características de la semilla (ancho), c.v Barcelona chilena de acuerdo a la zona de cultivo.

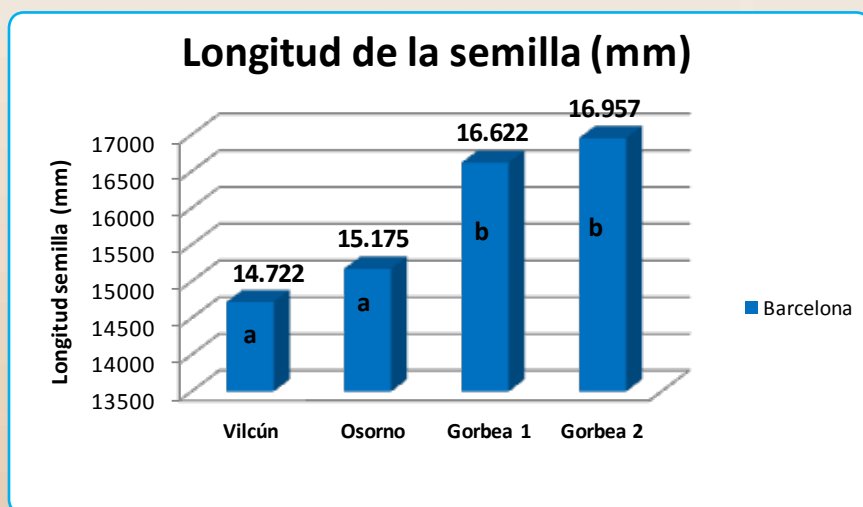


Figura 9. Comparación de las características de la semilla (longitud), c.v Barcelona chilena de acuerdo a la zona de cultivo.

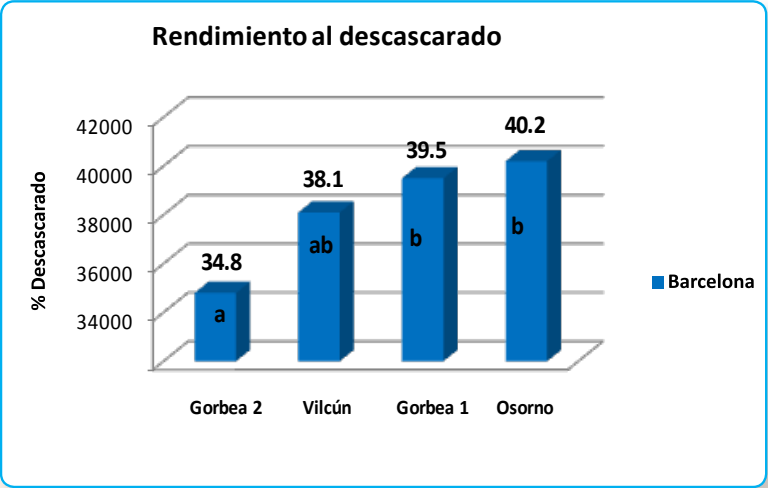
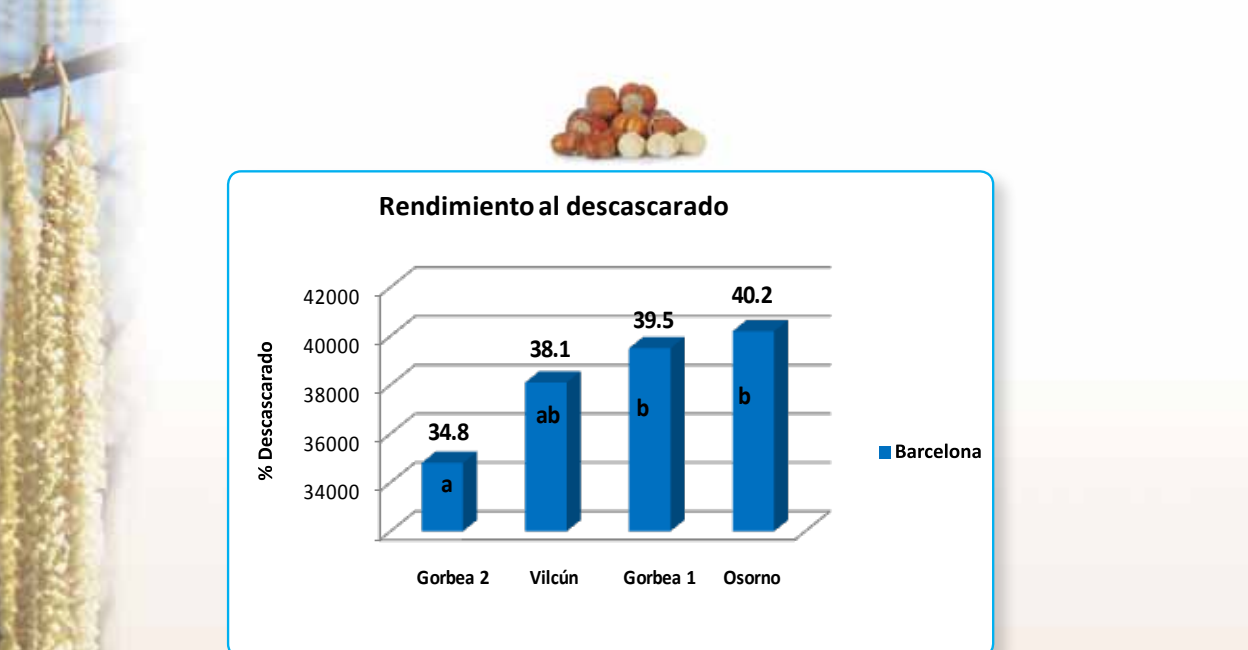


Figura 10. Comparación del rendimiento al descascarado, c.v Barcelona chilena de acuerdo a la zona de cultivo.

Por otro lado, estudios de características de frutos de Barcelona chilena, cultivadas en diferentes zonas, han determinado algunas diferencias en tamaño de frutos, semillas y rendimientos al descascarado. Cabe destacar, que el menor peso de las avellanas, semillas y el mayor porcentaje al descascarado fue observado en frutos provenientes de un sitio de plantación ubicado en la provincia de Osorno, Región de Los Lagos en relación a las localidades de Vilcún y Gorbea en la Región de La Araucanía.

Cuadro 1. Defectos en frutos y semillas, c.v Barcelona chilena de acuerdo a la zona de cultivo.

Localidad	Vanas (%)	Semilla arrugada (%)	Semilla doble (%)	Hongo (%)
Vilcún	27	7	0	3
Gorbea 1	8	3	4	0
Gorbea 2	9	3	2	0
Osorno	2	7	2	1

El mayor porcentaje de frutos vanos se observó en la localidad de Vilcún. Lo anterior se podría atribuir a la ocurrencia de temperaturas bajas durante en proceso de fecundación.



8.2. Tonda di Giffoni

En los últimos años se han comenzado a establecer huertos con la variedad italiana Tonda di Giffoni, originaria de La Región de Campania muy difundida en la provincia de Salerno. En relación a las características del árbol, este presenta un rápido crecimiento, vigor intermedio, precocidad productiva elevada, una notable proteandria y autoesterilidad, floración masculina y femenina muy precoz. Las flores masculinas (amentos) se encuentran separadas de las flores femeninas (glomérulos) y se encuentran presentes en brotes del año, son visibles a partir del mes de febrero, mientras que las flores femeninas se evidencian a partir de fines de otoño-invierno. La plena floración se alcanza casi completamente alrededor de la mitad de junio, época en que se produce la polinización y la fecundación ocurre al culminar la maduración de los órganos florales femeninos en diciembre-enero, dependiendo de las zonas de cultivo. La brotación y época de cosecha son precoces.

En relación a los frutos, presentan un promedio de 2,8 núculas por grupo, longitud del involucro muy largo, forma globular, color marrón oscuro, con índice de redondez uno, peso promedio de avellanas de 2,5 g, peso promedio de semilla de 1,16 g, rendimiento al descascarado de 46-47% y pelado o blanching del perisperma elevado.



