

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela de Agronomía

Crecimiento en vivero de plantas de *Gevuina avellana* Mol. procedentes de distintos árboles semilleros, en función de la fertilización y sus formas de aplicación

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Agronomía.

Profesor Patrocinante: Sr. Fernando Medel S. - Ing. Agr., Dr. Agr.

Ramón Mauricio Morales Pino

Valdivia Chile 2004

Contenido

Profesores Informantes . .

Dedicatoria .

RESUMEN .

1. INTRODUCCION .

2. REVISION BIBLIOGRAFICA . .	1
2.1. Antecedentes generales .	1
2.2. Usos .	4
2.3. Aspectos generales sobre propagación .	4
2.4. Aspectos generales sobre nutrición mineral .	6
2.5. Fertilización de <i>Gevuina</i> .	14

3. MATERIAL Y METODO . .

4. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS . .

5. CONCLUSIONES . .

BIBLIOGRAFIA .

ANEXOS .

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Antecedentes generales

Gevuina avellana Mol. es una especie monotípica de Chile. Se le conoce comúnmente como avellano chileno, como también por gevuin, guevin, ñefu, chilean hazelnut, Chile hazel y Chile nut. (DONOSO, 1978 y MEDEL y MEDEL, 2000). En Chile crece desde la V a la XI Región, sin embargo, se desarrolla mayoritariamente en la IX y X Región, especialmente en los faldeos de ambas cordilleras (RODRIGUEZ *et al.*, 1983).

Esta especie presenta una gran adaptabilidad, por lo que prolifera en diversas condiciones de suelo, luz, grado de humedad y agua. No forma bosques puros y crece entremezclada con otras especies del bosque húmedo (HOFFMANN, 1982).

Las cualidades del fruto, madera y aceite hacen del avellano una especie interesante desde el punto de vista económico. Por su follaje siempre verde, es considerado como un árbol que posee un gran valor ornamental y paisajístico (HOFFMANN, 1982 y MEDEL y MEDEL, 2000).

2.1.1. Ubicación taxonómica. De acuerdo a lo indicado por Strasburger *et al.* (1994), la ubicación taxonómica del avellano es la siguiente:

- Subdivisión : Angiospermae

- Clase : Dicotyledoneae
- Subclase : Rosidae
- Superorden : Proteaneae
- Orden : Proteales
- Familia : Proteaceae
- Género : *Gevuina*
- Nombre científico : *Gevuina avellana* Mol.
- Nombre común : Avellano chileno, guevín, gevuin, ñefu.

Según lo señalado por Muñoz (1956), la familia de las proteáceas está compuesta por 54 géneros, con unas 1150 especies distribuidas en Australia, América del sur, Nueva Zelanda, América tropical y Austral andina. DONOSO y Escobar (1986), indican que existen en Chile seis representantes, distribuidos en cuatro géneros.

2.1.2. Distribución. El avellano chileno es un árbol endémico de los bosques subantárticos y que posee una amplia distribución que abarca desde los paralelos 35° y 44° L.S. de Chile y en algunos sectores de Lago Puelo, Argentina. Se puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 700 m de altura (MEDEL y MEDEL, 2000 y RODRIGUEZ *et al.*, 1983).

Por el norte, crece desde el río Teno en la cordillera de los Andes y desde el río Mataquito en la cordillera de la costa. Por el sur, crece hasta las Islas Guaitecas, desarrollándose en forma mayoritaria entre la IX y X Región (DONOSO, 1978).

En su área de distribución puede estar asociado con algunas fagáceas como *Nothofagus obliqua* (roble) y *Nothofagus alpina* (raulí); no forma habitualmente bosques puros y a veces se puede encontrar en pequeños grupos aislados (DONOSO, 1978; Hoffmann, 1982; RODRIGUEZ *et al.*, 1983).

2.1.3. Consideraciones ecológicas. De acuerdo a lo indicado por HOFFMANN (1982) y Rodríguez *et al.* (1983), el avellano puede crecer en variadas condiciones de suelo, luz y competencia, presentando un rápido desarrollo en sectores en que el bosque ha sido afectado por la explotación, roce o incendio.

2.1.3.1. Clima. El avellano chileno prospera principalmente en climas mediterráneos y templados húmedos, con alta pluviometría anual, pero con periodos estivales secos. Su amplia adaptabilidad le permite crecer en zonas con pluviometría anual de 700 mm y temperaturas estivales que muchas veces superan los 30° C. La planta adulta puede resistir heladas producidas desde otoño a primavera sin que se observe sintomatología de daño en hojas y brotes (MEDEL y MEDEL, 2000).

2.1.3.2. Suelo. El avellano se adapta a variadas condiciones topográficas, y de suelo. Prospera en suelos con elevado contenido de materia orgánica, buen drenaje, ligeramente ácidos a ácidos (Medel y Medel, 2000; Halloy *et al.*, 1996).

2.1.4. Descripción del árbol. De acuerdo a lo indicado por Hoffmann (1982), el avellano es un árbol que puede alcanzar hasta 20 m de altura y que en ocasiones es posible que adopte forma de arbusto.

