

CAPÍTULO 5



FERTILIZACIÓN

Miguel Ellena D., Ing. Agrónomo Dr.
Adolfo Montenegro B. Ing. Agrónomo M.Sc.
Abel González G., Ing. Agrónomo M.Sc.
Paola Sandoval F., Ing. Agrónomo

La fertilización es un factor determinante para un adecuado desarrollo de los árboles de avellano europeo, durante su fase de formación y 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 y su disponibilidad de nutrientes en particular, condición climática y requerimientos nutritivos de los árboles, o sea de macro y micronutrientes que las plantas extraen del suelo para su adecuado crecimiento vegetativo y producir una determinada cantidad de avellanas de buena calidad.

La fertilización debe considerar:

- Satisfacer los requerimientos nutricionales de los árboles
- Mantener un adecuado equilibrio entre la actividad vegetativa y productiva
- Disminuir al máximo el costo de las aplicaciones
- Reducir los riesgos de pérdidas por lixiviación (ej., nitrógeno) y por consiguiente 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 de esta especie frutal se necesitan antecedentes (datos) sobre sus requerimientos nutricionales y el suministro de nutrientes del suelo. Antes de plantar es recomendable efectuar un análisis físico y químico del suelo. Se necesita construir una calicata para determinar la profundidad del suelo y presencia de algunos impedimentos (napas freáticas superficiales, capas impermeables, moteados). Estos 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 consiguiente en la parte aérea del árbol (Ellena *et al.*, 2013).



Foto 1. Calicata que muestra perfil del suelo.

Fuente: INIA Carillanca

El crecimiento y desarrollo anual del avellano europeo en su etapa de formación y producción presenta variaciones que responden al manejo de los árboles 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 afectarán el crecimiento, desarrollo, anticipación en la entrada en producción, rendimientos y calidad de la fruta (Ellena *et al.*, 2013).

5.1. Análisis de suelos

El rendimiento de un huerto de avellano puede ser afectado por diferentes factores, entre ellos, la disponibilidad de nutrientes esenciales en el suelo para los árboles. Cuando éstos no se encuentran en cantidades adecuadas, se requiere incorporarlos mediante fertilizantes para suplir los requerimientos de los avellanos; también pueden aplicarse enmiendas calcáreas o dolomíticas para corregir el nivel de saturación de aluminio del suelo. Por ello, el análisis químico del suelo es una herramienta fundamental que permite determinar la disponibilidad de nutrientes, constituyendo una información valiosa para tomar decisiones en la definición de un correcto plan de nutrición del huerto. Es importante señalar que este análisis debe realizarse en un Laboratorio de Suelos acreditado ante la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA) de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo.

Previo y luego del establecimiento de un huerto de avellano, es recomendable realizar un análisis químico del suelo. Este puede indicar la existencia adecuada, excesiva o carencia de ciertos nutrientes y la necesidad de suministrarlos antes o durante la plantación de los árboles y en posteriores etapas de desarrollo de éstos (Ellena *et al.*, 2013).

El análisis químico del suelo es una herramienta de gran utilidad para evaluar la fertilidad de un suelo. En base a los resultados de este análisis, se establece la fórmula de fertilización y dosis de nutrientes a aplicar y además se corrigen eventuales problemas de acidez (mediante aplicación de enmiendas calcáreas o dolomíticas) para cada condición de suelo en particular. En el caso del avellano europeo, para obtener buenos rendimientos y calidad de las avellanas es necesario mantener un adecuado equilibrio de los nutrientes en el suelo. En general, el desequilibrio en el nivel en que se encuentran los nutrientes en el suelo puede ocasionar deficiencias, toxicidades o interferencia de un nutriente con la absorción de los demás (Ellena *et al.*, 2013).

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. El rango de pH entre 5,5 y 7,5 incluye la mayoría de las especies frutales (es el rango adecuado para los frutales). No obstante, algunas de ellas prefieren suelos ácidos o alcalinos. Sin embargo, cada especie y dentro de éstas, cada variedad y combinación portainjerto/variedad necesita un rango específico de pH, para expresar mejor su potencial de crecimiento y productividad.

En tal sentido, 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 (*trichoderma*, *aspergillus*, *penicillum*, *actinomicete*, entre otros) prefieren suelos más ácidos, mientras que gran parte de las bacterias (*Pseudomonas*, *Bacillus*, *rhyzobium*, *agrobacterium*, entre otras) que facilitan nutrientes a las plantas, presentan preferencia por suelos moderadamente ácidos o ligeramente alcalinos (Ellena *et al.*, 2013).

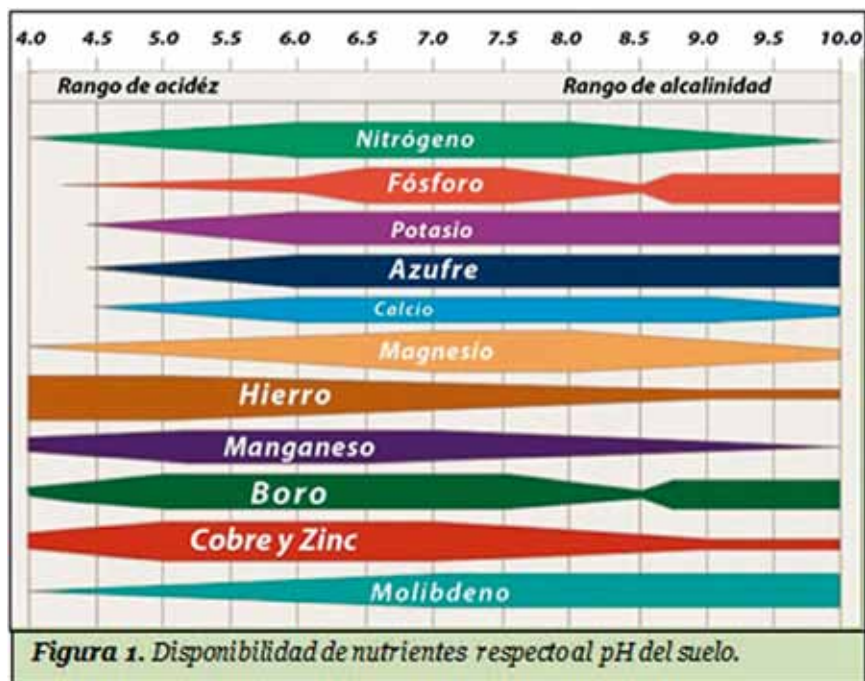


Figura 1. Efecto del pH sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Fuente: Adaptado de Castellanos (2014).

En condiciones de elevada acidez disminuye la fijación de nitrógeno y la mineralización de residuos vegetales. Los árboles absorben los nutrientes desde la solución del suelo y la disponibilidad de éstos varía en función del pH. Cada especie requiere nutrientes en diferentes cantidades y se encuentra en un rango particular de pH en el suelo, por ello su análisis es importante en el manejo de la fertilización del avellano europeo. Por otra parte, en la zona sur de Chile algunos suelos ácidos presentan elevada saturación de aluminio que afecta el crecimiento de las plantas de avellano. 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.

Los suelos ácidos se generan por pérdidas de cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio) y acumulación de cationes ácidos (aluminio e hidrógeno). La acidez de los suelos limita el crecimiento de las plantas dada una combinación de factores que incluyen la toxicidad de aluminio, manganeso e hidrógeno y deficiencias de nutrientes esenciales (calcio, magnesio, fósforo y molibdeno); siendo la toxicidad del aluminio soluble e intercambiable el factor limitante del crecimiento más importante en estos suelos (Campillo y Sadzawka, 2006a).

La magnitud e intensidad del proceso de acidificación de los suelos es condicionado por factores naturales y antrópicos. Entre ellos, la alta caída pluviométrica (normal en el sur del país) que ocasiona una lixiviación de bases de intercambio hacia el interior del perfil del suelo; proceso que ocurre lenta y sostenidamente en el tiempo, determinando un reemplazo de estas bases por cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) en la capa arable del suelo. También ocurre por laboreo de los suelos y mineralización de la materia orgánica. La causa más importante de la acidificación de los suelos ha sido el uso, cada vez más indiscriminado de fertilizantes de reacción ácida (que generan hidrógeno), especialmente los amoniacales que afectan tanto al pH del suelo como la pérdida de cationes básicos. La aplicación de fertilizantes amoniacales (nitrato de amonio, fosfatos de amonio) y amídicos (urea) induce una acidificación en el proceso de nitrificación del amonio, luego de la hidrólisis de la urea a amonio, o bien directamente en el caso de los amoniacales; la intensidad de la acidificación está regulada por la cantidad de fertilizante aplicado y por el manejo del suelo (Campillo y Sadzawka, 2006a).

5.1.1 Importancia del pH del suelo para los árboles

El pH de la solución del suelo en contacto con las raíces puede influir en el crecimiento y producción, afectando la disponibilidad de nutrientes. Por ejemplo, valores extremos de pH pueden causar la precipitación de algunos nutrientes permaneciendo en forma no disponible para los árboles; además, afectan el proceso fisiológico de absorción de nutrientes por las raíces. Cabe señalar, que todas las especies vegetales presentan rangos característicos de pH en los que su absorción es ideal. Fuera de este rango la absorción se dificulta y en el caso que la desviación sea extrema, puede deteriorarse el sistema radical u ocurrir toxicidad por excesiva absorción de elementos tóxicos (ej. aluminio, con valores de pH muy bajos). Este elemento es extremadamente tóxico para las especies vegetales, según las variedades y combinación de portainjertos/variedades. En avellano europeo no existen estudios sobre sensibilidad a toxicidad por aluminio; en general, existe escasa información sobre sus efectos y los mecanismos de resistencia

en frutales. El cultivo del avellano europeo en suelos de origen volcánicos del sur de Chile (con variedades introducidas del extranjero desde zonas con suelos calcáreos), podría eventualmente afectarse a consecuencia de toxicidad por aluminio, particularmente en aquellos casos con alta saturación de aluminio en el suelo. Sin embargo, no existen estudios que avalen esta aseveración. La Plataforma Frutícola de INIA Carillanca recién ha comenzando a seleccionar materiales antiguos de avellano europeo, introducidos por inmigrantes europeos hace 200 años y adaptados a condiciones de suelos ácidos de origen volcánico del sur del país.