Foto 3. Huerto de avellano, c.v Tonda di Giffoni, 4ª hoja, localidad de Gorbea, Región de La Araucanía.



Foto 4. Involucro de avellano, c.v Tonda di Giffoni.



Foto 5. Frutos de avellano, c.v Tonda di Giffoni.



En los últimos años se ha incrementado el establecimiento de huertos con esta variedad, debido a la excelente calidad de su fruta para la industria de transformación, en particular para la industria chocolatera, helados, confites, entre otros productos. Presenta buenas características industriales o tecnológicas (pelado y rendimiento al descascarado), como también buen sabor y aroma después de ser sometida a tostado.

8.3. Efecto de 3 localidades de la Región de La Araucanía sobre el comportamiento productivo de las variedades Barcelona chilena y Tonda di Giffoni.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento productivo de las dos variedades más importantes cultivadas en el país bajo diferentes condiciones agroecológicas de la Región de La Araucanía, caracterizadas por diferencias en factores climáticos y de suelo, particularmente de temperaturas y física de suelo. Las comunas de Gorbea y Vilcún se caracterizan por tener suelos tipo “trumao” y la localidad de Nueva Imperial suelos tipo “rojo-arcilloso”. En relación a las temperaturas, Nueva Imperial presenta mayor sumatoria térmica y mayor período libre de heladas respecto a las otras dos localidades.

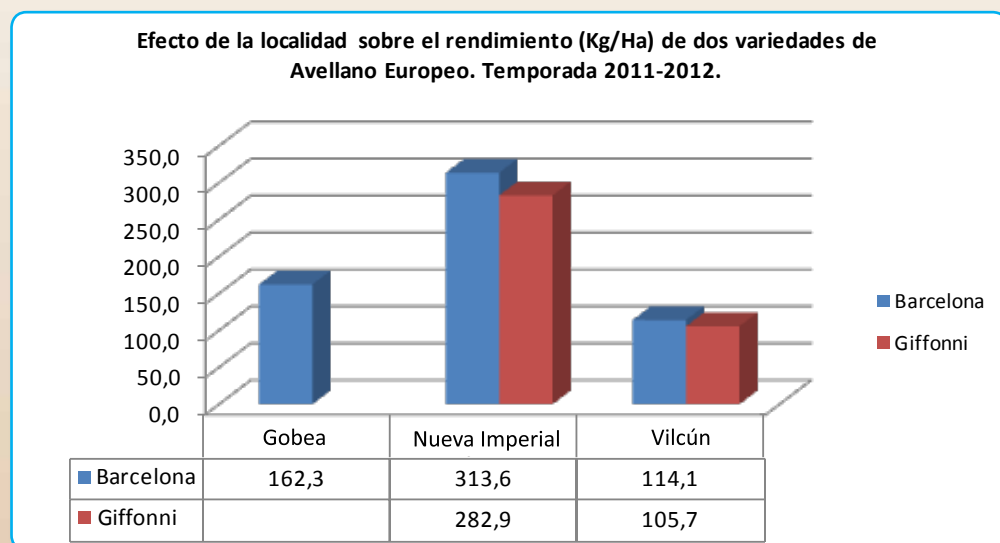


Figura 11. Efecto de la localidad sobre el rendimiento (kg/ha) de dos variedades de avellano europeo cultivar Barcelona y Tonda di Giffoni 4 años de edad. Temporada 2011-2012.



En la figura 11 se observa que los mayores rendimientos (kg/ha) para ambas variedades se obtuvieron en la localidad de Nueva Imperial y aquellos menores en la zona de Vilcún. Lo anterior, se debe fundamentalmente a los mejores condiciones climáticas del área de Nueva Imperial, en particular mayores temperaturas durante el periodo de cuaja en primavera. Destaca un mayor rendimiento de la variedad Barcelona respecto a Tonda di Giffoni. Cabe señalar, que los árboles están recién finalizando su fase de formación y se esperan mayores rendimientos en la medida que los huertos alcancen su madurez productiva.

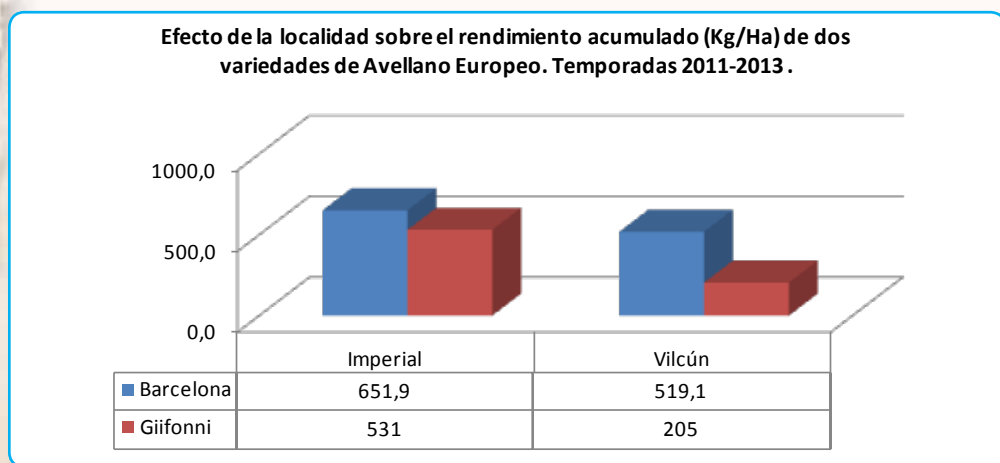


Figura 12. Efecto de la localidad sobre el rendimiento (kg/ha) de dos variedades de avellano europeo variedad Barcelona y Tonda di Giffoni en árboles de 5 años de edad. Temporadas 2011-2013.

En la figura 12 se observa que los rendimientos acumulados (Kg/ha) en las variedades Barcelona y Tonda di Giffoni fueron mayores en la localidad de Nueva Imperial respecto. Esto, se depende fundamentalmente a que en la primera localidad se han presentado mejores condiciones climáticas para fases fenológicas críticas del cultivo como son la polinización, cuaja y primeros estadios de desarrollo de los frutos, en particular menor caída pluviométrica en polinización y mayores temperaturas durante cuajado y crecimiento inicial de frutos. Estos datos son relevantes para la elección de sitios de plantación en futuros proyectos de inversión en el rubro. Respecto a este punto, la Plataforma Frutícola de INIA Carillanca cuenta con antecedentes no publicados de huertos de avellanos (c.v Barcelona) ubicados en la provincia de Malleco, localidad de Collipulli, donde se han logrado rendimientos de 4.000-4.200 Kg/ha al 7 año. Lo anterior, estaría indicando la importancia de las condiciones climáticas sobre



el potencial productivo de esta especie frutal. En relación a las variedades cabe destacar un mayor potencial productivo de la variedad Barcelona bajo las condiciones experimentales en que se desarrolló el estudio.

8.4. Tonda Gentile Romana

Variedad de origen italiano, de la zona del Lazio, difundida en Campania, Marche y Abruzzo. Presenta una floración precoz, autoincompatible y frutos sub-esféricos, con rendimiento promedio al descascarado del orden del 45%. Las semillas son esféricas, de color claro, muy demandada por la industria. Los principales cultivares polinizadores son Tonda di Giffoni, Imperiale de Trebizonda, Mortarella, Riccia de Talanico, Nocchione. También es compatible con Barcelona, Tonda Gentile delle Langhe, Daviana, entre otros cultivares. Los rendimientos promedios en plena producción fluctúan entre 2.200-3.000 Kg ha⁻¹. Comercialmente, esta variedad no se ha difundido ampliamente en Chile. Estudios realizados por INIA Carillanca en La Araucanía indican un comportamiento agronómico inferior, respecto a otras variedades como Barcelona y Tonda di Giffoni. Sin embargo, los resultados son aún preliminares, ya que los árboles no se encuentran en pleno régimen productivo.



Foto 6. Árbol c.v Tonda Gentile Romana, localidad de Radal, comuna de Cunco, Región de La Araucanía.



