



Rodrigo Ortega Blu,
PhD.



María Mercedes Martínez,
PhD.

CALIDAD DE SUELO Y MANEJO INTEGRADO DE LA NUTRICIÓN

Un adecuado diagnóstico del suelo permite identificar los factores limitantes para corregirlos de manera sitio-específica, lo que junto al Manejo Integrado de la Nutrición permite alcanzar los objetivos de rendimiento, calidad y estabilidad de la producción, pero con eficiencia y sostenibilidad.

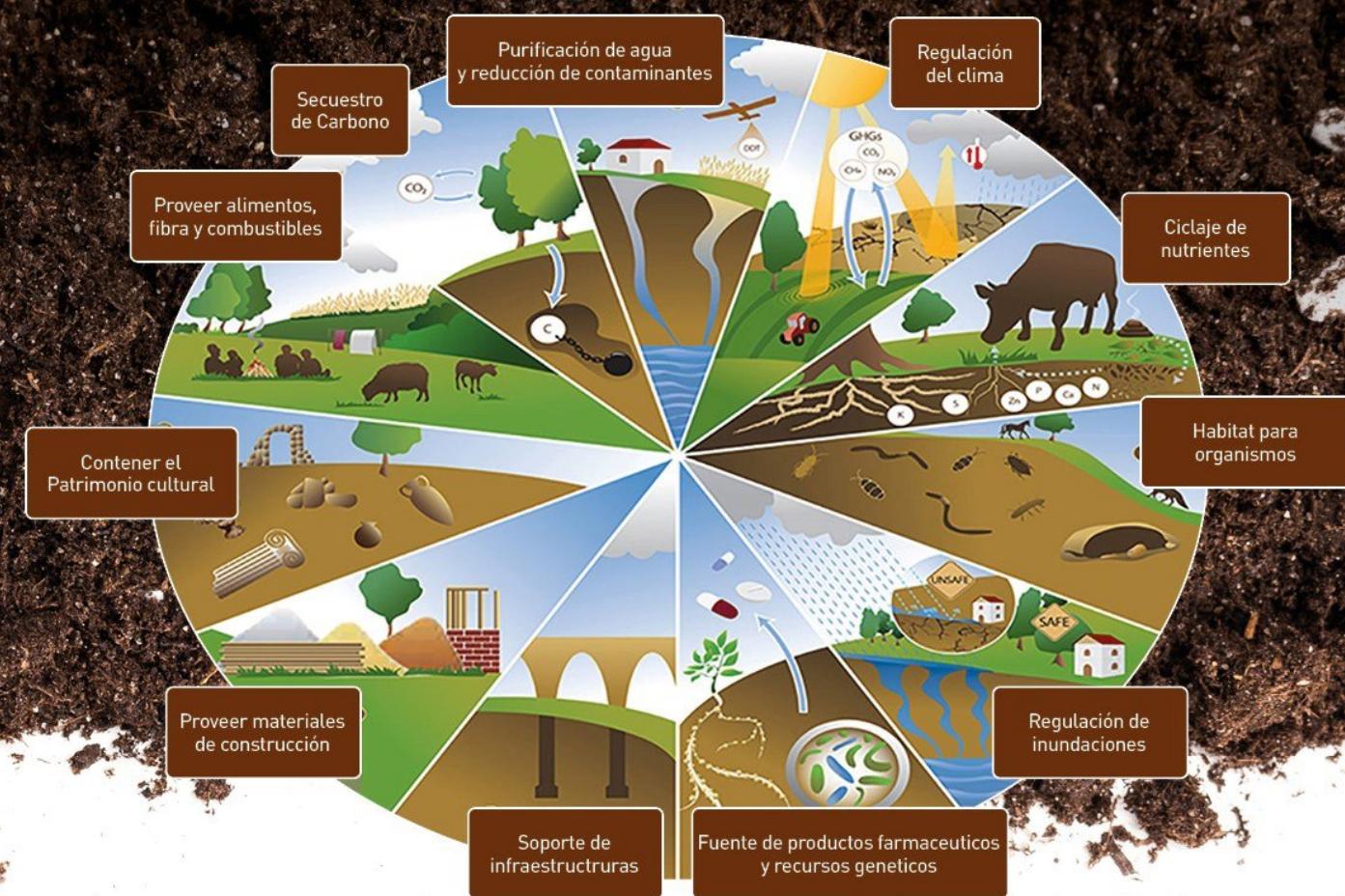
El avellano europeo (*Corylus avellana L.*) es un cultivo que tiene una amplia adaptación a las condiciones edafoclimáticas de Chile, ocupando cerca de 50.000 ha, entre las regiones del Maule y Los Lagos, en una gran variedad de suelos, incluyendo, molisoles, inceptisoles, alfisoles, andisoles y ultisoles, cada uno de ellos con distintas limitaciones. Por ejemplo, en el caso de los alfisoles de las regiones del Maule y Ñuble, estos presentan drenaje lento, un bajo pH y elevados niveles de Fe y Mn. Por otra parte, en el caso de suelos andisoles de las regiones de La Araucanía y Los Lagos, en general, estos presentan buen drenaje y elevados contenidos de materia orgánica, pH ácido y niveles bajos