5.1.1.1. Corrección del pH y toxicidad por aluminio en suelos ácidos

El encalado es la práctica más usada para corregir la toxicidad por aluminio en la neutralización de la acidez del suelo. Corresponde a la aplicación al suelo de compuestos de calcio o de calcio y magnesio para reducir la acidez e incrementar el pH, con el objetivo de desplazar el aluminio intercambiable de la fase sólida del suelo y neutralizar el aluminio libre en la solución del suelo que precipita en un compuesto insoluble $[Al(OH)^3]$, eliminándose su efecto tóxico para las plantas (Campillo y Sadzawka, 2006b; Pinochet *et al.*, 2014).

Las principales fuentes de encalado son:

- Carbonato de calcio, normalmente conocida como cal calcítica y cuya fórmula es $CaCO_3$.
- Carbonato doble de calcio y magnesio, conocida generalmente como cal dolomítica y su fórmula es $CaCO_3 * MgCO_3$.

La dosis de la enmienda se debe planificar cuidadosamente para cada caso en particular, de acuerdo al tipo de suelo, tolerancia a toxicidad por aluminio de variedades y combinación portainjerto/variedad. La aplicación de dosis de encalado excesivas (sobreenalado) puede ocasionar deficiencias de elementos como magnesio, zinc, boro y hierro en los árboles.

La dosis de encalado a incorporar al suelo depende de la diferencia entre el pH inicial del suelo y el pH a alcanzar, y de la capacidad buffer de éste (Pinochet *et al.*, 2014):

$$\text{Dosis de encalado} = (\text{pH a alcanzar} - \text{pH inicial}) / \text{CTpH}$$

Donde:

Dosis de encalado: dosis expresada en $T\ ha^{-1}$ de carbonato de calcio puro ($Ca\ CO_3$) en los primeros 20 cm del perfil del suelo.

pH inicial: pH del suelo determinado en agua en el análisis químico del suelo en el laboratorio.

pH a alcanzar: pH del suelo (determinado en agua) a alcanzar a través del encalado.

CTpH: capacidad tampón de pH del suelo (unidades de $pH/T\ CaCO_3$)

El pH a alcanzar o lograr corresponde a un valor en que el nivel de aluminio no limita el desarrollo y rendimiento de los árboles.

La capacidad tampón (CTpH) corresponde a la resistencia del suelo a variar su pH. En suelos trumaos del sur de Chile, el valor de la capacidad buffer es superior a la de otros suelos a nivel nacional, siendo su valor de 0,12 unidades de $pH/T\ CaCO_3$, lo que significa que la incorporación de 1 tonelada de $CaCO_3$ (puro) a 20 cm de profundidad del suelo producirá un aumento del pH en 0,12 unidades (p.ej. desde 5,5 a 5,62).

La incorporación de alguna fuente de encalado a una profundidad de 20 cm sólo es factible antes de la plantación. En el caso de huertos de avellanos establecidos, es importante señalar que las aplicaciones de enmiendas calcáreas en cobertera neutralizarán la acidez sólo en los primeros centímetros del suelo, por la baja movilidad del calcio en el suelo (Pinochet *et al.*, 2014). La aplicación de nuevos formulados líquidos de enmiendas calcáreas podría evitar en parte esta situación.

La dosis de encalado calculada con la ecuación antes mencionada, se corrige de acuerdo al valor agronómico de la fuente de la enmienda. Este valor, refleja la finura, humedad, composición, capacidad neutralizante y materia inerte del producto. Luego de incorporada la enmienda, se recomienda cada 3 a 4 años monitorearse el pH del suelo (a través de un análisis químico) para planificar un encalado de mantención (Pinochet *et al.*, 2014), orientado a mantener el pH y disponibilidad de aluminio en un rango adecuado para los avellanos. Es deseable mantener el $pH-H_2O$ entre 5,5-6,5 y la saturación de aluminio del suelo en valores inferiores a 5%.

5.1.1.2. Efecto de algunos fertilizantes sobre el pH del suelo

Urea: fertilizante nitrogenado de reacción ácida en el suelo (Sadzawka, 1991; Campillo y Sadzawka, 2006a).

Fosfato monoamónico: fertilizante fosfatado/nitrogenado de reacción ácida en el suelo (Sadzawka, 1991; Campillo y Sadzawka, 2006a).

Fosfato diamónico: fertilizante fosfatado/nitrogenado de reacción ácida en el suelo (Sadzawka, 1991; Campillo y Sadzawka, 2006a). Tiene mayor efecto acidificante que FMA (Rodríguez, 1993).

Superfosfato triple: es un fertilizante fosfatado que acidifica temporalmente la zona de aplicación en el suelo, pero ella es rápidamente neutralizada por los componentes del suelo, considerándose un fertilizante de reacción neutra en el suelo (Sadzawka, 1991; Campillo y Sadzawka, 2006a)

Cloruro de potasio: fertilizante potásico de reacción neutra en el suelo (Sadzawka, 1991; Campillo y Sadzawka, 2006a), pero puede presentarse como potencialmente ácida, ya que el K^+ es absorbido por el árbol en mayor cantidad que el Cl^- . Este anión puede reaccionar con el calcio del suelo formando $CaCl^2$, muy soluble, que puede ser fuertemente lixiviado, lo que produce una descalcificación de los horizontes superficiales del suelo. El Ca^{+2} desplazado del complejo de intercambio puede ser reemplazado por otros cationes. Cuando lo sustituye el H^+ , el suelo se acidifica.

Sulfato de potasio: fertilizante potásico/azufrado de reacción neutra en el suelo (Sadzawka, 1991; Rodríguez, 1993), potencialmente acidificante debido a que el $(SO_4)^{-2}$ es menos absorbido por el árbol que el K^+ .

Sulfato de potasio y magnesio: fertilizante potásico/azufrado de reacción neutra en el suelo (Rodríguez, 1993).

Nitrato de calcio: fertilizante de reacción básica en el suelo por su contenido en calcio (28% CaO).

Nitrato de amonio y calcio: fertilizante de reacción ácida en el suelo (Sadzawka, 1991).

Nitrato de potasio: fertilizante de reacción básica en el suelo (Sadzawka, 1991).

La concentración de nutrientes en algunos fertilizantes químicos de uso agrícola puede apreciarse en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Concentración de nutrientes en algunos fertilizantes químicos de uso agrícola.

Fertilizantes	Concentración (%)					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	MgO	CaO
Nitrogenados:						
Urea	46					
Nitrato de amonio calcio-magnesio	27				4	6
Nitrato de potasio	13		46			
Nitrato de calcio	15					26
Fosfatados:						
Superfosfato triple		46		1,4	0,7	21,7
Fosfato de amonio	18	46				
Potásicos:						
Muriato de potasio			60			
Nitrato de potasio	13		46			
Sulfato de potasio	18		50			
Sulfato de potasio y magnesio			22	22	18	

5.2. Muestreo del suelo

Para que el análisis químico refleje adecuadamente el nivel de fertilidad del suelo, es fundamental realizar un muestreo representativo del suelo en un huerto de avellano europeo; en caso contrario, los resultados de este análisis no sirven como indicador o guía para efectuar una correcta fertilización de esta especie frutal.

En el caso de árboles en producción, la muestra se debe tomar a la mitad de la proyección de la copa.

El muestreo del suelo para análisis químico en el caso de frutales, debe efectuarse a diferentes profundidades: 0-30, 30-60 y 60-90 cm, ya que el sistema radical explora un volumen de suelo mayor que los cultivos anuales (Ellena *et al.*, 2013).



Foto 2. Exploración de volumen de suelo por un árbol de avellano europeo, cv. Barcelona (7 años de edad). Comuna de Pitrufrquén, Región de La Araucanía.

Fuente: INIA Carillanca

5.2.1. Distribución de submuestras de suelo para análisis químico

Una muestra de suelo está compuesta por la mezcla de diferentes submuestras pequeñas, recolectadas a una misma profundidad en diversos sectores de un huerto (avellano europeo) de modo tal de cubrir su superficie, para lograr una adecuada información del nivel de fertilidad del suelo. En el área seleccionada se deben coleccionar 10-20 submuestras, dependiendo del tamaño de ésta. Es conveniente avanzar en diagonales (zig-zag) para cubrir todo el terreno en forma uniforme. En el caso del muestreo a profundidades 0-30, 30-60 y 60-90 cm se obtienen tres muestras compuestas diferentes para cada una de ellas, sin mezclarse entre sí. Para este procedimiento deben utilizarse baldes separados con su respectiva identificación (Ellena *et al.*, 2013).



Foto 3. Distribución de las submuestras de suelo.

Fuente: INIA Carillanca

5.2.2. Materiales y herramientas para la toma de muestra

Para la obtención de la muestra del suelo se necesitan materiales y herramientas adecuadas como: mapa del huerto, barreno, pala angosta, balde, bolsas plásticas, cuchillo, formularios del laboratorio para identificación de las muestras, lápiz y plumón. En foto montaje 1 se muestra el procedimiento para el muestreo de suelo.



Fotomontaje 1. Procedimiento para el muestreo de suelo.

Fuente: INIA Carillanca

5.2.3. Interpretación de resultados del análisis químico del suelo

La interpretación de los resultados del análisis químico de suelos debe realizarse por un especialista en fertilidad de suelos, con el fin de desarrollar un adecuado plan de nutrición del huerto. A modo ilustrativo, en el Cuadro 2 se muestra la caracterización química del suelo de dos huertos con avellano europeo, en las regiones de La Araucanía y Los Lagos.