Foto 7. Frutos de c.v Tonda Gentile Romana

8.5. Tonda Gentile delle Langhe (TGL)

Variedad italiana de origen piamontés, norte de Italia, caracterizada por presentar una notable protandria y autoincompatibilidad, con hábito de crecimiento intermedio, precocidad productiva y vigor intermedio.

Produce frutos de color marrón claro sub –esféricos con rendimientos al descascado del 45-50%, las semillas son esféricas de color blanco marfil con buen desprendimiento del perisperma, muy apreciada por la industria del chocolate. El número de avellanas por “clúster” es de 2,9, involucro largo, índice de redondez de 0,98, tamaño de 18,6 x 18,6 x 17,9 mm, peso de fruto 2,60 g , espesor de la cáscara delgada. En relación a la semilla o pepa el tamaño es de 13,9 x 11,9 x 12,9 mm, peso de 1,17 g Los cultivares polinizadores para esta variedad son Cosford, Camponica, Mortarella y selváticos de la Región de Piemonte.

Investigaciones realizadas por INIA Carillanca señalan que la maduración es muy precoz, cosechándose la fruta a fines de febrero hasta mediados de marzo dependiendo de la zona de cultivo. De acuerdo a los antecedentes productivos de varios



años, registrados en la zona de Angol, esta variedad en plena producción tiene un rendimiento de 1.100-1.800 kg ha⁻¹, bastante al logrado con Barcelona y Tonda di Giffoni. Sin embargo, mediante el empleo de nuevas tecnologías se esperaría lograr mejores rendimientos, particularmente al utilizar una polinización con polinizadores genéticos y fenológicamente compatibles con la variedad y un programa de nutrición adecuado que permita expresar el potencial del cultivar.

Como conclusión la TGL, presenta óptimas características tecnológicas y organolépticas como: buen rendimiento al descascarado (45-50%), buena forma (redonda), característica indispensable para la elaboración de productos como chocolates, confites que requieren frutos enteros, su calibre varía entre 11-13 mm, cualidad que es preferida por la industria. Las partidas son muy homogéneas, de cáscara delgada y el perisperma tiene un espesor reducido como se indicó anteriormente, calidad que resulta importante para el descascarado y rendimiento. Una vez tostada, es fácilmente pelada, atributo de carácter genético, por el cual la TGL se diferencia de todos los demás cultivares. Presenta buena resistencia a la rotura, por la forma y presencia de una cavidad interna poco acentuada. Todo lo anterior, determina que dicha variedad sea considerada la de mejor calidad industrial a nivel mundial.



Foto 8. Huerto de Tonda Gentile delle Langhe, comuna de Cunco, Región de La Araucanía



Foto 9. Frutos de la c.v Tonda Gentile delle Langhe.

8.6. Montebello

Variedad de origen siciliano (Italia), cultivada bajo diferentes sinónimos, incluyendo Nocchione, Nostrale, Comune di Sicilia, Sciciliana, Santa María del Gesú, de crecimiento cerrado, vigor medio y precocidad productiva intermedia. La floración masculina es intermedia y aquella femenina precoz, presenta dicogamia: protándrica con brotación tardía y cosecha precoz (mediados de febrero a inicios de marzo). Esta variedad presenta autocompatibilidad parcial. El árbol mantiene una brotación tardía. Cabe destacar, que en la zona centro sur y sur de Chile ha presentado buenos rendimientos (sobre 3.000 kg ha⁻¹).

En relación a los frutos, el número de avellanas por grupo o clúster es de 2, involucro largo, forma del fruto globular, color marrón claro, índice de redondez 0,97, tamaño 18,4 x 19,4 x 16,3 mm, peso del fruto 2,94 g, espesor de la cáscara gruesa. Respecto a la semilla, el tamaño es de 13,8 x 13,3 x 10,8 mm, con un peso de 1,17 g, rendimiento al descascarado de 39,7%, pelado o blanching medio.



Esta variedad, se introdujo a Chile erróneamente como Tonda Romana y por muchos años se ha establecido como polinizador para la c.v Barcelona, lo que no procede, ya que presenta los mismos grupos alélicos y por lo tanto, no es genéticamente compatible. Por su composición alélica **S1 S2** es compatible como polinizador para la variedad Tonda di Giffoni. Para su polinización se pueden utilizar cultivares polinizadores como Riccia di Talanico, Tonda Romana.

8.7. Mortarella

Es un cultivar de origen italiano (Campania). Árbol de porte intermedio, precocidad de producción alta, muy rústico, elevada emisión de hijuelos, resistente al frío y vigor medio. La floración masculina y femenina es intermedia, dicogamia: proteandrea-homógama. Sus principales polinizadores son Tonda di Giffoni, San Giovanni, Riccia di Talanico. La brotación es tardía y la época de cosecha es intermedia. En relación a las avellanas: presenta un número de frutos por grupo de 4,5, longitud del involucre largo, forma alargada subcilíndrica, color café claro, índice de redondez 0,78, tamaño 19,1 x 16,2 x 13,8 (mm), peso 2,17 (g), espesor de la cáscara: delgada. El tamaño de la semilla en promedio es de 15,2 x 11,2 x 9,7 (mm), peso 0,99(g), rendimiento al descascarado 40-50 %. El pelado del perisperma es elevado. Sin embargo, por la forma alargada de las semillas, estas son principalmente utilizadas por la industria de transformación para la elaboración de cremas, fabricación de helados y pastelería.

8.8. San Giovanni

Variedad de origen italiano, de porte medio, precocidad productiva intermedia y elevado vigor. La floración masculina y femenina es muy precoz. Presenta dicogamia: proteandrea-homógama. Sus principales cultivares polinizadores son: Tonda di Giffoni, Mortarella, Camponica y Tonda Bianca. La brotación es muy precoz y la época de cosecha es temprana. Esta variedad tiene baja emisión de hijuelos.

En relación a las avellanas presenta 3,2 frutos por grupo, involucre largo, color marrón claro, índice de redondez 0,76, tamaño: 22,3 x 18,4 x 15,4 (mm), peso 2,60 (g), espesor de la cáscara medio. La semilla tiene un tamaño promedio de: 17,0 x 12,1 x 9,6 (mm), peso 1,20 (g), rendimiento al descascarado 46 %, pelado del perisperma medio.

8.9. Negret

Cultivar de origen español, siendo el más importante y difundido en España, particularmente, en la provincia de Tarragona. En relación al árbol, presenta vigor medio a bajo y de hábito de crecimiento semi-abierto y elevada productividad en las condiciones agroecológicas de su lugar de origen.



La floración masculina, con la liberación de polen ocurre entre fines de mayo y comienzos de junio, finalizando entre fines de junio e inicios de julio, dependiendo de las zonas agroecológicas donde se encuentren ubicados los huertos. La floración femenina, en particular la receptividad de los estigmas, se produce entre inicios y mediados de junio, terminando a mediados de julio (dependiendo de la zona en que se encuentren las plantaciones y de las condiciones climáticas de la temporada). En relación al carácter de la floración, dependiendo de las condiciones climáticas del año, puede comportarse homógama o dicógama, en este último caso, protándrica. La maduración de la fruta ocurre entre mediados y fines de febrero y se puede extender hasta finales de marzo e inicios de abril, dependiendo de la ubicación geográfica en que se encuentre el huerto.

En relación a la fruta, es de tipo alargado, de tamaño medio-pequeño (2,0 g) de forma subovoide (19,5 x 16,9 x 14,5 mm), avellana en número de 2,5 por cluster o grupo, involucro levemente más largo que el fruto, tegumento medio-sutil, pericarpio de color café oscuro, levemente estriado y pubescente en el ápice. La semilla, es de tamaño pequeña-mediana (1,0 g), con óptima remoción del perisperma para elaboración de confites como turrones, con un buen rendimiento al descascarado del orden del 48 %. En conclusión es un cultivar de excelente calidad para uso industrial. No obstante lo anterior, bajo las condiciones agroecológicas del sur de Chile esta variedad no ha presentado un buen comportamiento agronómico.