de Ca y Mg. En contraste los suelos ultisoles, presentan menores niveles de materia orgánica, pH ácido y altas concentraciones de Al y Fe.

A través de un adecuado diagnóstico de la calidad del suelo es posible identificar los factores limitantes para corregirlos posteriormente de manera sitio-específica.

Por la gran cantidad de biomasa aérea y radicular que produce, se estima que un árbol de avellano adulto acumula 4,6 y 4,8 kg de materia seca de hojas y raíces, respectivamente, el avellano es una especie muy adecuada para la implementación de prácticas de agricultura regenerativa, en particular en aquellos suelos de menor calidad, considerados marginales para la producción frutícola.

Figura 1. Servicios ecosistémicos del suelo. Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2015)



CALIDAD DE SUELO Y RENDIMIENTO

Según Karlen *et al.* (1997), la calidad del suelo se define como “la capacidad de un tipo específico de suelo para funcionar dentro de los límites de los ecosistemas naturales o manejados, sustentar la productividad vegetal y animal, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, y favorecer la salud y la vida del hombre”. Un suelo de calidad debe funcionar y permitir alcanzar buenos rendimientos y calidad de fruta de forma sostenible.

Para interpretar la calidad del suelo, se emplean indicadores que se refieren a un conjunto mínimo de datos medibles sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, como la textura, la

infiltración, la porosidad, la estabilidad estructural, la capacidad de retención de agua, la materia orgánica del suelo, el pH, la conductividad eléctrica, los cationes intercambiables y la respiración del suelo, entre otros. Estas propiedades, y por ende, la calidad del suelo, dependen del tipo de suelo y de su manejo anterior. En el caso de avellano europeo, muchos de los suelos actualmente plantados provenían de cultivos anuales y praderas, presentando diversas limitantes de calidad.

MANEJO INTEGRADO DEL SUELO Y LA NUTRICIÓN

Como todo cultivo agrícola, el avellano europeo requiere de un manejo integral del suelo, agua,

nutrición, plagas y enfermedades, que permita un balance en el agro-ecosistema para lograr el mayor desarrollo y productividad del cultivo, de forma sostenible.

En la mayoría de los huertos de avellano no existe un real manejo integrado del suelo, limitándose éste -principalmente- a la fertilización del cultivo. Sin embargo, estrategias como el uso de cultivos de cobertura y la aplicación de compost de restos de poda, o incluso de la propia cascara de avellano, permiten mejorar la calidad del suelo y hacer los árboles más tolerantes a condiciones de estrés, en especial condiciones de alta radiación, temperaturas extremas, limitaciones de agua o en general de suelos degradados (Figura 2).

Figura 2. Producción de compost a partir de material de poda de avellano europeo. Fuente: AgriChile.



Figura 3. Variabilidad espacial de materia orgánica y arcilla en tres cuarteles de avellano europeo. Arriba: inceptisol poco profundo, medio: alfisol profundo y abajo: andisol profundo.