Cuadro 2. Caracterización química del suelo (0-20 cm de profundidad) en huertos de avellano europeo: comuna de Gorbea (Región de La Araucanía) y comuna de Osorno (Región de Los Lagos).

Parámetros químicos	Comuna de Gorbea	Comuna de Osorno
Fósforo disponible, (mg kg ⁻¹)	10,4	6
pHagua	5,62	5,56
pHCa Cl ₂	4,91	4,57
Materia orgánica (%)	13,9	13,9
Nitrógeno disponible (mg kg ⁻¹)	21	17
Calcio intercambiable (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	1,13	2,43
Magnesio intercambiable (cmol₍₊₎ kg⁻¹)	0,19	0,61
Potasio intercambiable (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0,22	0,26
Sodio intercambiable (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0,02	0,1
Aluminio intercambiable, (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0,1	0,69
CICE (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	1,65	4,08
Saturación de aluminio (%)	5,8	16,8
Zinc disponible (mg kg ⁻¹)	0,2	0,2
Hierro disponible (mg kg ⁻¹)	54	38,6
Cobre disponible (mg kg ⁻¹)	1,7	0,8
Manganeso disponible (mg kg⁻¹)	3,6	4,9
Boro disponible (mg kg ⁻¹)	0,5	0,4
Azufre disponible (mg kg⁻¹)	8	3

En ambas comunas, los suelos con huertos de avellano europeo muestran, en general, un bajo nivel de disponibilidad de fósforo (más acentuado en Osorno), similar pH-H₂O 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 Gorbea que en Osorno (Pichihuilma). Producto de la relación entre aluminio intercambiable y la CICE se obtiene el porcentaje de saturación de aluminio del suelo. En este caso, aquella correspondiente al suelo de la comuna de Osorno se encuentra en un nivel alto (16,8%), contrastando con la del suelo de Gorbea que se ubica en un nivel bajo

a medio. En el caso de los micronutrientes, los niveles de zinc y boro disponible son bajos en ambos suelos, y aquellos correspondientes a hierro y manganeso son altos; el cobre se encuentra en un nivel de disponibilidad alto en el suelo de Gorbea y en un nivel medio a alto en el suelo de Osorno. Los niveles de disponibilidad de azufre de ambos suelos son muy bajos (Ellena *et al.*, 2013).

En general, dado el bajo nivel de disponibilidad de fósforo de estos suelos, deben considerarse aplicaciones localizadas a la plantación, debido a la alta retención del nutriente que los caracteriza. Posteriormente puede aplicarse vía fertirrigación o mediante el uso de maquinarias que permitan su incorporación a una profundidad cercana al sistema radicular de los árboles.

También debe considerarse la adición de calcio, magnesio y potasio, dado su bajo nivel de disponibilidad y desbalance de ellos en el suelo. Para corregir la alta saturación de aluminio del suelo en la comuna de Osorno, es necesario aplicar carbonato de calcio en dosis de 2-3 T ha⁻¹. El nivel de zinc del suelo puede elevarse aplicando 10-15 kg de sulfato de zinc ha⁻¹ y el de boro adicionando 20 kg de boronatro calcita o ulexita ha⁻¹. El nivel de disponibilidad de calcio y magnesio de estos suelos puede aumentarse 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 incrementarse aplicando muriato de potasio y sulfato de potasio (Ellena *et al.*, 2013).



Foto 4. Máquina para incorporar fertilizante fosfatado a lo largo y costado de la hilera de plantación, gentileza de Alberto Stepke. Comuna de Villarrica, Región de La Araucanía.

Fuente: INIA Carillanca

Las consideraciones anteriores corresponden solamente para estos dos suelos, puesto que también existen otros con niveles medios y altos de macro y micronutrientes que no requieren altas aplicaciones de éstos vía fertilizantes y solamente 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 establezcan o estén ubicados los huertos de avellano europeo (Ellena *et al.*, 2013).

5.3. Análisis foliar

En las diferentes fases de desarrollo de un árbol frutal ocurren cambios estacionales en la concentración de nutrientes en hojas y pecíolos (reducción en el caso de algunos y aumento en el de otros). Dichos cambios de concentración están relacionados con los requerimientos nutricionales de los órganos (brotes y frutos), y con el grado de movilidad interna de cada elemento.

El tejido foliar constituye un pool activo de reservas nutricionales en el árbol, puesto 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. Este tejido es un indicador adecuado del estado nutricional de los árboles, siendo válido cuando el resultado de su análisis químico es comparado con estándares originados en zonas edafoclimáticas similares (considerando la especie, variedad, edad, hoja y parte de ella, entre otros) para muestras colectadas en fechas relativamente similares (Olsen, 2001).

Adicionalmente, la fecha de colección de la muestra foliar está vinculada a una variable fisiológica de la planta, relacionada 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 europeo se recomienda realizarla en enero-febrero (cantidad de tejidos 50-100 hojas) (Ellena *et al.*, 2013).

5.3.1. Diagnóstico foliar

El análisis foliar es ampliamente empleado, puesto que las hojas son los principales centros de síntesis de los árboles frutales. 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 mediante 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 éstos reaccionan con gran sensibilidad y rapidez a las variaciones de la fertilidad del suelo (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2013; Olsen, 2001).

El diagnóstico foliar se compone de dos fases: la toma de muestras y el análisis e interpretación de resultados. En avellano europeo, la toma o colecta de muestras foliares se realiza generalmente en pleno verano e incluso hasta fines de este período, colectando hojas adultas de la parte media del brote (50-100). Conviene realizar el muestreo en un alto número de árboles, evitando aquellos en mal estado, no representativos del huerto y ubicados en hileras externas. El muestreo realizado en verano, idealmente en enero, permite obtener información del estado nutricional del momento y 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 (Ellena *et al.*, 2013).

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 del nutriente, que ocasionan reducciones en la producción. Una de las principales limitantes del diagnóstico foliar son los numerosos factores que influyen en la composición mineral de las hojas. En la práctica, para efectuar una interpretación correcta, se deben utilizar valores de referencia de materiales similares (cultivar, edad, y tipo de hoja) y en condiciones de suelo y clima también similares (Ellena *et al.*, 2013).

Cuadro 3. Valores de referencia o estándar para avellano europeo.

Nutrientes	Deficiente	Bajo lo normal	Normal	Sobre lo normal	Excesivo
Macronutrientes (% peso seco)					
Nitrógeno	< 1,8	1,81-2,2	2,21-2,5	2,51-3,0	> 3,0
Fósforo	< 0,1	0,11-0,13	0,14-0,45	0,46-0,55	> 0,55
Potasio	< 0,5	0,51-0,8	0,81-2,0	2,01-3,0	> 3,0
Azufre	< 0,08	0,09 – 0,12	0,13-0,2	0,21-0,50	> 0,5
Calcio	<0,6	0,61-1,0	1,01-2,5	2,51-3,0	> 3,0
Magnesio	< 0,18	0,19-0,24	0,25-0,5	0,51-1,0	> 1,0
Micronutrientes (mg kg⁻¹ peso seco)					
Manganeso	< 20	21-25	26-650	651-1000	> 1.000
Hierro	< 40	41-50	51-400	401-500	> 500
Cobre	< 2	3-4	5-15	16-100	> 100
Boro	< 25	26-30	31-75	76-100	> 100
Zinc	< 10	11-15	16-60	61-100	> 100

Fuente: Adaptado de Olsen (2001).

Otra limitación en la comparación de los resultados analíticos con los valores estándar, es que cada elemento se confronta independientemente del 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 realizar interpretaciones independientemente de la edad de la hoja y condiciones de clima y suelo del huerto en estudio. En la práctica, para el DRIS se requiere crear normas de referencias obtenidas a nivel local; sin embargo, aún no se han generado antecedentes con esta finalidad para huertos ubicados en el sur de Chile. Desde el punto de vista operativo, esta metodología entrega información de los elementos que podrían dificultar la máxima expresión productiva del huerto, siendo además confiable para individualizar sub-carencias (Ellena, 2010; Ellena *et al.*, 2013; Walworth y Sumner, 1987).

5.3.2. Fertilización foliar

En avellano europeo, la aplicación de fertilizantes foliares 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 ocurren carencias o bajas asimilaciones del elemento y cuando la absorción radicular es menor y no plenamente eficiente (ejemplo: suelos con mala aireación, pesados y fríos).

La fertilización foliar en avellano europeo, ha determinado interesantes resultados experimentales, en 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 (Ellena *et al.*, 2013; Ellena *et al.*, 2014). En la mayoría de los casos, los resultados más promisorios se lograron con mezclas de productos, o usando productos cuya composición incluye varios nutrientes, y luego de sucesivos tratamientos (Bignami *et al.*, 1999; Cacka y Saganqueo, 2014).

Investigaciones realizadas en Oregon (Estados Unidos) determinaron que las aplicaciones foliares de boro incrementaron los rendimientos de frutos (Shresthra *et al.*, 1987). Sin embargo, en otros estudios realizados en España con tratamientos foliares con boro no hubo aumentos de rendimiento, ocurriendo solamente ligeros efectos en el calibre de la semilla (Tous *et al.*, 2005). Otros estudios con tratamientos foliares a base de calcio, nitrógeno, boro y otros micronutrientes quelados han mostrado aumentos significativos en los rendimientos y calidad de la semilla (Cacka y Smith, 2009). No obstante, otras investigaciones realizadas con productos foliares (cv. Barcelona) no determinaron diferencias estadísticamente significativas en los rendimientos, en comparación con el testigo (Olsen y Cacka, 2009). Por otra parte, en estudios efectuados en el norte de Italia con la variedad TGL (10 años de edad) durante cuatro temporadas (Pansecchi *et al.*, 2014), tampoco se encontró un efecto positivo de la aplicación de mezclas de

fertilizantes foliares sobre los rendimientos de fruto de este árbol. No obstante, en estudios realizados también en el norte de Italia (Piamonte), en suelos calcáreos, se determinó solo un pequeño efecto de la aplicación de productos comerciales (cuyas fórmulas contienen boro y zinc) sobre el rendimiento del avellano.