8.10. Morell

Variedad de origen español, difundida en la zona productora de avellanas de Tarragona, España. La característica del árbol, es de vigor medio, con hábito de crecimiento abierto y buena productividad y de tipo intermedio. La época de floración masculina con su liberación de polen comienza a fines de julio y los primeros días de agosto. Respecto a la floración femenina su receptividad estigmática ocurre entre fines de julio y primeros días de agosto, pudiendo extenderse hasta fines de dicho mes, según las condiciones climáticas de la temporada, es decir muy tardía. El carácter de la floración es homógama, a veces dicógama, en este último caso, protándrica. La época de brotación es media-tardía y su época de cosecha intermedia, iniciándose a mediados de febrero pudiendo extenderse hasta mediados y fines de marzo, dependiendo de la temporada y área geográfica del sitio de plantación. Entre sus principales polinizadores destacan: Grifoll, Mortarella, Cosford y Lunga di Spagna.

En relación al fruto, su forma es de tipo ovoide, de color marrón claro brillante y uniforme, índice de redondez, de 0,86, involucro largo, número de frutos por grupo 3,0 tamaño de 19,8 x 18,1 x 16,1 mm, peso de 2,05 g y espesor de la cáscara intermedio-delgada. En relación a la semilla, es de tamaño medio-pequeña, 13,3 x 11,2 x 9,6 mm, peso de 0,88 g, rendimiento al descascarado de 43,0-45,0%, pelado o blanching



elevado, presencia de fibra media, remoción del perisperma media-buena. A modo de conclusión, es un cultivar rústico de buena productividad y que ha presentado buen comportamiento agronómico bajo las condiciones agroecológicas del sur de Chile. Sin embargo, este cultivar no se ha difundido comercialmente a nivel país. En España, es la segunda variedad comercial más difundida luego de Negret. Fue introducido a Chile por el INIA en la década del 80. No ha tenido una amplia difusión, ya que otras variedades como Barcelona chilena han presentado una amplia adaptabilidad y Tonda di Giffoni una gran demanda por la industria de transformación por sus cualidades industriales.

8.11. Gironell

Variedad de origen español. Tiene mayor tolerancia a asfixia radicular adaptándose mejor a suelos más compactados y de mal drenaje, cercanos a márgenes de ríos. En relación al árbol, durante su desarrollo inicial presenta mayor vigor respecto a Negret, pero al finalizar su proceso es inferior a Negret, con excepción de huertos establecidos en zonas más bajas donde esta variedad presenta una mejor adaptación a suelos más asfixiantes (suelos saturados con menor presencia de oxígeno). En relación a la producción, es una variedad precoz con rápida entrada en la entrada productiva. La época de recolección de los frutos se inicia los primeros días de febrero y se puede extender hasta mediados y fines de marzo, dependiendo del área geográfica.

El fruto es de tipo esferoidal, índice de redondez: 1,0, tamaño grande (2,0-2,3g), sub-esférico: 18,4 x 18,6 x 16,5mm, de cáscara media. La semilla, es de tamaño medio (1,1g), con presencia de contenidos medios en fibra, remoción del perisperma para uso agroalimentario buena y un rendimiento al descascarado (cáscara/semilla) de 44,1%. Se puede concluir que Ginorell es una variedad adecuada para la industria de transformación. Este cultivar, fue introducido a Chile por INIA, pero no se ha difundido comercialmente como otras variedades.



Foto 10. Frutos de la c.v Gironell.

8.12. Grifoll

Variedad de origen español, vigorosa, de forma erecta, con alta emisión de hijuelos, buena capacidad productiva y entrada en producción tardía.

Los frutos tienen forma ovalada comprimida, de tamaño mediano pero de bajo interés comercial.

Como apreciación general, es una variedad rústica, de crecimiento lento, utilizada preferentemente como polinizador para el cultivar Morell. En importancia, es la segunda variedad plantada en España.

8.13. Trebizonda

Variedad de origen turco, sinónimo Karidaty. El árbol presenta un bajo vigor, de crecimiento abierto y productividad media y precoz. Su bajo vigor permite densificar el huerto.

La floración masculina y femenina es intermedia, presentando dicogamia, proteandria-homógama.



Los frutos tienen forma aplanada, color café claro, índice de redondez 1,15, tamaño: 18,0 x 21,8 x 19,9 (mm), peso de la avellana 2,60 (g), espesor de la cáscara delgado, tamaño de la semilla: 12,6 x 14,4 x 12,9 (mm), peso de la semilla 1,40 (g), elevado blanching o pelado. Los frutos de esta variedad son destinados a la industria de transformación y mesa. Los polinizadores principales para dicho cultivar son: Tombul, Tonda Romana, Riccia di Talanico y Palaz. Esta variedad fue introducida a Chile por el INIA en la década del 80. No se ha difundido comercialmente debido a que Barcelona chilena y últimamente Tonda di Giffoni han presentado una amplia adaptabilidad y buen comportamiento agronómico.



Foto 11. Árboles de la variedad Trebizonda, comuna de Renaico, provincia de Malleco, Región de La Araucanía.



Foto 12. Frutos del cultivar Trebizonda.

8.14. Tombul

Variedad de origen turco, con porte del árbol muy extendido y escaso vigor, precocidad productiva alta. Tanto la floración masculina como femenina es muy tardía, con dicogamia: protándrica-homógama. La brotación y la cosecha es precoz. Los principales polinizadores son: Cosford, Tonda Romana y Riccia di Talanico.

En relación a las características de las avellanas, este cultivar presenta un número de 3,5 frutos por grupo o cluster, involucro muy largo, forma cónica, de color marrón oscuro, índice de redondez de 0,83, tamaño: 17,0 x 15,0 x 13,2 (mm), peso 1,80 (g), espesor de la cáscara delgado.

Las semillas presentan un tamaño promedio de: 13,4 x 10,9 x 9,8 (mm), peso de 0,90 (g), rendimiento al descascarado de 50 %, pelado o blanching del perisperma muy elevado. Por este motivo es apreciada por la industria.

Esta variedad fue introducida al país por INIA en los 80, siendo evaluado bajo diferentes condiciones agroecológicas de la zona centro sur y sur de Chile, con un buen comportamiento productivo pero sujeta a alternancia productiva. En la comuna de Lautaro, provincia de Cautín, Región de La Araucanía existe un huerto con dicha variedad en pleno régimen productivo.



En relación a plagas, este cultivar se ha comportado altamente sensible a la sierra del manzano (*Callisphyrus sp*), coleóptero endémico cuyos síntomas son presencia de ramas secundarias o terciarias desecadas (muertas), sin hojas en pleno crecimiento vegetativo y con formación de galerías que realiza la larva, que tiende a seguir el eje de la rama con diversas salidas laterales para evacuar el aserrín producido y además una galería circular que finalmente causa la rotura de la rama.

8.15. Nuevas variedades

Actualmente existen nuevas variedades disponibles para uso industrial y para mesa desarrolladas por el programa de mejoramiento de la Universidad Estatal de Oregon, Estados Unidos (OSU). Estas se caracterizan por presentar resistencia al Eastern filbert blight (EFB), enfermedad causada por el hongo *Annisogramma anomala*, que constituye una de las limitantes más serias del cultivo del avellano en Estados Unidos y que felizmente, no se encuentra presente en el país, Chile está libre de este patógeno, el cual ha causado grandes estragos en la industria del avellano del país del norte. Algunas de estas variedades se han introducido a Chile, pero sujetas a royalties, existiendo aún escasa disponibilidad de material en el vivero nacional autorizado para su multiplicación y comercialización. Se han establecido algunas plantaciones comerciales con algunas variedades como Jefferson y Yamhill fundamentalmente. Es necesario señalar, que no se tienen antecedentes previos sobre su comportamiento agronómico en las condiciones agroecológicas de las zonas chilenas productoras. Los primeros resultados preliminares, se obtendrán durante los siguientes 3-4 años, una vez que estos huertos comiencen a producir y 6-8 años para disponer de información de producción en pleno régimen.