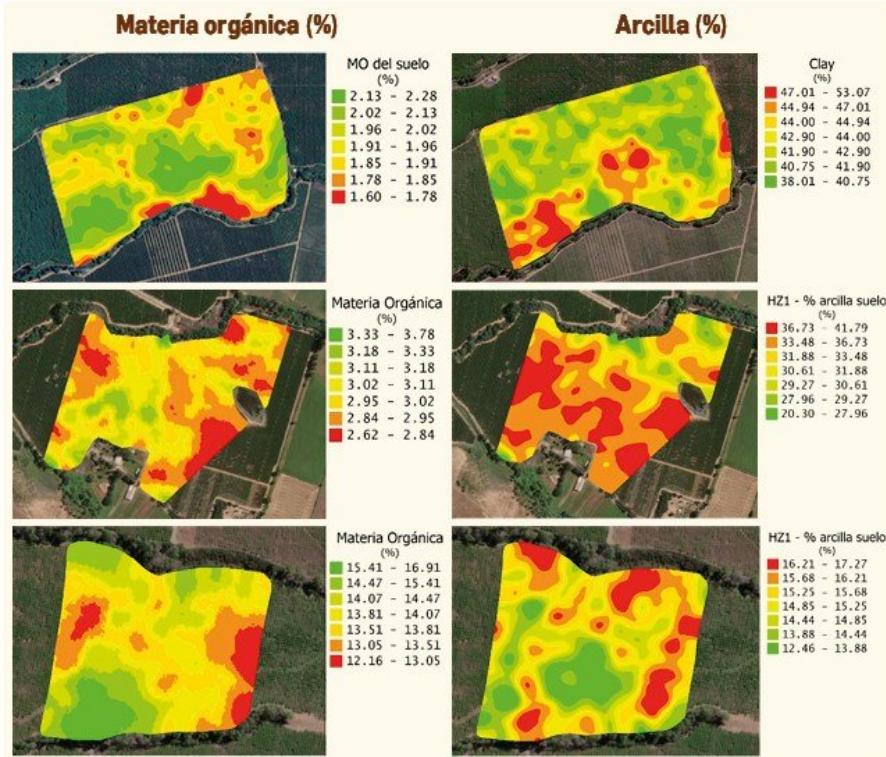


Tabla 1. Requerimientos generales de suelo para avellano europeo.

Textura	Fertilidad	Aireación	Drenaje	Profundidad mínima (m)	pH
Franca a franco-arenosa	Alta	Media-alta	Rápido	1 m	6-7

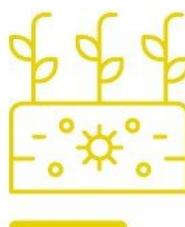
REQUERIMIENTOS DE SUELO

El avellano prefiere suelos de buena fertilidad, de texturas livianas y bien drenados, sin embargo, la especie tolera una gama más amplia de condiciones de suelo (Tabla 1). Algunas variedades de avellano han mostrado un buen comportamiento en suelos con arcillas densas o limosos, pero -en general- se prefieren suelos con buena aireación y drenaje, textura franca a francos arenosa. Suelos de drenaje lento pueden causar períodos prolongados de anoxia, favoreciendo la presencia de hongos oomycetes como *Phytophthora* y *Phytiun*, afectando la salud y la productividad del árbol.

En Chile, los suelos ideales para avellano son los andisoles ("trumaos"), no obstante, pueden presentar algunas limitaciones de fertilidad.

En la figura 3 se presenta dos indicadores de calidad del suelo de cuarteles de avellano plantados en distintas zonas y tipos de suelo.

Se puede observar que los niveles de materia orgánica y arcilla varían ampliamente entre y



El avellano prefiere suelos de **buen fertilidad, de texturas livianas y bien drenados**

dentro de los cuarteles seleccionados. El cuartel de la parte superior corresponde a un suelo del orden inceptisol, de poca profundidad, que muestra sectores con altos contenidos de arcilla, que limitan la oxigenación del suelo, generando problemas de raíces tanto por problemas sanitarios como por toxicidad de manganeso. El cuartel sobre el suelo andisol (inferior), muestra condiciones físicas ideales para el avellano europeo.

El manejo integrado de la nutrición (MIN) es parte integral de la agricultura regenerativa y consiste en la integración de las mejores herramientas y tecnologías para hacer un manejo eficiente y sostenible de la nutrición. Con el MIN se busca alcanzar los objetivos productivos de rendimiento, calidad y estabilidad de la producción, pero con eficiencia y sostenibilidad.