En estudios realizados en la zona sur de Chile (Comuna de Gorbea, Región de La Araucanía), en huertos de avellano europeo, en condiciones de suelos trumaos profundos (alto contenido de materia orgánica y fertilización base equilibrada), la aplicación de tratamientos foliares no determinó diferencias importantes en el rendimiento de frutos y en parámetros vegetativos de los árboles (Ellena *et al.*, 2013).

Las aplicaciones tardías de productos foliares (en base a nitrógeno) a finales de la temporada de crecimiento (fines de verano y otoño), determinaron un mayor crecimiento de los brotes en la temporada siguiente. No obstante, en diferentes casos los resultados obtenidos (huertos comerciales) han sido erráticos dependiendo de factores como: productos, dosis, pH de la solución, mojamiento, época de aplicación, condiciones climáticas, estado nutricional de los árboles, edad, variedad, tipo de suelo y fertilidad del suelo.

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)**, con financiamiento Innova de Corfo, indican que las fertilizaciones foliares en huertos nuevos de avellano europeo, en general, no han ocasionado un efecto importante sobre el crecimiento vegetativo y el rendimiento de frutos de los árboles, en comparación con huertos manejados sin fertilización foliar (testigos), solamente con fertilización tradicional aplicada al suelo (Ellena *et al.*, 2013). No obstante, en investigaciones realizadas con el cv. Barcelona chilena (huertos de 7 años) se ha determinado un significativo efecto positivo sobre el rendimiento de frutos con la aplicación foliar de N, P y K, respecto de los demás tratamientos incluido el testigo (Ellena *et al.*, 2014).

Al respecto, estudios realizados en el extranjero establecieron un efecto positivo de los tratamientos foliares en árboles adultos de avellano europeo, en plena fase productiva. No obstante, solamente se han logrado resultados significativos después de varios años (2-3) de tratamientos y con mezcla de nutrientes como boro y zinc, según se indicó anteriormente (Bignami *et al.*, 1999; Pansecchi *et al.*, 2014).

5.4. Fertilización mineral

Los árboles de avellano europeo tienen una vida útil muy prolongada (40-70 años). En tal sentido, la fertilización no puede efectuarse sólo para una temporada. Por ello, es necesario establecer un programa de fertilización equilibrado que contemple el período productivo del huerto (Ellena *et al.*, 2013).

5.4.1. Fertilización de base a la plantación

Esta fertilización tiene como objetivo disponer de una zona de concentración de nutrientes que permita suplir los requerimientos nutritivos del avellano europeo por un cierto período, y adicionalmente elevar el nivel de fertilidad del suelo. Junto con la fertilización de base (FB) o de fondo se considera la fertilización anual cuya finalidad es complementar el efecto de la FB en los árboles de esta especie.

La fertilización de base o de fondo puede distribuirse e incorporarse en toda la superficie donde se establecerá el huerto o también localizarse en los hoyos de plantación durante el establecimiento del 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 distribuyen en mayor superficie, en la medida que los árboles se desarrollan; particularmente 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 su nivel de disponibilidad en el suelo. Los principales nutrientes a considerar en el establecimiento del huerto son: fósforo, potasio, azufre, magnesio, calcio, boro, zinc (Ellena *et al.*, 2013).

En el caso del fósforo, a modo de sugerencia, pueden aplicarse 300-350 kg P_2O_5 ha⁻¹, siendo particularmente necesario realizar un análisis de suelo para ajustar las dosis a aplicar.

La dosis total de potasio debe aplicarse en forma fraccionada en diferentes épocas, de acuerdo a las características del suelo evitando pérdidas por lixiviación en aquellos con textura arenosa. En suelos pesados con alto contenido de arcilla (suelos rojo-arcillosos), es posible aplicar la dosis total de K en una sola oportunidad. La cantidad a aplicar variará de acuerdo al nivel del nutriente en el suelo (según análisis químico). A modo de

recomendación general, en suelos deficientes en potasio pueden aplicarse 300-400 kg K_2O ha⁻¹. Dichas dosis deberán ajustarse mediante análisis de suelo para cada caso en particular.

En suelos arenosos no se recomienda aplicar potasio previo a la plantación por riesgos de pérdidas por lixiviación. En esta condición deberá suministrarse anualmente y de preferencia como sulfato de potasio. Los árboles de avellano son muy demandantes en azufre, siendo aconsejable aplicar el fertilizante potásico vía sulfato de potasio; también puede aplicarse nitrato de potasio si no se requiere azufre. El cloruro de potasio no se recomienda como fertilizante potásico en avellano, debido a que puede ocasionar fitotoxicidad (Ellena *et al.*, 2013).

En relación a las enmiendas calcáreas, para avellanos es recomendable incorporarlas previo a la plantación. Existen antecedentes que indican que con un valor de pH en el suelo inferior a 5,6, esta enmienda mejoraría el crecimiento y posterior rendimiento del huerto (Olsen, 2001). La enmienda calcárea puede distribuirse en toda la superficie y localizarse en los hoyos de plantación durante el establecimiento del cultivo, como ya se señaló.

Respecto 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 de tipo foliar. Con deficiencias de boro y zinc en el suelo se recomienda su incorporación al establecimiento del huerto mediante boronatro calcita y sulfato de zinc (respectivamente), en dosis variables en base al análisis de suelo. Como sugerencia, se pueden aplicar 25 kg de boronatro calcita y 20 kg de sulfato de zinc por hectárea, dosis que deben ajustarse caso a caso (Ellena *et al.*, 2013).

Posterior al establecimiento, la fertilización anual o de mantenimiento del huerto tiene como finalidad suministrar los nutrientes necesarios para obtener un normal crecimiento y desarrollo de las estructuras de los árboles durante la fase de formación y lograr un adecuado rendimiento y calidad de fruta durante la etapa productiva (Ellena *et al.*, 2013).

En el período de formación del huerto (1-4 años), desde la plantación, es necesario observar atentamente la actividad vegetativa de los árboles, que debe ser elevada y a su vez equilibrada para obtener una rápida formación de la estructura esquelética del árbol (Ellena *et al.*, 2013). Sin embargo, no puede ser excesiva porque retarda la entrada en producción de los avellanos y por tanto, la amortización del huerto.

5.5. Nitrógeno

El nitrógeno (N) es el principal elemento para el desarrollo y la actividad productiva de los árboles. Este nutriente 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). Es la base de la síntesis de proteínas y forma parte de la composición de la clorofila, interviene indirectamente en la elaboración de carbohidratos. En ausencia de nitrógeno, los árboles de avellano no pueden desarrollar sus procesos vitales, sobre todo en la etapa de crecimiento para formar nuevas células. Su carencia determina una menor actividad vegetativa, clorosis foliar e influye negativamente en la producción.

Aumenta 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 dosis de fertilización nitrogenada recomendada es de 30, 50, 100, 120, y 150 kg N ha⁻¹, desde el 1º al 5º año, respectivamente, evitando aplicar el fertilizante nitrogenado cerca del tronco del árbol. Estas dosis sugeridas son recomendaciones generales que deberán ajustarse caso a caso por un especialista. Por ejemplo, bajo condiciones similares como las de Oregon (USA), no sería necesario aplicar nitrógeno durante los dos primeros años, de acuerdo a lo señalado por Olsen (1997).

En árboles adultos se ha demostrado que esta especie como otras caducifolias, utiliza eficientemente el nitrógeno almacenado en las reservas internas para su crecimiento inicial en primavera (Olsen, 1997). La utilización más eficiente del nitrógeno, aplicado como fertilizante, ocurre durante el crecimiento activo de la planta en primavera (Ellena *et al.*, 2013). El avellano utiliza parcialmente el nitrógeno aportado por la fertilización y en gran medida aquel almacenado en los órganos de reserva del árbol (tronco, ramas y raíces).

La función principal de la fertilización nitrogenada es la reconstrucción de las reservas de la planta. Por ello, la recomendación es aplicar nitrógeno en primavera inmediatamente luego de iniciado el crecimiento activo de los árboles. La época de aplicación del nitrógeno tiene un efecto significativo en el uso de este elemento para el desarrollo inicial de los árboles. 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 en el uso del nutriente por los árboles. Se sugiere parcializar la fertilización nitrogenada (ver Cuadro 4).

Cuadro 4. Fraccionamiento de la fertilización nitrogenada para un huerto de avellano europeo.

Porcentaje aplicación	Época	Estado fenológico
75-85%	septiembre-octubre	Brotación
25-15%	marzo-abril	Caída de hojas (*)

(*) La aplicación de dosis bajas de N 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 de N por lixiviación, siendo de mayor relevancia en suelos arenosos donde éstas se incrementan. Durante las aplicaciones de noviembre-diciembre podría utilizarse eventualmente nitrógeno amoniacal para disminuir las pérdidas de este elemento (Ellena *et al.*, 2013). Trabajos realizados en el extranjero también indican un efecto positivo de la distribución fraccionada de los fertilizantes sobre el rendimiento de frutos en avellano europeo (Fregoni y Zioni, 1966; Fregoni y Picariello, 1966; Fregoni y Zioni, 1972).

Los mayores requerimientos de nitrógeno del avellano europeo 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 de nitrógeno, previo a la caída de hojas (marzo-abril), permiten aumentar las reservas internas del nutriente en el 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 el suelo (Ellena *et al.*, 2013).

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.