8.15.1. Jefferson

Variedad de origen norteamericano obtenida en el programa de mejoramiento genético de la Universidad estatal de Oregon, Corvallis, licenciada en enero de 2009. Este cultivar se caracteriza por presentar resistencia a la enfermedad Eastern filbert blight (EFB), causada por el hongo *Annisogramma anomala* (Peck) E. Müller que constituye una de las limitantes más importante del avellano en Estados Unidos, que afortunadamente no se encuentra presente en Chile.

La floración femenina es muy tardía. Las flores femeninas expresan incompatibilidad alélicas S1 y S3, pero el polen expresa sólo el alelo S3. Los cultivares polinizadores que liberan polen en diferentes tiempos recomendados para esta variedad son Gamma, Yamhill, Eta, Theta y también son compatibles Hall's Giant, Felix.

En Chile no existen antecedentes sobre el comportamiento agronómico y compatibilidad fenotípica de estos materiales, ya que es necesario que la floración masculina



se sobreponga exactamente a la floración femenina de la variedad principal (“overlapping”). Lo anterior, es una condición indispensable para lograr una adecuada polinización. Por ello, se requieren estudios previos antes de decidir plantaciones comerciales de estas nuevas variedades bajo las diferentes condiciones agroecológicas en que se cultiva el avellano en el país. Adicionalmente, en relación al aspecto biológico, los polinizadores deben producir abundante polen, con buena germinación. Respecto a ello, tampoco se cuenta con información local. Cabe destacar, que existe una marcada influencia del ambiente sobre los estados fenológicos de los cultivares.

Los árboles, tienen hábito de crecimiento ligeramente vertical y moderadamente vigorosos con una canopia verticalmente expandida que le permite una buena penetración de la luz al interior del árbol. Lo anterior, favorece el desarrollo de frutos y disminuye la ocurrencia de clusters o grupos de frutos únicos que son comunes en árboles con copas densamente sombreadas. En relación a Barcelona, bajo las condiciones de clima y suelo de Oregon, los árboles han presentado un 30-40% de menor vigor. En pleno régimen productivo se ha determinado un 15% menos de vigor. La época de cosecha es similar a Barcelona.

En relación a los frutos presenta un peso ligeramente inferior a Barcelona (3,7g), con rendimiento al descascarado del orden del 45%. Son de color café claro y con un blanching de la semilla o pepa ligeramente mayor que Barcelona.



Foto 13. Huerto joven de Jefferson, comuna de Pitrufuquén, Región de La Araucanía.



8.15.2. Yamhill

Variedad norteamericana de la Universidad estatal de Oregon, completamente resistente al Eastern filbert blight (EFB), fue licenciada en 2008, pública y propagada sin restricción en los Estados Unidos.

El árbol es compacto, con hábito de crecimiento expandido y de menor vigor respecto a Barcelona (variedad referencial). Estos no se cruzan hasta después de 10 años de establecido el huerto con distancias de plantación de 4 metros sobre la hilera. Las ramas, presentan buenos ángulos de inserción, permitiendo una buena penetración de la luz sin ocasionar excesivas quemaduras por el sol en órganos como hojas, involucros y corteza de los árboles. Dichas características se han observado bajo las condiciones ambientales de Oregon, Estados Unidos, pues en Chile aún no se cuenta con información de huertos plantados con Yamhill en diferentes condiciones agroecológicas. Los árboles presentan un buen anclaje sin tendencia a inclinarse, según los análisis de plantaciones adultas en el país del norte.

Las flores femeninas comienzan a emerger tarde en diciembre y permanecen rojas hasta principios de febrero (Oregon, USA), muy similar a Barcelona. La emisión del polen es muy variable en su duración, dependiendo de las temperaturas en invierno y la edad de los árboles. Los árboles producen una gran cantidad de amentos que comienzan a emitir polen en las primeras semanas de enero con un peak en la tercera semana de este mes (Oregon). Sin embargo, en algunas temporadas la emisión continúa durante febrero, es decir es muy dependiente de este factor. En Chile, no existen antecedentes ya que los huertos establecidos son de reciente data.



Foto 14. Frutos del cultivar Yamhill.



Las flores femeninas

La cosecha de la fruta (Estados Unidos) ocurre aproximadamente 10 días antes que Barcelona. En relación a los frutos, son de forma redonda, pequeños (2,3 g), bajo contenido en fibra, peso de semilla (0,8-1,1 g) con un blanching del perisperma similar a Barcelona y un rendimiento al descascarado de 49%. Adicionalmente, se ha observado una baja incidencia de mohos.

8.15.3. Sacajawea

Variedad norteamericana desarrollada por el programa de mejoramiento de la Universidad Estatal de Oregon obtenida del cruzamiento de la selección OSU 43.091 x Sant Pere, con grupo alélico S1 S22. Este cultivar fue licenciado en febrero de 2006.

El árbol comparado con Barcelona, es ligeramente más pequeño pero presenta una elevada eficiencia productiva. Las plantas tienen un hábito de crecimiento “cerrado” redondeado, con estructuras fáciles de mantener. Sin embargo, se requiere de poda de mantenimiento con el fin de permitir una buena penetración de la luz al interior de la copa. Esta variedad no presenta resistencia completa al Eastern filbert blight (EFB).

En relación a rendimiento de los árboles, es similar a Barcelona, pero las avellanas tienen menos defectos y un mayor porcentaje de semilla o pepa que Barcelona. Respecto a la cosecha, más del 95% de las avellanas pueden ser cosechadas 10-15 días antes que Barcelona. En algunos años, la cosecha se ha completado antes de comenzar con Barcelona (Oregon, USA).

La floración femenina ocurre al mismo tiempo que en Barcelona, las primeras flores a mediados de diciembre y la última a mediados de febrero bajo las condiciones agroecológicas de Oregon. Los árboles producen una elevada cantidad de polen que emiten temprano a mediados de estación y cuyo Peak se produce en la segunda y tercera semana de enero.

Las flores femeninas de Sacajawea expresan alelos S1 y S22, pero sólo S1 se expresa en el polen. Para la polinización son recomendados cultivares que proveen polen para cubrir el periodo de floración femenino desde fines de diciembre a mediados de febrero bajo las condiciones agroecológicas de Oregon. Cultivares como Lewis (S3S8), Gamma (S2 S10) y Hall's Giant (S5 S15) se recomiendan para esta variedad. El polen de Lewis cubre el periodo de floración femenino temprano de Sacajawea, mientras que Gamma y Hall's Giant pueden cubrir el período intermedio y tardío de los tres cultivares. Los cultivares cuyo polen expresan los alelos S1 o S22 no son compatibles con Sacajawea, incluyendo Barcelona (S1 S2), Delta (S1 S15), Epsilon (S1 S4) y Zeta (S1 S1).



En relación a los frutos, el tamaño es aceptable para el mercado en cáscara y descascarado. Los pesos promedio de frutos son de 2,8g, semilla 1,4g y un rendimiento al descascarado del 52,0 %. Los frutos y las semillas son atractivas y tienen pocos defectos. El sabor es excelente. Presenta pocos problemas de llenado del grano, frutos vanos y el porcentaje de mohos es inferior o similar a Barcelona. El tamaño de la semilla es similar a Tonda di Giffoni y Tonda Romana. El blanching o pelado del perisperma es superior a Barcelona. En una escala de 1 a 7 (1=mejor), los rangos para Sacajawea son 2-3.

Es necesario, señalar, que en la zonas productoras de avellana de Chile no tenemos aún antecedentes sobre el comportamiento productivo de esta variedad y tampoco estudios sobre los cultivares polinizadores más adecuados para la zona centro sur y sur del país. Por ello, previo al establecimiento de huertos de superficie comercial se recomienda establecer jardines, con el fin de estudiar su adaptabilidad y comportamiento agronómico.

8.15.4. Santiam

Variedad desarrollada por la Universidad Estatal de Oregon, licenciada en 2005. Más del 90% de las avellanas maduras caen libres del involucre a fines de septiembre (Oregon). La variedad no ha presentado alternancia en la producción.