El MIN parte con un buen diagnóstico de la calidad del suelo, ya sea a nivel promedio (muestra compuesta) o detallado a través de un mapeo del suelo (Figura 3), para identificar

Tabla 2. Dosis de enmiendas recomendadas para correcciones a la banda en avellano europeo (50% de la hectárea)

Tipo de Suelo	P	K	Mg	Ca	Encalado
	SFT -----kg/ppm-----	KCl -----kg/(Cmol/kg)-----	Sulfato de Mg -----kg/(Cmol/kg)-----	Yeso agrícola Kg/0.1 u.pH	CaCO ₃
Suelos inceptisoles	25	3	1800	1300	250
Suelos andisoles	50	3	1800	1300	500

y corregir las limitantes del suelo. Estas correcciones se realizan a través de enmiendas que incluyen la aplicación de materia orgánica, cal, yeso, fósforo, potasio y magnesio, dependiendo del sitio. Las dosis de enmiendas y fertilizantes para corrección se presentan en la tabla 2.

DEMANDA DE NUTRIENTES

Un reciente estudio realizado en conjunto con la empresa AgriChile (Ortega *et al.*, 2025), permitió estimar la demanda de nutrientes de avellano europeo. Se estimó que al menos un 50% de los nutrientes provienen de removilización, valor conservador, pues según Olsen *et al.* (2001) ésta puede aportar hasta un 80% del N. Las demandas de nutrientes para huertos adulto y en formación se presentan en la tabla 3.

El fruto se lleva aproximadamente el 50% de la demanda para N y 60% para P y K, respectivamente. Esto indica que la extracción en el fruto es de 3 y 4 kg/ton fruto de P₂O₅ y K₂O, respectivamente.

DOSIS DE NUTRIENTES

Una vez corregidas las limitantes de suelo y construida la fertilidad de los suelos (fósforo, potasio y magnesio), las dosis de nutrientes se estiman de la siguiente manera:

✓ **Nitrógeno:** balance entre la demanda y el suministro. Para un rendimiento de 4 ton/ha, en un suelo promedio con un 3% de materia orgánica y N disponible de 10 mg/

kg, a salidas de invierno, la dosis de N debiera ser de aproximadamente 70 kg N/ha. El uso de un inhibidor de nitrificación mejora la eficiencia de recuperación del N, con muchos efectos nutricionales, como mayor absorción de P y otros nutrientes.

✓ **Fósforo y potasio:** aplicar la extracción en la fruta en el caso de huerto adultos y la demanda para huertos en formación. En el caso de un huerto en producción de 4 ton/ha, las dosis de P y K deberían ser de 12 y 16 kg P₂O₅ y K₂O/ha, respectivamente.

USO DE BIOFERTILIZANTES, BIOESTIMULANTES Y PRODUCTOS DE BIOCONTROL

Microorganismos fitopatógenos

En el cultivo de avellano europeo se identifican hongos importantes, ya sea como causantes de chancros, como *Anisogramma anomala*, o emergentes, como *Phomopsis*, *Cytospora* y *Diplodia* sp. Asimismo, especies como *Phytophthora*, *Pythium* y *Cylindrocarpon* sp. están asociadas a la pudrición de raíces, generalmente provocada por un manejo inadecuado del riego y periodos prolongados de alta humedad en el suelo.

Además, se han identificado bacterias fitopatógenas como *Xanthomonas arboricola* pv. *corylina* (también conocida como *Xanthomonas campestris* pv. *corylina*), capaz de sobrevivir en chancros y

Tabla 3. Demandas estimadas de nutrientes para avellano europeo.

Nutriente	Adulto	En formación*
	Kg/ton fruta seca	Kg/ha
N	24	52
P ₂ O ₅	5	9
K ₂ O	7	19
Ca	6	28
Mg	2	3
	g/ton	g/ha
Zn	21	64
B	41	97

yemas y propagarse por medio de agua, plantas infectadas o herramientas de poda. Sus efectos son más frecuentes en árboles jóvenes, en desarrollo, de menos de seis años, o en aquellos sometidos a estrés. Por otra parte, en Italia se ha reportado la enfermedad denominada "moria", cuyos agentes causales son bacterias del género *Pseudomonas*, específicamente *P. avellane*, *P. syringae* pv. *coryli* y *P. syringae* pv. *syringae*, cuya severidad aumenta en suelos volcánicos con alta acidez (pH < 5).

Bioestimulantes y bioproductos

Los bioestimulantes y bioproductos, provenientes de origen vegetal (extractos de plantas y algas), animal (aminoácidos), microbiano (bacterias, hongos, microalgas) o sustancias húmicas obtenidas de diversas fuentes de materia orgánica, se emplean ampliamente en avellano. Su propósito es optimizar procesos fisiológicos, como el enraizamiento o la cuaja, además de estimular mecanismos como la resistencia sistémica y la adaptación a condiciones de estrés térmico, hídrico, salino o biológico.