La aplicación de dosis crecientes de N, se realiza de forma parcializada en tres épocas: noviembre (35%), diciembre (50%) y marzo (15%), con el cv. Barcelona en un suelo trumao de la comuna de Pitrufquén (tres años de edad), no mostró una tendencia definida sobre el rendimiento de frutos (cosecha 2014), a pesar de existir diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 5). En la segunda temporada experimental (4 años de edad del árbol) no se determinaron diferencias de rendimiento entre las dosis de N investigadas. Al considerar las dos temporadas de evaluación, tampoco hubo diferencias significativas de rendimiento de fruto entre las dosis de N evaluadas (Cuadro 6). Ello podría explicarse por un uso eficiente del nitrógeno almacenado en sus reservas internas, además que las plantas están en su fase inicial de producción (Ellena *et al.*, 2013) y con aplicaciones de N solo en dos temporadas (2013 y 2014).

Al respecto, investigaciones realizadas en el norte de Italia, Región del Piamonte, se ha observado que esta especie responde a la fertilización luego de 4-5 años de continuas aplicaciones (Roversi comunicación personal, 2012).

Cuadro 5. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de fruto del cv. Barcelona (3 años de edad), temporada 2014. Comuna de Pitrufrquén, Región de La Araucanía.

Dosis N (kg ha ⁻¹)	Año 2014
0	153,0 ab
40	120,6 a
80	160 ab
120	184 b
160	168 ab
200	171,6 ab
240	180 b

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas, según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Cuadro 6. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento acumulado de frutos del cv. Barcelona (3 y 4 años de edad), años de cosecha 2014 y 2015. Comuna de Pitrufrquén, Región de La Araucanía, Chile.

Dosis N (kg ha ⁻¹)	Rendimiento acumulado de fruto (kg ha ⁻¹)
0	433,4 a
40	370,5 a
80	439,4 a
120	441,7a
160	445,5a
200	391,4a
240	416,5a

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes, según Prueba LSD de Fisher ($p > 0,05$).

En contraste a lo señalado para el rendimiento de fruto, el incremento de la dosis de N desde 0 hasta 120 kg N ha⁻¹ redujo progresivamente el peso promedio del fruto del cv. Barcelona (cuatro años de edad) en dicha localidad, desde 3,97 a 3,37 g respectivamente. En contraste a lo señalado, en el cv. Barcelona con 4 años de edad, el incremento de la dosis de N desde 0 hasta 120 kg N ha⁻¹ redujo progresivamente el peso promedio del fruto desde 3,97 a 3,37 g.

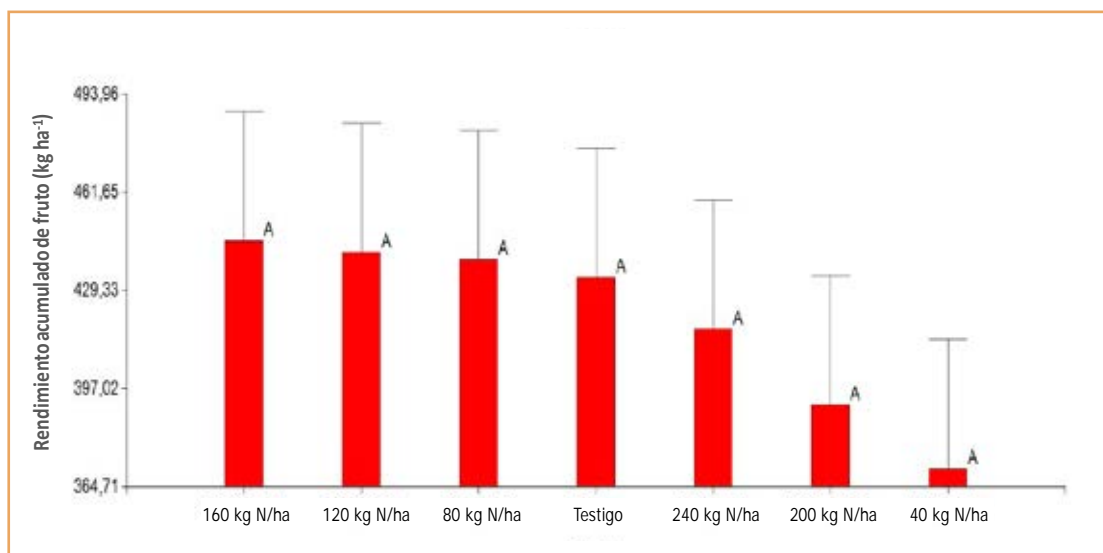


Figura 2. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento acumulado de frutos (kg ha^{-1}), del cv. Barcelona (3 y 4 años de edad), año de cosechas 2014 y 2015. Comuna de Pitrufrquén, Región de La Araucanía.

Cuadro 7. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el peso promedio del fruto del cv. Barcelona (4 años de edad), años de cosecha 2014 y 2015. Comuna de Pitrufrquén, Región de La Araucanía.

Dosis nitrógeno (kg N/ha^{-1})	Peso promedio de fruto (g)
0	3,97 c
40	3,75 bc
80	3,65 a
120	3,37 a
160	3,60 ab
200	3,74 bc
240	3,69 bc

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas, según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Por otra parte, los estudios realizados en suelos trumaos de la comuna de Pitrufrquén, con árboles de 7 años de edad del cv. Barcelona, determinaron un efecto significativo de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de frutos (cosecha 2014). La aplicación de 40 kg N ha^{-1} permitió obtener un rendimiento de frutos significativamente superior al logrado con el testigo (sin N aplicado); en general, no hubo diferencias de rendimiento significativas con dosis mayores de N aplicadas (Figura 3). No hubo diferencias significativas de rendimiento de frutos con la aplicación de N en la temporada 2013, cuyos valores en general fueron muy bajos.

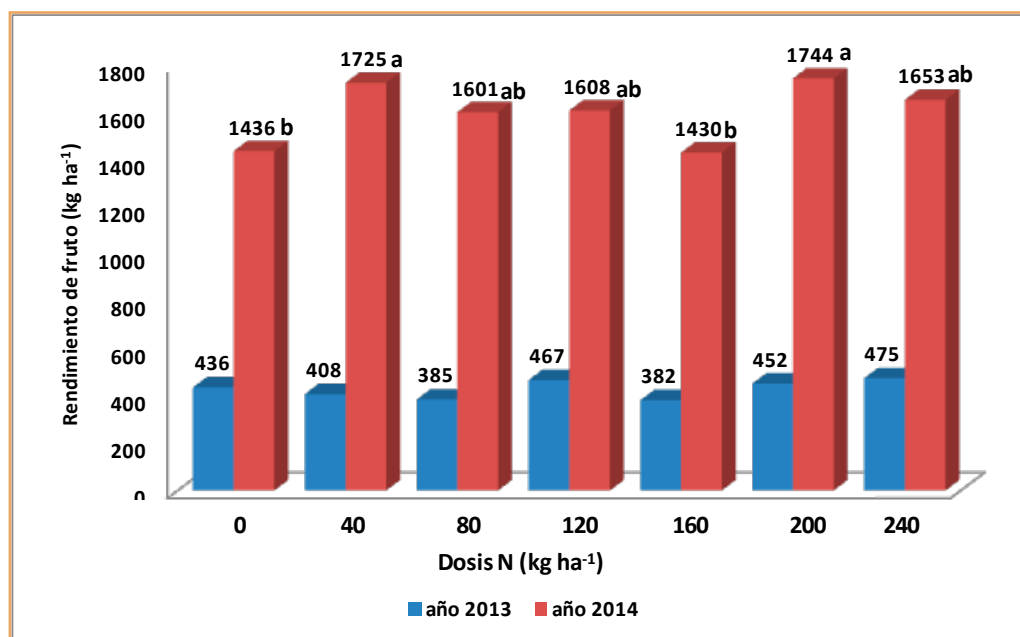


Figura 3. Efecto de dosis incrementales de nitrógeno sobre el rendimiento de fruto del cv. Barcelona (7 años de edad). Comuna de Gorbea, Región de La Araucanía (cosecha años 2013 y 2014).

Letras diferentes indican diferencias significativas, según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Estudios en desarrollo en la localidad de Pitrufquén, indican que no existe diferencia significativa del efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de frutos durante la primera temporada en el cv. Barcelona (7 años de edad) (Cuadro 8). No hubo diferencias significativas de este parámetro entre los tratamientos en evaluación en el caso de ambos cvs. de avellano europeo.

Cuadro 8. Efecto de la aplicación de dosis incrementales de nitrógeno sobre el rendimiento de fruto de los cvs. Barcelona (7 años de edad), (cosecha año 2015). Pitrufquén, Región de La Araucanía.

Dosis N (kg ha ⁻¹)	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹) variedad Barcelona
0	1559,0 a
40	1305,5 a
80	1280,4 a
120	1272,4 a
160	1535,7 a
200	1275,1 a
240	1249,3 a

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes, según Prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Actualmente, también se encuentra en desarrollo un estudio de comparación de fuentes nitrogenadas sobre el comportamiento productivo de avellano europeo en suelos trumaos del sur de Chile. Este estudio se encuentra en su fase inicial de evaluación y se efectúa en la comuna de Pitrufquén (Región de la Araucanía). Considera tres fuentes nitrogenadas (Amintec, Can 27 y Urea) y cuatro dosis de nitrógeno (entre 40 y 160 kg N ha⁻¹). Los resultados preliminares luego de un año de aplicación de fuentes y dosis de N muestran, a la cosecha del año 2014, rendimientos de fruto muy similares (Cuadro 9). Las fuentes nitrogenadas, en promedio, no se diferencian significativamente entre sí respecto del rendimiento de fruto (Cuadro 10), requiriéndose un mayor tiempo de evaluación para concluir.

Cuadro 9. Efecto de la fuente y dosis N sobre el rendimiento de fruto del cv. Barcelona (7 años de edad), (cosecha año 2014). Comuna de Pitrufquén, Región de La Araucanía.