La floración femenina ocurre tarde o muy tarde en la temporada, requiriéndose cultivares polinizadores que emitan polen tardíamente. En Oregon, se recomiendan Epsilon y Zeta. Santiam produce mucho polen y es un potencial polinizador. Este cultivar emite polen temprano a media estación y presenta un periodo corto a intermedio de emisión de polen.

En relación a los frutos, estos tienen buenas características para el mercado de semilla (descascarado). Sin embargo, son demasiado pequeños los frutos para el mercado en cáscara. El peso promedio del fruto es de 2,0-2,1 g, mientras que las semillas alcanzan pesos de 1,0-1,1 g. El rendimiento al descascarado es de 48-52 % con una aptitud moderada al blanching. Santiam ha presentado menos de un 5% de frutos vanos y hembra café y alrededor de un 4% de mohos.

8.16. Estudios de variedades temporada 2008-2012.

En la zona de Vilcún, Región de La Araucanía, bajo condiciones de suelos trumaos se han evaluado (etapa de formación del huerto) el comportamiento vegetativo y productivo de las variedades: Barcelona chilena, Tonda di Giffoni, Tona Gentile delle Langhe y Tonda Romana. Los resultados preliminares de este estudio se presentan a continuación:

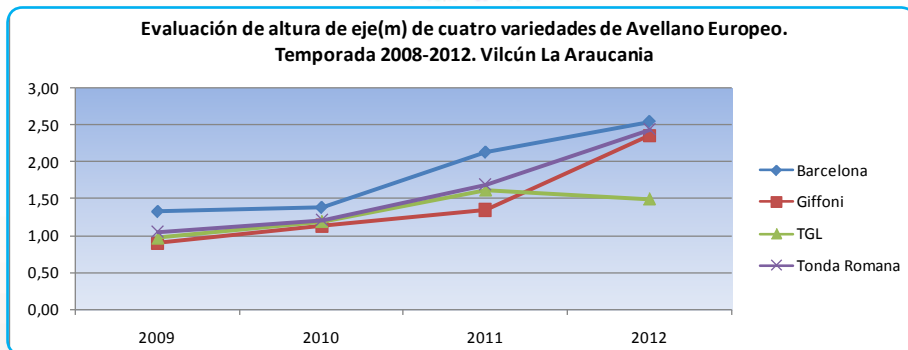


Figura 13. Evaluación de altura de eje (m) de cuatro variedades de avellano (Barcelona chilena, Tonda di Giffoni, Tonda Gentile delle Langhe y Tonda Romana), comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, temporada 2008-2012.

El estudio indicó que la altura del eje central ha sido mayor en la variedad Barcelona respecto a los otros tratamientos (variedades). Lo anterior, se debe principalmente al hábito de crecimiento natural de Barcelona (tipo vertical y expandido) y a su elevado vigor vegetativo. Por otro lado, la variedad Tonda di Giffoni se caracteriza por presentar un crecimiento muy vertical de su canopia y vigor intermedio y tanto Tonda Gentile delle Langhe como Tonda Romana presentan un hábito de crecimiento y vigor intermedio, sin grandes diferencias entre las variedades italianas tipo tonda, evaluadas bajo las condiciones experimentales en que se efectuó la investigación.



Figura 14. Evaluación del diámetro del tronco (cm) de cuatro variedades de avellano (Barcelona, Tonda di Giffoni, Tonda Gentile delle Langhe y Tonda Romana), comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, temporada 2008-20012.



En las dos primeras temporadas, desde el establecimiento del cultivo no se evidenciaron diferencias importantes en el crecimiento del diámetro del tronco entre las 4 variedades evaluadas. A partir de la tercera temporada la variedad Barcelona chilena ha presentado un mayor diámetro del tronco. Esta tendencia, ha continuado durante la temporada 2012 donde dicha variedad ha presentado el mayor diámetro del tronco (6,5cm) respecto a las otras variedades en estudio. Cabe destacar que durante la temporada 2012 la variedad Tonda Gentile delle Langhe ha presentado el valor más bajo, características propias de esta variedad.

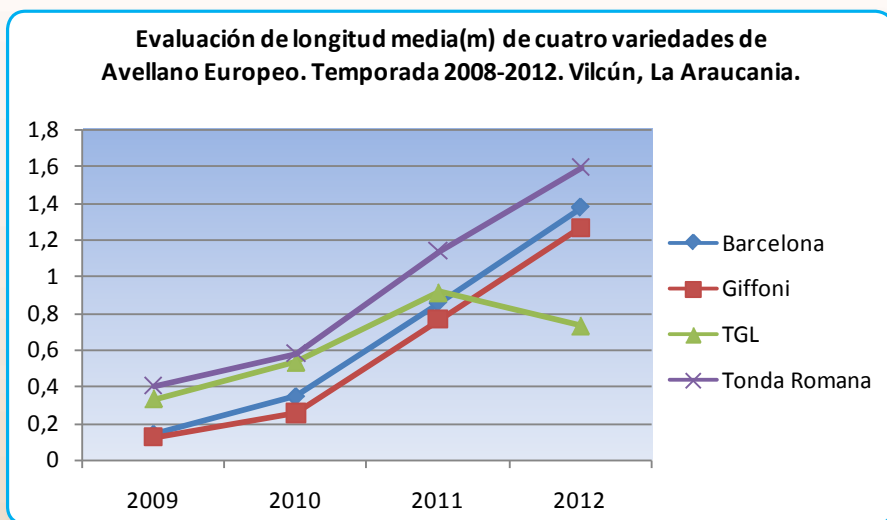


Figura 15. Evaluación de la longitud media de ejes laterales (m) de cuatro variedades de avellano (Barcelona, Tonda di Giffoni, Tonda Gentile delle Langhe y Tonda Romana), comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, temporada 2008-2012.

En relación a este parámetro no se apreciaron diferencias importantes entre las diferentes variedades en estudio, aún cuando el mayor crecimiento en longitud de los laterales se observó para la variedad Tonda Romana (1,59 m) y el valor más bajo para la variedad Tonda Gentile delle Langhe.



Evaluación de Rendimiento 4 variedades. Temporada 2008-2012.
Vilcún, La Araucanía.

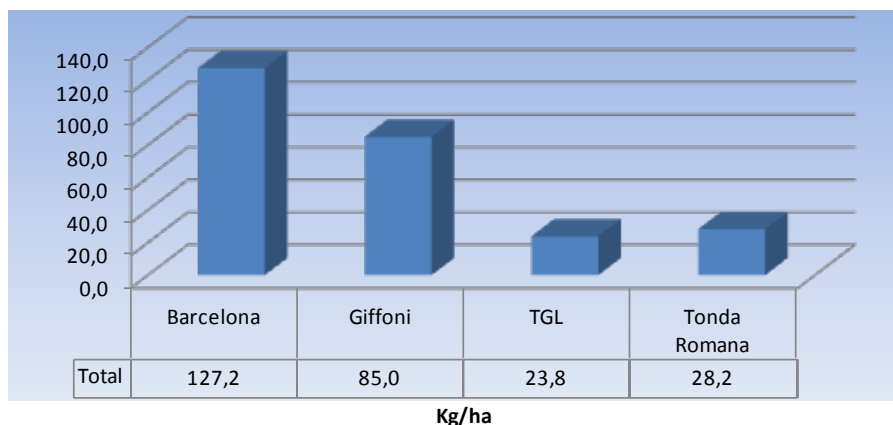


Figura 16. Evaluación de rendimiento (k/árbol) de cuatro variedades de avellano (Barcelona, Tonda di Giffoni, Tonda Gentile delle Langhe, Tonda Romana), comuna de Vilcún, Región de La Araucanía, temporada 2008-2012.