Hongos formadores de ecto y endomicorriza

El avellano europeo establece relaciones simbióticas con hongos ectomicorrílicos, especialmente del género *Tuber spp.*, el cual requiere un pH alcalino (>7.8) para su desarrollo. Además, se ha reportado micorrización exitosa en plantines obtenidos por micropagación con hongos endomicorrílicos (micorriza arbuscular) como *Glomus intraradices* y *G. iranicum*, destacando mayores tasas de recuperación en planta tras la cosecha e incrementos en el contenido de clorofila respecto a plantas no inoculadas.



Suelo rizosférico

Las raíces del avellano presentan menor abundancia de microorganismos en la endosfera en comparación con el suelo rizosférico, debido a la producción de polisacáridos y el desprendimiento celular que generan nichos favorables, especialmente para hongos.

El manejo integrado de la nutrición (MIN) es parte integral de la agricultura regenerativa.



En la rizosfera predominan hongos del filo Ascomycota, que participan en la descomposición de materia orgánica, y hongos del filo Basidiomycota, que producen enzimas capaces de modificar la estructura de la lignina y formar ectomicorizas.

Degradadores de materia orgánica

Estudios sobre el microbioma del avellano indican que la presencia de 'litter' o 'mulch' influye significativamente en las comunidades microbianas, fomentando la abundancia de hongos saprófitos del suelo y redes de ectomicorizas.





Estas redes ejercen un efecto de control sobre las poblaciones patógenas y facilitan la disponibilidad y transferencia de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio.



El avellano europeo establece relaciones simbióticas con hongos ectomicorrícos

Promoción del crecimiento

Durante la etapa de vivero o plantación, se aplican productos basados en algas (macro y microalgas), bacterias promotoras de crecimiento y hongos formadores de micorrizas, con el objetivo de estimular procesos como la rizogénesis y la absorción de nutrientes mediante la liberación de sustancias promotoras de crecimiento vegetal, tales como auxinas, vitaminas, giberelinas y aminoácidos.

Homogeneización de perfiles fisiológicos y bioquímicos

El uso de bioestimulantes es útil para homogeneizar perfiles bioquímicos del avellano, modulando la productividad y la tolerancia al estrés térmico (frío o calor extremos), así como para corregir desórdenes en la floración o degeneración floral. Estudios realizados en Portugal y Alemania han demostrado que el empleo de extractos de algas pardas, combinado con fertilización ajustada de NPK y la aplicación de boro, mejora la resistencia al estrés climático y aumenta el contenido de tocoferoles hasta un 20%.

Biocontrol

El manejo de suelos, el uso de materia orgánica, las coberturas con plantas repelentes o alelopáticas y un adecuado drenaje son fundamentales

para el control de patógenos. Además, es relevante evitar excesos de nitrógeno, ya que incrementan la suculencia de las plantas y su susceptibilidad al ataque de hongos y áfidos.

Se recomienda utilizar agentes de control biológico, como hongos filamentosos del género *Trichoderma sp.* y bacterias como *Bacillus subtilis*, *B. megatherium*, *Pseudomonas fluorescens* y *Lactobacillus plantarum* entre otras, que también estimulan la resistencia sistémica. Para el control de plagas, se emplean microorganismos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarrhizium anisopliae* para larvas de suelo, así como *Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki* y *B. thuringiensis subsp. aizawai*, en combinación con aceite mineral, aceite de canola, caolín o jabones potásicos.

RESUMEN

El avellano europeo se adapta bien a las condiciones edafoclimáticas de Chile, ocupando cerca de 50.000 ha en diversas regiones y tipos de suelos. La calidad del suelo es crucial para su cultivo, definida como la capacidad del suelo para sustentar la productividad vegetal y animal, mantener la calidad del agua y aire, y favorecer la salud humana. El manejo integrado del suelo y la nutrición (MIN) es parte esencial de la agricultura regenerativa, mejorando la calidad del suelo y la tolerancia del árbol a condiciones de estrés. El uso de biofertilizantes, bioestimulantes y productos de biocontrol funciona en avellano, debido a las características de la especie y el ambiente en que se desarrolla en Chile. ☀