Fuente N	Dosis N (kg ha ⁻¹)	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)
Amintec	40	2284,4
	80	2706,0
	120	2269,4
	160	2249,2
CAN 27	40	2180,2
	80	2373,1
	120	2370,4
	160	2540,2
Urea	40	2325,4
	80	2486,5
	120	2565,8
	160	2357,7

Cuadro 10. Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno, en promedio, sobre el rendimiento de fruto del cv. Barcelona (7 años de edad), (cosecha año 2014). Comuna de Pitrufquén, Región de La Araucanía.

Fuente de Nitrógeno	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)
Can 27	2.366,2 a
Amintec	2.377,5 a
Urea	2.434,1 a

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes, según Prueba LSD de Fisher ($p > 0,05$).

Los resultados preliminares de este mismo estudio también reflejan un efecto significativo de la dosis de N en promedio (una temporada de aplicación) sobre el rendimiento de frutos, lográndose un mayor rendimiento (cosecha 2014) con la dosis 80 kg N ha⁻¹, respecto de otras en evaluación (Cuadro 11).

No obstante se requiere un mayor período de tiempo de experimentación para concluir sobre el efecto de esta fertilización sobre la productividad del avellano europeo bajo esta condición edafoclimática.

Cuadro 11. Efecto de la dosis de nitrógeno en promedio sobre el rendimiento de fruto del cv. Barcelona (7 años de edad). Comuna de Pitrufrquén, Región de La Araucanía (cosecha año 2014).

Dosis de nitrógeno (kg ha ⁻¹)	Rendimiento de fruto (kg ha ⁻¹)
40	2.263,6 a
80	2.522,1 b
120	2.402,1 ab
160	2.382,6 ab

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas, según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Adicionalmente a lo señalado, se aprecia también una significativa disminución del diámetro ecuatorial del fruto, con el incremento de la dosis de N (en promedio) desde 40 a 120 kg ha⁻¹ (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre el diámetro ecuatorial del cv. Barcelona de 7 años, Comuna de Pitrufrquén, Región de La Araucanía (cosecha año 2014).

Dosis de nitrógeno (kg ha ⁻¹)	Diametro ecuatorial del fruto (mm)
40	21,83ab
80	22,16 b
120	21,56a
160	22,16b

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas, según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

El avellano europeo tiene una gran capacidad para utilizar las reservas internas de nitrógeno. Los resultados experimentales obtenidos a la fecha aún son de carácter preliminar (estudios de aplicación de N de dos años), para reflejar las necesidades de fertilización nitrogenada en suelos trumaos (caracterizados por su nivel medio-alto de materia orgánica y distinto nivel de suministro de N). Con estos resultados preliminares eventualmente podría suponerse que la fertilización nitrogenada es necesaria en bajas dosis para mantener las reservas de la planta. No obstante, para un juicio certero sobre las necesidades de fertilización nitrogenada de esta especie frutal en suelos trumaos, se requiere evaluarla en un horizonte de tiempo mayor, hasta que los árboles se encuentren en pleno régimen productivo

(Año 9 y 10, o más). Ello permitirá corroborar la tendencia inicial observada o bien establecer otro nivel de fertilización nitrogenada para este árbol frutal. Como se indicó anteriormente, estudios realizados en el extranjero han mostrado respuestas vegetativas y productivas después de 3-4 años de haber realizado las aplicaciones (Eynard, 1968; Eynard y Zanini, 1972; Fregoni y Zioni, 1972).

5.6. Fósforo

El fósforo, como ión fosfato forma parte de numerosos compuestos presentes en la célula vegetal, como los azúcares (importante para la respiración y la fotosíntesis) y los fosfolípidos que constituyen las membranas celulares. Es constituyente del ATP y coenzimas e interviene en procesos metabólicos de transporte de energía. Forma parte de los ácidos nucleicos (ARN y ADN), participando en los procesos de reproducción. También participa en la fecundación y fructificación. El fósforo es absorbido en pequeñas cantidades respecto del nitrógeno y potasio.

La fertilización fosfatada (en general) ejercería un bajo efecto sobre el rendimiento del cultivo (Ellena *et al.*, 2013; Olsen, 1997). No obstante, 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), para 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 300-350 kg P₂O₅ ha⁻¹ (dosis solo de referencia). La carencia de fósforo determina un pobre crecimiento radicular y baja floración. La fertilización fosfatada tradicional (al suelo) es recomendable realizarla durante el invierno (mayo-julio), incorporándola mediante máquinas apropiadas y permitiendo que esté disponible para los árboles en primavera. Al no existir maquinaria ad hoc para su incorporación puede aplicarse localizado en 3 orificios (al menos) realizados en el suelo, en torno a las plantas (25-30 cm de profundidad), con barreno u otra herramienta. El objetivo es incorporarlo en profundidad cerca de las raíces y permitir su absorción por el sistema radicular de los árboles (Foto 5).

Con fertirrigación este elemento se aplica a través de fertilizantes solubles, durante la época en que ocurre un peak de crecimiento de raíces (diciembre y marzo), la fecundación y fructificación (primavera - verano). En otras especies frutales, como manzano, se ha determinado que aportes de fósforo efectuados al inicio de la actividad vegetativa, con niveles adecuados de fósforo cercanos al sistema radicular, incrementaron el crecimiento de raíces jóvenes, ocurriendo mayor asimilación de otros nutrientes, mejor desarrollo de hojas y mayor nutrición de los órganos reproductivos (Marangoni y Baldi, 2008). En Chile no existen estudios reportados de fertirrigación en avellano europeo.



Foto 5. Incorporación localizada del fósforo mediante orificios en torno a la planta.

Fuente: INIA Carillanca

Actualmente se define el plan de fertilización fosfatada del huerto en base a los resultados de los análisis químicos de suelo y foliares. Una alternativa interesante es el uso de la fertilización foliar con productos a base de fósforo, debido a la notable capacidad de absorción de las hojas del avellano europeo (Roversi, 2002). Esta herramienta podría ser una alternativa en suelos ácidos del sur de Chile con elevada retención de fósforo, y en general por la escasa movilidad de este elemento en el suelo. No obstante, estudios realizados por INIA Carillanca con abonos foliares no indicaron un mayor rendimiento y calidad de la fruta (Ellena *et al.*, 2014). Estos estudios son corcondantes con trabajos realizados en el extranjero en que las aplicaciones foliares no determinaron un efecto en el rendimiento en huertos adultos de avellano (Roversi, 2002).

Sin embargo, los abonos foliares a base de fósforo también podrían ser una alternativa a los fertilizantes granulares al suelo, en la etapa de formación del huerto, para estimular el desarrollo radicular de los árboles, especialmente durante sus dos peaks de crecimiento radicular (primavera y otoño). Cabe destacar un fuerte crecimiento en otoño previo a la caída de hojas. Este crecimiento radicular a diferencia de lo que ocurre en otras especies frutales de hoja caduca es mayor al que ocurre en primavera (Figura 4).



Figura 4. Curva de crecimiento de la raíz del avellano europeo.

Fuente: Adaptado de Roversi (2002).

5.7. Potasio

El potasio (K) cumple un rol esencial en diferentes funciones fisiológicas como fotosíntesis, biosíntesis de proteínas y carbohidratos, osmorregulación, expansión celular, apertura y cierre de estomas y regulación de numerosas actividades enzimáticas. Influye positivamente en la calidad de la producción, fortaleciendo la asimilación de nitrógeno en las hojas y el desarrollo de la semilla. Además, permite el movimiento del agua, apertura de estomas, ejerciendo un rol fundamental en la economía del agua. Este elemento favorece la fotosíntesis y tiene un rol activo en el transporte de los compuestos formados durante este proceso. Adicionalmente, permite tener una cantidad adecuada de celulosa y lignina que proporciona rigidez y estructura a los árboles. La concentración adecuada de K en las hojas varía entre 0,9-1,0%. Su carencia provoca necrosis o muerte de tejido en los márgenes de las hojas, retraso en la brotación, clorosis de las hojas, acorchamiento de los márgenes de las hojas (Proebsting y Serr, 1954); ello puede ocurrir con niveles de K inferiores a 0,8% (Chaplin y Dixon, 1979).

Las épocas más adecuadas para su aplicación son: julio a septiembre (60% de la dosis total) y diciembre a enero (40% del total). La dosis de fertilización potásica a aplicar dependerá del nivel de disponibilidad de K en el suelo, de la concentración en las hojas y de los requerimientos de este nutriente en el cultivo. En suelos arenosos y sin fertilización básica se sugiere la aplicación de 20 kg K₂O ha⁻¹ (2º año), 30 kg K₂O ha⁻¹ (3º año),

40 kg K₂O ha⁻¹ (4^o año) y 50 kg K₂O ha⁻¹ (100 kg de sulfato de potasio) al 5^o año de establecido el cultivo. Es recomendable fraccionar su aplicación para evitar pérdidas desde el suelo, particularmente en aquellos de textura arenosa (Ellena *et al.*, 2013). Las principales fuentes potásicas utilizadas en avellano europeo son sulfato de potasio y nitrato de potasio, también indicadas para fertirrigación. El cloruro de potasio no se recomienda en la fertilización potásica del avellano europeo, dado que puede ocasionar fitotoxicidad.

Estudios realizados en el extranjero indicaron que los avellanos tienen una baja capacidad de absorción de potasio desde el suelo (Kowalenko y Kempler, 2001). Ello explicaría que se requieran aplicaciones sucesivas de potasio (durante 3-5 años) para aumentar los niveles de K en las hojas, particularmente en huertos con deficiencias severas, bajo las condiciones edafoclimáticas en que se realizaron los estudios (Roversi, 1977). Por la escasa movilidad del K en el suelo (por difusión) se sugiere su incorporación antes de la plantación. Una alternativa son las aplicaciones foliares. Sin embargo, debido a que sólo una pequeña cantidad es absorbida por las hojas se requiere efectuar varias aplicaciones con fertilizantes foliares potásicos (Ellena *et al.*, 2013). Es fundamental disponer del nivel de K intercambiable del suelo y del nivel de K foliar; idealmente es conveniente realizar un monitoreo de éste en el tiempo (análisis químico).