La variedad Barcelona chilena presentó un mayor rendimiento promedio por hectárea (temporada 2012), en comparación a las demás variedades evaluadas. La segunda variedad con mayor rendimiento corresponde a Tonda di Giffoni ($85,0 \text{ Kg ha}^{-1}$) y los rendimientos más bajos se observaron en las variedades Tonda Romana y Tonda Gentile delle Langhe. Dichos resultados son preliminares para realizar conclusiones definitivas acerca del comportamiento productivo de estas variedades bajo las condiciones particulares del sitio de plantación donde se ubica el ensayo. Es necesario, evaluar el comportamiento productivo de las variedades en el transcurso de las siguientes temporadas. No obstante lo anterior, los rendimientos son aún bajos para árboles de 4 temporadas de crecimiento. Posiblemente, esto se deba a polinizaciones y cuajas no adecuadas por condiciones climáticas adversas que han afectado la producción de los huertos durante dichas temporadas, particularmente temperaturas no óptimas para la cuaja. Adicionalmente, los cultivares polinizadores han presentado un crecimiento inferior respecto a las variedades principales y con ello una baja producción de inflorescencias masculinas (amentes), como también menor producción de polen. Lo anterior, se ha debido principalmente porque los polinizadores al momento del establecimiento del huerto tenían menor vigor (altura y diámetro del tronco), en relación a las variedades principales o comerciales bajo estudio.

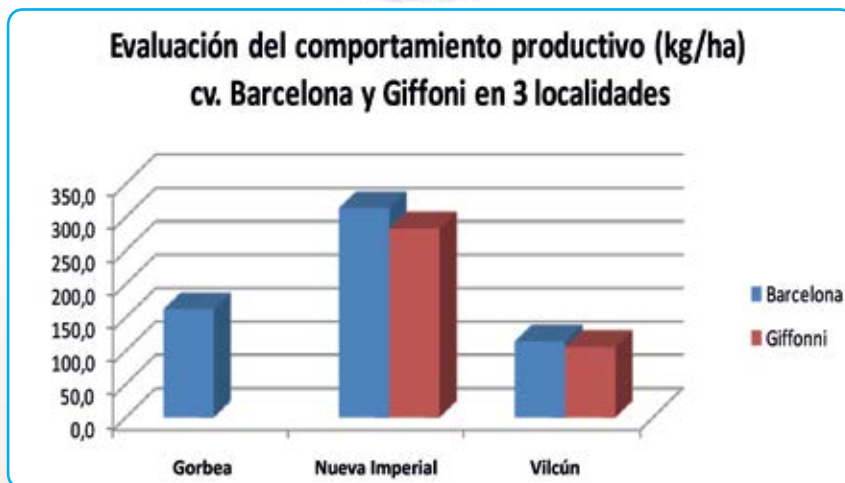


Figura 17. Evaluación del comportamiento productivo (k/ha) de las variedades Barcelona y Tonda di Giffoni bajo las condiciones agroecológicas de las zonas de Gorbea, Nueva Imperial y Vilcún.

La variedad Barcelona chilena ha presentado los mayores rendimientos promedios en el sitio de plantación de la zona de Nueva Imperial (313,6 k/ha) durante la cuarta temporada de crecimiento del huerto experimental (año 2012), significativamente superiores respecto a los resultados obtenidos en el sitio de Gorbea y Vilcún. Los menores rendimientos promedios se registraron para el sitio experimental ubicado en la zona de Vilcún (114,1 K/ha).

En relación a la variedad Tonda di Giffoni, los mayores rendimientos promedios se observaron en la localidad de Nueva Imperial (282,9 h/ha) y en la zona de Vilcún se evidenciaron las producciones más bajas (105,7 k/ha).

Estos resultados preliminares estarían indicando una mejor respuesta productiva de ambas variedades en estudio (Barcelona chilena y Tonda di Giffoni), bajo las condiciones agroecológicas del sitio experimental de Nueva Imperial.



Evaluación del crecimiento vegetativo (m) en 3 localidades cv. Barcelona y Giffoni

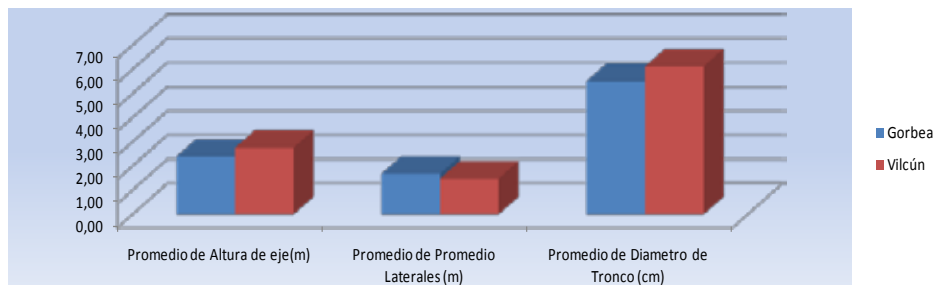


Figura 18. Evaluación del crecimiento vegetativo: altura de eje, longitud de laterales y diámetro del tronco, variedad Barcelona chilena bajo las condiciones agroecológicas de las zonas de Gorbea y Vilcún.

La mayor altura y diámetro promedio de los árboles se observaron en la localidad de Vilcún, no existiendo diferencias importantes en la longitud promedio de los laterales. Probablemente, los resultados estarían asociados a un sistema de riego más eficiente en la localidad de Vilcún que le permitió a los árboles satisfacer sus requerimientos hídricos durante el periodo vegetativo de los meses de verano.

8.17. Evaluación del comportamiento productivo de las cuatro principales variedades cultivadas en Chile.

Las principales variedades cultivadas en Chile son en primer lugar Barcelona y Tonda di Giffoni, seguida , importancia las variedades Tonda Gentile delle Langhe y Tonda de Romana. Estas últimas han tomado menor difusión en las diferentes zonas de cultivo de esta especie frutal, debido a una menor adaptación a las condiciones agroecológicas de las áreas de cultivo en el sur de Chile.

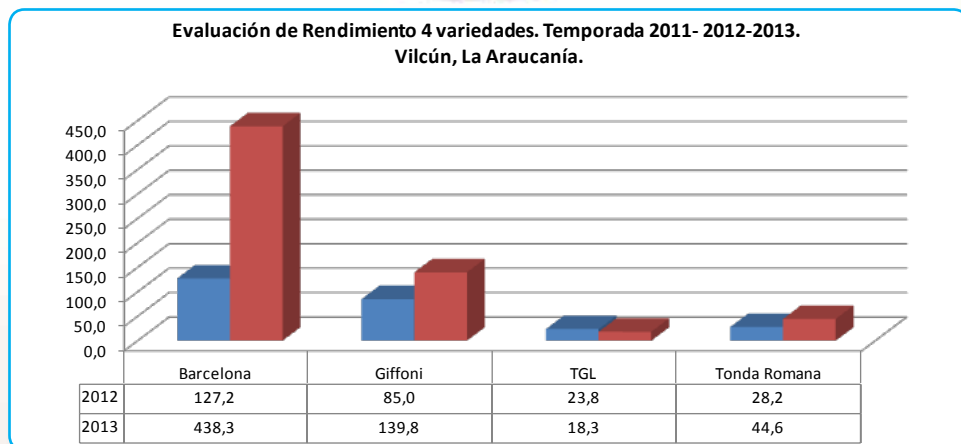


Figura 19. Efecto de el rendimiento (kg/ha) de cuatro variedades de avellano europeo Barcelona, Tonda di Giffoni, Tonda Gentile delle Langhe (TGL) y Tonda Romana, en árboles de 5 años de edad. Temporadas 2012-2013, localidad de Vilcún Región de La Araucanía.

En la figura 19, se observa un mayor potencial productivo para las variedades Barcelona y Tonda di Giffoni. Cabe destacar los rendimientos significativamente mayores alcanzados en Barcelona bajo las condiciones experimentales en que fue llevado a cabo el estudio. Por otro lado, los menores rendimientos fueron evidenciados para las variedades Tonda Gentile delle Langhe y Tonda Romana. Estas últimas han expresado una menor adaptabilidad y comportamiento productivo a las condiciones agroecológicas en que se encuentran establecidos los huertos experimentales. Adicionalmente, la misma tendencia se ha observado en otros sitios experimentales de la Región de La Araucanía (Nueva Imperial) y de Los Lagos (Osorno)(datos no publicados). Estos resultados estarían señalando la importancia de la evaluación de las nuevas variedades licenciadas, previo a realizar plantaciones comerciales.