Investigaciones realizadas en huertos jóvenes de avellano europeo cv. Barcelona (tres años de edad), en un suelo trumao de la comuna de Pitrufquén (Región de La Araucanía), determinaron que no hubo diferencias significativas de rendimiento de fruto entre las dosis de fertilización potásica evaluadas (Cuadro 13). No se aprecian diferencias significativas de rendimiento con diferentes dosis de potasio aplicadas en huerto de avellano europeo, cv. Tonda di Giffoni de la comuna de Pitrufquén. Estos resultados son preliminares, ya que hasta la fecha solamente se ha considerado una temporada de evaluación (2015).

Tampoco hubo diferencias entre los tratamientos respecto del rendimiento industrial (ambas variedades). Estos resultados corresponden a una temporada experimental, por lo tanto, aún es prematuro establecer una conclusión al respecto. Por ello, estos estudios continuarán hasta que los árboles logren su pleno régimen productivo. Existen antecedentes bibliográficos que indican que el avellano, después de varios años de haber estado sometido a tratamientos con fertilizantes, expresa aumentos en los rendimientos y calidad de las avellanas, particularmente en el rendimiento al descascarado (Roversi, 1999 y 2002; Roversi, 2010). Otros trabajos de investigación realizados en el norte de Italia (por nueve años) no han mostrado un efecto claro de la fertilización sobre los rendimientos y calidad de la fruta respecto de lo obtenido con el testigo (Eynard y Zanini, 1972; Eynard *et al.*, 1972).

En suelos del extranjero, particularmente norte de Italia, con un nivel de disponibilidad de potasio en el suelo superior a 200 kg mg^{-1} eventualmente podrían ocurrir fenómenos de competencia con reducción en la absorción de Ca^{2+} y Mg^{2+} , en cuyo caso esta fertilización podría suspenderse por un cierto período de tiempo (Roversi, 2002). Ello, sin embargo, no ha sido evaluado para este cultivo en las condiciones edafoclimáticas del sur de Chile.

Cuadro 13. Efecto de la aplicación de dosis incrementales de potasio sobre el rendimiento de fruto acumulado del cv. Barcelona (tres años de edad), (cosecha 2015). Comuna de Pitrufrquén, Región de La Araucanía.

Dosis K_2O (kg ha^{-1})	Rendimiento de fruto (kg ha^{-1})
0	280,5 a
40	249,9 a
80	279,5a
120	257,7 a
180	277,5 a
200	219,8 a
240	236,5 a

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes, según prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$).

5.8. Magnesio

El magnesio cumple una función fundamental en la activación de enzimas relacionadas con la respiración, fotosíntesis y síntesis del DNA y RNA. Participa en la formación y acumulación de hidratos de carbono, azúcares, proteínas, vitaminas y otros. Las épocas de aplicación más adecuadas son: julio a noviembre y diciembre a enero. Se ha observado una mejor absorción del magnesio en árboles que tienen un mayor aporte de nitrógeno o con aplicaciones de nitrato de magnesio, sulfato de magnesio (Ellena *et al.*, 2013).

Las aplicaciones foliares de productos con magnesio en la primavera, durante la fase de crecimiento vegetativo y fecundación (octubre-noviembre), han permitido mejorar el crecimiento y rendimiento de los árboles (Bignami *et al.*, 1999), determinándose las dosis a aplicar en base a análisis químicos de suelo y foliares.

Estudios realizados en manzano han evidenciado que la fertilización magnésica es muy importante en los años de alta carga de fruta, con extracciones anuales de $10\text{-}20 \text{ kg MgO ha}^{-1}$ (Marangoni y Baldi, 2008), no existiendo información bibliográfica disponible para el caso de avellano europeo.

Como recomendación general se pueden aplicar entre 15-20 kg MgO ha⁻¹ (Ellena *et al.*, 2013). Las fuentes más importantes de fertilizantes magnésicos pueden apreciarse en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Fuentes de fertilizantes magnésicos.

Fuente de magnesio	Formulación	MgO (%)
Nitrato de Magnesio	Mg(NO₃)₂* 6H₂O	15-16
Sulfato de Magnesio	MgSO₄* 7H₂O	15-16
Sulfato de potasio y magnesio	K₂SO₄* MgSO₄	18
Dolomita	CaCO₃* MgCO₃	20

5.9. Calcio

El calcio (Ca⁺²) tiene una importante función en el desarrollo de la planta, ya que regula diferentes funciones celulares, preserva la integridad y estabilidad de la membrana citoplasmática, confiriendo resistencia a la pared celular a través de puentes de pectatos a nivel de la lamela media. Favorece la asimilación y movilización de otros nutrientes, particularmente en suelos ácidos, influyendo en el desarrollo de las raíces y por tanto en el dosel vegetativo (Ellena y Montenegro, 2006). Su carencia predispone a las plantas a una mayor sensibilidad al frío. En suelos ácidos del sur de Chile, particularmente en aquellos con bajos niveles de calcio intercambiable, es recomendable encalar el suelo previo a la plantación y efectuar aplicaciones anuales de calcio (como carbonato de calcio) en torno a los árboles o a lo largo de la plantación. No obstante, el tratamiento más eficaz es incorporarlo al suelo previo a la plantación (dada su baja movilidad); en general, pueden aplicarse 1,5-2,0 ton ha⁻¹ de carbonato de calcio antes de la plantación (fertilización de fondo). Con aplicaciones de 200-300 g planta⁻¹ (en invierno) hubo un efecto positivo en el crecimiento de los árboles, especialmente en huertos jóvenes establecidos en la zona centro sur y sur del país (Ellena *et al.*, 2013).

5.10. Boro

Este elemento favorece la diferenciación de las yemas, germinación del polen, transporte y acumulación de azúcares, particularmente en su traslado a través de las membranas celulares. Interviene en el proceso reproductivo, influyendo en la germinación del polen y en el desarrollo del tubo polínico, mejorando la cuaja y el rendimiento final del cultivo. Adicionalmente, favorece la actividad meristemática de los ápices de los brotes y de las raíces y en el control de la absorción del calcio. 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 rendimientos de los árboles, en particular en suelos con deficiencia de este nutriente (Bignami *et al.*, 1999).

Se han logrado también buenos resultados usando productos foliares en base a nitrógeno, zinc y boro, en tratamientos de otoño y primavera (Bignami *et al.*, 1999). Estudios realizados en almendros con tratamientos foliares de boro en otoño han evidenciado un efecto positivo sobre el porcentaje de germinación del polen y crecimiento del tubo polínico (Nyomora *et al.*, 1997, 1999, 2000). Otros autores, en diferentes especies frutales, han determinado que aplicaciones foliares de boro en otoño permiten su movilización desde las hojas a las yemas adyacentes, manteniendo una elevada concentración a nivel foliar, expresado en una mayor producción de flores (Hanson, 1991a; Sánchez y Righetti, 2005).

Los mejores resultados se han observado con aplicaciones foliares de boro asociado a otros nutrientes como Zn, produciéndose un efecto sinérgico entre estos elementos (Solar y Štampar, 2001; Sotomayor *et al.*, 2000; Usenik y Štampar, 2002). No obstante, las respuestas positivas a aplicaciones de fertilizantes foliares estarían relacionadas a factores tales como: especie, variedad y status nutricional. Sin embargo, es importante no aplicar dosis excesivas puesto que ocasionan rápidamente toxicidad en los árboles.

5.11. Zinc y Azufre

El zinc es un cofactor de más de 300 enzimas y proteínas y tiene un efecto temprano en la división celular, metabolismo del ácido nucleico y síntesis de proteínas (Marschner, 1986). Su deficiencia en diferentes especies frutales afecta la producción y fisiología del polen, anatomía floral y rendimientos de los cultivos (Usenik y Štampar, 2002; Ute y Clemens, 2005).

En avellano europeo Solar y Štampar (2001) han reportado mayores rendimientos en huertos tratados con fertilizantes foliares a base de zinc y boro. En diferentes especies frutales también se han reportado efectos positivos sobre los rendimientos en árboles tratados con aplicaciones foliares de zinc y boro (Sotomayor *et al.*, 2000, Usenik y Štampar, 2002).

Las deficiencias de este elemento raramente se han detectado en huertos de avellano europeo en la zona sur de Chile. Al respecto, se recomienda realizar aplicaciones de zinc en huertos adultos solamente si el análisis foliar indica un nivel deficiente de este nutriente y si existen síntomas de deficiencia visibles en los árboles. Las deficiencias de zinc producen hojas con forma de rosetas o botones en la parte terminal de brotes nuevos. Para corregir el problema, se recomiendan aplicaciones foliares tardías en

invierno, previo a la brotación o a finales de la temporada, luego de cosecha con hojas verdes activas.

En estudios realizados con especies frutales de nuez, como pecano, se ha determinado que la deficiencia de zinc produce inhibición del desarrollo de brotes, defoliación y clorosis parcial o total en las hojas (Sparks, 1987). El aumento de la concentración de zinc a nivel foliar en pecano ($49\text{-}50\text{ mg kg}^{-1}$), condujo a un aumento importante en el rendimiento del cultivo. Las aplicaciones foliares han mostrado un mejor efecto que las aplicaciones al suelo, dada su baja movilidad en el suelo (Alloway, 2008).

En Chile existen escasos antecedentes sobre el efecto del zinc sobre el crecimiento, producción y calidad de las avellanas. En estudios realizados en la zona sur del país se demostró un efecto positivo de tratamientos foliares, en base a algunos macro y micronutrientes [N (10%), P_2O_5 (10%), K_2O (10%), Zn (0,05%), Mg (0,05%), B (0,02%), Cu (0,05%), Fe (0,1%), Mn (0,05%) y Mo (0,005%)], que incrementaron el rendimiento del avellano europeo respecto del logrado por el testigo (sin fertilización foliar). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre el rendimiento industrial (%) obtenido con estos tratamientos y el testigo (Ellena *et al.*, 2014).

En relación al azufre, cabe indicar que las deficiencias se manifiestan con amarillamiento de las hojas nuevas. Para corregirlas, se pueden aplicar tratamientos foliares con azufre elemental o aplicaciones al suelo mediante fertilizantes (sulfato de amonio o sulfato de potasio, otros).

Referencias Bibliográficas

Alloway, B.J. 2008. Zinc in soils and crop nutrition. 2nd ed. 135 p. Published by IZA and IFA. Brussels, Belgium and Paris, France.

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

Cacka, J.F., and F. Smith. 2009. Foliar nutrition applied at early hazelnut development shows positive yield and quality factors in the Willamette Valley of Oregon. Acta Hort. 845: 343-348.

Cacka, J.F., and P. Sanguankeo. 2014. Calcium influence on hazelnut quality and yields in Oregon. Proc. VIIIth International Congress on Hazelnut. Acta Hort. 1052: 187-193.

Campillo, R., y A. Sadzawka. 2006a. La acidificación de los suelos. Origen y mecanismos involucrados. p. 44-60. Serie Actas N° 38. En R. Campillo (ed.) Manejo de los recursos naturales en el Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados de La Araucanía. 17-19 de enero de 2006. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Temuco, Chile.

Campillo, R., y A. Sadzawka. 2006b. Encalado de los suelos. Caracterización y manejo de enmiendas calcáreas. p. 61-84. In R. Campillo (ed.) Manejo de los recursos naturales en el Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados de La Araucanía. 17-19 de enero de 2006. Serie Actas N° 38. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Temuco, Chile.

Castellanos, J. 2014. Acidez del suelo y su corrección. Hojas Técnicas de Fertilab, Intagri, México. 4 p. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/suelos/manejo-y-correccion-de-acidez-de-suelo#sthash.TwqeAV32.5GuqWVCE.dpbs> (leído en agosto de 2016)

Chaplin, M.H. and A.R. Dixon. 1979. The development of standard ranges for leaf nitrogen in the filbert. J. Am. Soc. Hort. Sci. 104: 710-712.

Ellena, M., y A. Montenegro. 2006. Establecimiento del huerto. p. 61-71. Boletín INIA N°135. En Ellena, M. (ed.) Cultivo del cerezo para la zona sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional INIA Carillanca, Temuco, Chile.

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

Ellena, M., Montenegro, A., Sandoval, P., González, A., y G. Azócar. 2013. Fertilización. p. 93-112. Boletín INIA N° 274. En: Ellena, M. (ed.) Avellano europeo: establecimiento y formación de la estructura productiva. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional INIA Carillanca, Temuco, Chile.

Ellena, M., Sandoval, P., Montenegro, A., González, A., y G. Azócar. 2014. Effect of foliar nutrient applications on fruit set in "Chilean Barcelona" hazelnut in Southern Chile. Proc. VIIIth International Congress on Hazelnut. Acta Hort. 1052: 231-234

Eynard, I. 1968. Risultati d´una prova quinquennale di concimazione azotata al nocciolo, Atti: "Convegno Nazionale di Studi sul Nocciolo", Viterbo. p. 241-251.

Eynard, I., Gay, G., e L. Casale. 1972. La concimazione minerale del nocciolo, "Annali dell´Accademia di Agricoltura di Torino" Torino, vol. 114. p. 1-34.

Eynard, I., e E. Zanini. 1972. Effetti della fertilizzazione con azoto, fosforo e potasio in diversi rapporti, sulla composizione delle foglie di nocciolo cv. "Tonda Gentile delle Langhe", "Annali della Facoltà di Scienze Agrarie dell´Università degli Studi di Torino", vol. 7. p. 91-108.

Fregoni, M., e E. Zioni. 1966. Indagine triennali sulla concimazione organica e minerale frazionata nel periodo di riposo invernale del nocciolo, Atti: "Convegno Nazionale sulla Fertilizzazione del Nocciolo", Avellino. p. 77-84.

Fregoni, M., e L. Picariello. 1966. Ricerche quadriennale sulla concimazione di produzione del nocciolo nell´avellinese. Effetti produttivi, tecnologici e biologici di elementi singoli ed associati per via ipogea ed epigea, Atti: "Convegno Nazionale sulla Fertilizzazione del Nocciolo, Avellino. p. 96-135.

Fregoni, M., e E. Zioni. 1972. La concimazione al nocciolo "Ricerche sulle modalità di distribuzione dei fertilizzanti", Inf. Agr", vol. XXVIII. p. 7652-7653.

Hanson, E.J. 1991. Sour cherry trees respond to foliar boron applications. HortScience 26: 1142-1145.

Kowalenko, C.G., and C. Kempler. 2001. Effect of fertilizer applications on hazelnut leaf and soil concentrations. Acta Hort. 556: 327-334.

Marangoni, B., e E. Baldi. 2008. Il Melo: Coltivazione, concimazione e irrigazione. Coltura & Coltura. p. 142-161.

Marschner, H. 1986. Functions of mineral nutrients: macronutrients. p. 195-267. In: Marschner, H. (ed.) Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Limited, London, England.

Nyomora, A.M.S., Brown, P.H., and M.Freeman. 1997. Fall foliar-applied boron increase tissue boron concentration and nut set of almond. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122: 405-410.

Nyomora, A.M.S., Brown, P.H., and D. Krueger. 1999. Rate and time of boron application increase almond productivity and tissue boron concentration. HortScience 34: 242-245.

Nyomora, A.M.S., Brown, P.H., Pinney, K., and V.S.Polito. 2000. Foliar application of boron to almond trees affects pollen quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125: 265-270.

Olsen, J. 1997. Nitrogen management in Oregon Hazelnut. *In* Koksal, A.I., Okay, Y., and N.T.Bunes (eds.). Proc. IVth International Congress on Hazelnut. Ordu, Turkey, 1996. Acta Hort. 445:263-268.

Olsen, J.L., and J.F.Cacka. 2009. Foliar fertilizers on hazelnut in Oregon, USA. Proc. VIIth International Congress on Hazelnut. Acta Hort. 845: 349-351.

Olsen, J.L. 2001. Hazelnuts nutrient management guide. Oregon State University. Oregon, USA. 4 p.

Pansecchi, A., Roversi, A., and G.L.Malvicini, G.L. 2014. Some years of trials on the effectiveness of hazelnut foliar fertilization. Proc. VIIIth International Congress on Hazelnut. Acta Hort. (ISHS)1052: 195-199.

Pinochet, D., Artacho, P., y A. Maraboli. 2014. Manual de fertilización de arándanos cultivados en el sur de Chile. Proyecto FIA-UACH PYT 2009-0080. Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 71 p.

Proebsting, E.L., Serr, E.F., and N.F.Childers. 1954. Edible nuts mineral nutrition of fruit crops. New Brunswick, NJ Rutgers University 477 494R.

Rodríguez, J. 1993. Manual de fertilización. 362 p. Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile.

Roversi, R. 1977. Contenido de algunos elementos minerales de los órganos aéreos del avellano. I Congreso Internacional de Almendra y Avellana. Reus, España. p.225-233.

- Roversi, A. 1999. Prime indagini sulle asportazioni minerali del nocciolo. *Frutticoltura e Hortofloricoltura* 61 (11): 32-34.
- Roversi, A. 2002. Esigenze nutrizionali e concimazione sulnocciolo. 2° Convegno Nazionale del Nocciolo. N° 24. p. 28-42.
- Roversi, A. 2010. Nutrients uptake in hazelnut orchards. *Acta Hort.* 868: 439-444.
- Sadzawka, A. 1991. Propiedades químicas de los suelos. p. 9-24. *In* Programa Comunicaciones Remehue (ed.) Acidez y encalado de suelos en la Región de Los Lagos. Serie Remehue N° 15. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Remehue, Osorno, Chile.
- Sánchez, E.E., and T.L.Righetti. 2005. Effect of postharvest soil and foliar application of boron fertilizer on the partitioning of boron in apple trees. *Hort. Sci.* 40 (7): 2115-2117.
- Shrestha, G.K., Thompson, M.M., and T.L.Righetti. 1987. Foliar-applied boron increase fruit set in "Barcelona" hazelnut. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112: 412-416.
- Solar, A., and F.Štampar. 2001. Influence of boron and zinc application on flowering and nut set in "Tonda di Giffoni" hazelnut. *Acta Hort.* 556: 307-312.
- Sotomayor, C., Silva, H., and J. Castro. 2000. Effect of boron plus zinc foliar spray on fruit setting of two almond cultivars. *Acta Hort.* 591: 437-440.
- Sparks, D. 1987. Apparent effect of zinc treatment on the growth rate of pecan production and yield. *HortScience* 22: 899-901.
- Tous, J., Romero, A., Plana, J., Sentis, X., and J.Ferrán. 2005. Effect of nitrogen, boron and iron fertilization on yield and nut quality of Negret hazelnut trees. *Proc. VIth International Congress on Hazelnut. Acta Hort.* 686:277-280.
- Usenik, V., and F. Stampar. 2002. Effect of application of zinc plus boron on sweet cherry fruit set and yield. *Acta Hort.* 594:245-249.
- Ute, K., and S.Clemens. 2005. Functions and homeostasis of zinc, copper and nickel in plants. *Topics Current Genet.* 14: 215-271.
- Walworth, J.L., and N.E. Summer. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (Dris). *Adv. Soil Sci.* 6: 149-188.