Cuadro 2. Características de la fruta y rendimiento al descascarado de 4 variedades de avellano europeo evaluadas durante la temporadas 2012-2013, localidad de Vilcún Región de La Araucanía

Variedad	Promedio de Promedio Peso Fruto (grs)	Peso semilla (grs)	Rendimiento descascarado (%)
Barcelona	3,56	1,25	35%
Giffoni	3,03	1,30	43%
TGL	1,53	0,51	32%
Tonda Romana	2,54	0,84	34%



En el cuadro 2 se observa un mayor peso promedio de fruto para la variedad Barcelona. Los menores pesos se han evidenciado para las variedades TGL y Tonda Romana. En relación al peso de semilla no se observaron diferencias importantes entre Barcelona y Tonda di Giffoni. Los menores valores para este parámetro fueron determinados para TGL y Tonda Romana. Respecto al rendimiento al descascarado o rendimiento industrial fueron observados para la variedad Tonda di Giffoni (43%). Sin embargo, este valor es inferior a los indicados en referencias bibliográficas (45-46%). Cabe destacar los bajos rendimientos al descascarado, presentados por las variedades TGL y Tonda Romana bajo las particulares condiciones experimentales en que fue realizado el estudio, respecto a citas bibliográficas de investigaciones efectuadas en el extranjero para estas variedades (45-47%).

8.17.1. Estudio de germoplasma local

La región de la Araucanía es una importante área de crecimiento del avellano, en particular de antiguo material introducido hace 150 años por los inmigrantes europeos como alemanes, italianos, suizos y españoles. Este material, se encuentra en jardines, pequeños huertos caseros y árboles aislados.

Considerando la importancia cada vez mayor de la preservación de los recursos genéticos para las generaciones presentes y futuras y dada la importancia que esta adquiriendo el cultivo del avellano en Chile, especialmente en la zona sur del país es que la Plataforma Frutícola de INIA Carillanca, en colaboración con productores, inicia en el periodo 2010-2011 la primera prospección de germoplasma de avellano europeo (*Corylus avellana* L) en la Región de La Araucanía. En esta primera prospección fueron seleccionados y estudiados un total de 28 árboles de avellanos determinándose una importante variabilidad genética.

En mayo de 2011, materiales preseleccionados fueron introducidos a INIA Carillanca a un campo de colección para su preservación, caracterización agronómica y comercial y para uso en el programa de mejoramiento genético del avellano en Chile.

El estudio determinó algunas características de los frutos y de las semillas del germoplasma recolectado. La selección principalmente mostró dos tipos de avellanas: alargadas y redondas (esta última con menor grosor de la cáscara para uso industrial). En relación al tamaño del fruto, el 39,9% presentó tamaño medio entre 1,8-2,5g, el 14,30% presentó frutos pequeños (< 1,7g), el 39,28% frutos grandes, con pesos entre 2,6 y 3,3 g y el 7,14% presentó frutos muy grandes (3,5-3,84 g).



Foto 15. Frutos del germoplasma recolectado.

Cuadro 3. Caracterización de fruta y semilla de 28 árboles sector Gorbea, La Araucanía.

Area	Tamaño (g)	%	Forma	%	Color	%	Cicariz Pistilar	%	Descascarado (%)	Pelado semilla	%
Gorbea	Medio (1,8-2,5)	39,9	Globular	55,55	Café	64,28	Medio	55,55	42,86>50	Buena aptitud	57,14
	Pequeño (1,7)	14,3	Ovoide	22,0	Café oscuro	21,42	Pequeño	40,74	32,14<45	Regular	32
	Grande (2,6-3,3)	39,28	Subcilindri	14,81	Café claro	17,85	Grande	3,70	25,00<45	Mala	10,86
	muy grande (3,5-3,8)	7,14	Conical	3,7							

La forma principal fue de tipo globular, como Barcelona y Tonda di Giffoni (55,55%), con la forma ovoide el 22% como las variedades españolas Negret y Morell, con forma sub-cilíndrica corta el 14,28% como la variedad italiana Mortarella y el 3,70% en forma cónica.



En relación al color de la cáscara, el 64,28% evidenció color café, como Tonda Romana, el 21,42% café oscuro como Negret y el 17,85 % café claro como la cultivar Ennis.

Respecto a la morfología de los frutos (tamaño pistilar), gran parte de los ejemplares (55,55%) presentó tamaño medio y el 40,74% un tamaño pequeño y solo el 3,7% tamaño grande.

Respecto, a la relación semilla/cáscara, gran parte del material presentó valores altos (50%). Estos resultados indican que las avellanas presentan cáscara delgada y la semilla llena bien el fruto. Parámetro de calidad para la industria del avellano. Por otro lado, un 32,14% de los frutos presentó un porcentaje de semilla igual o superior al 45% y sólo el 25% de los avellanos mostró porcentajes menores a un 45%.

En relación al blanching o pelado, el 57,14% de las semillas mostró una buena aptitud industrial como la variedad Tonda Gentile delle Langhe, Tonda di Giffoni y Negret.



Foto 16. Ecotipos de germoplasma locales, sector Gorbea en La Araucanía



GLOSARIO

Amentos: flores unisexuales masculinas, agrupadas en un eje a lo largo del cual se distribuyen las flores individualmente.

Canopia: se refiere al conjunto de follaje y ramas que forman la estructura aérea de un árbol

Ecotipo: planta que posee características especiales (comparada con los demás miembros de su especie), las cuales están controladas por factores genéticos y que son relativamente independientes del medio.

Edafoclimáticas: conjunto de características de suelo y clima, que en forma asociada, permiten definir un área determinada.

Especie: conjunto de individuos estrechamente relacionados que por lo general se entrecruzan libremente; unidad de clasificación (taxón) que se encuentra por debajo del género.

Homógama: se refiere a la sincronía entre la liberación de polen por la flor masculina y receptividad de polen en la flor femenina en un cultivar.

Involucro: estructura formada por un conjunto de brácteas.

Población: miembros de una sola especie que se ubican dentro de un área específica, y considerada durante un periodo determinado.

Protándrica: se refiere a un cultivar en que la flor masculina libera polen antes que la flor femenina esté receptiva.

Protógina: se refiere a un cultivar en que la flor femenina se encuentra receptiva antes que la flor masculina (amento) se encuentre liberando polen.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ellena M (2010). Polinización y manejo del avellano europeo. Boletín Nº 202, p. 88.
- Heslop- Harrison (1975). Incompatibility and the pollen- stigma interaction. Annual Review of Plant Physiology 26: 403-425.
- Ilhami A.(2002). Turkish Hazelnut Cultivars. Grafikservis, p. 136.
- Mehlenbacher S.A (2012). Incompatibility alleles in Hazelnut cultivars. 8th International Congress on Hazelnut, 19th-21th March 2012 Temuco, Araucania Region, p. 28.
- Mehlenbacher S. A (1997),. Testing compatibility of hazelnut crosses using fluorescence microscopy. Acta Hortic. 445: 167-171.
- Mc Cluskey R.L.; Mehlenbacher S.A.; Smith D.C; y Azarenko A.N. Advanced selection and new cultivar performance in Hazelnut trials planted in 1998 y 2000 at Oregon State University. Proceedings of the Seventh International congress on Hazelnut, Acta Horticulturae Number 845, p. 67-71.
- Molnar T.J; Capik J.M. and Goffreda J.C((2009). Response of Hazelnut Progenies from Known Parents to *Anisogramma anomala* in New Jersey, USA. Proceedings of the Seventh International Congress on Hazelnut. Acta Horticulturae Number 845, p. 73-81.
- Roversi A. (2007). Aspetti agronomici e varietali della coltivazione del nocciolo. Notiziario Tecnico Nº 75, p. 29-36.
- Rovira M y Tous J (2007). Material vegetal. El conreu de l'avellaner, P. 25-36.