2.1.4.1. Estructura. Según lo descrito por HALLOY *et al.* (1996), posee una estructura piramidal con un tronco recto cuyo diámetro puede llegar a tener 60 a 90 cm en ejemplares más desarrollados. Su canopia es compacta pudiendo ser mucho más abierta en condiciones de sombra. HOFFMANN (1982), señala que sus ramas son largas, delgadas y algo desnudas; sus brotes nuevos se encuentran cubiertos por un manto denso de pelillos de color rojizo. La corteza se caracteriza por ser lisa, delgada, de color gris ceniciento y con manchas oscuras.

2.1.4.2. Hojas. Hoffmann (1982), describe a las hojas como siempreverdes, compuestas, imparipinadas con borde aserrado, de nervadura reticulada, brillantes, folíolos de tamaño y forma variables, pubescentes. Rodríguez *et al.* (1983), agrega que el avellano presenta hojas alternas, de 7 a 35 cm de largo con folíolos coriáceos glabros, aovados, de 2 a 5 cm de largo, verde brillante en la cara superior y verde pálido en la cara inferior.

2.1.4.3. Flores. El avellano es un árbol hermafrodita, y según lo indicado por Halloy *et al.* (1996), pareciera requerir polinización cruzada o se ve beneficiado de ella. Autores como Medel y Medel (2000), Nuestra tierra (1993), coinciden en señalar que la floración ocurre entre los meses de enero y abril.

Según Hoffmann (1982), las flores del avellano son pequeñas y dispuestas en racimos axilares, reunidas en parejas. Están compuestas por un tubo floral encorvado, 4 estambres muy cortos y un ovario que contiene dos óvulos con el estilo largo. MEDEL y MEDEL (2000) y TAPIA (2000), indican que diversos insectos se ven atraídos hacia sus flores, que encuentran en ellas una gran fuente de polen y néctar.

2.1.4.4. Fruto. El fruto del avellano chileno es una nuez drupácea globosa de 1,5 a 2 cm de diámetro (HOFFMANN, 1982), que presenta una gran diversidad de tamaño, peso y forma, características que han sido estudiadas y analizadas por DONOSO (1978), MEDEL (2000) y MARTINEZ (2001).

El pericarpio de la nuez es leñoso de aproximadamente 3mm de espesor, flexible, fácil de partir y rico en taninos (HALLOY *et al.*, 1996; MEDEL y MEDEL, 2000). Su color varía de acuerdo a su estado de madurez de verde a negro, pasando por tonos rojos, marrones y violetas. (HOFFMANN, 1982). En su interior aloja la semilla compuesta por dos cotiledones comestibles de color blanco cremoso, que posee elementos de interés para la industria de los aceites comestibles y productos farmacológicos, cosméticos y nutricionales (MEDEL y MEDEL, 2000).

2.1.4.5. Raíces. El avellano chileno, al igual que otras proteáceas, desarrolla unas singulares raíces conocidas como proteiformes. Constituyen un tipo de ramificación anormal que origina densos conglomerados de raicillas dispuestos en hileras longitudinales en torno a un eje y que se forman en las raíces secundarias después de la caída de los cotiledones (GRINBERGS *et al.*, 1987).

Las dimensiones de los conglomerados proteiformes de las proteáceas chilenas han sido estudiadas por GONZALEZ (1990), quien sostiene que *Gevuina* se destaca por poseer conglomerados con un tamaño promedio superior y que cuyo peso puede alcanzar el 75% del peso fresco total de la parte radical de una planta adulta (Figura 1).

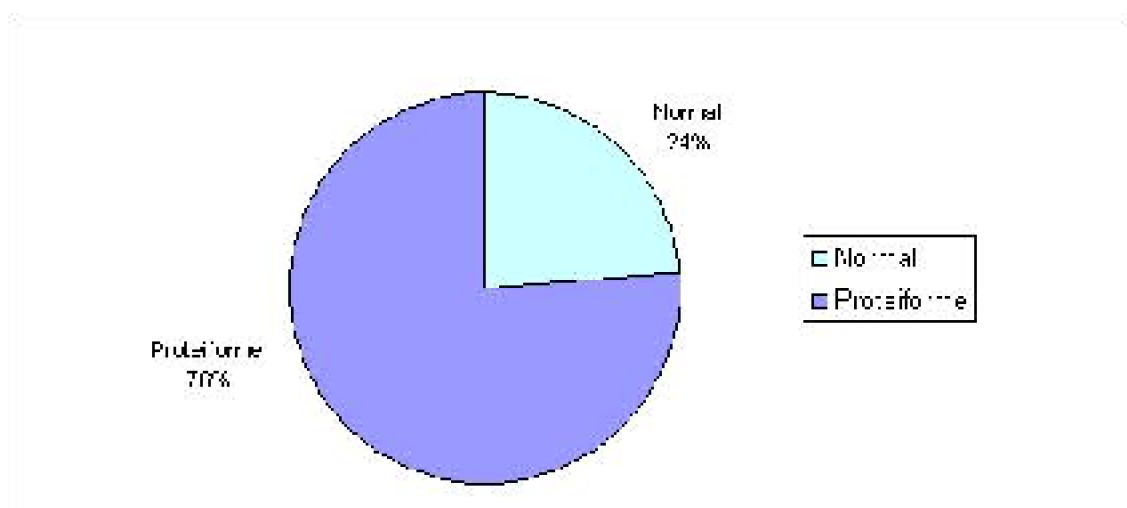


FIGURA 1. Relación porcentual de peso fresco entre raíz normal y proteiforme de avellano chileno.

Fuente: González (1990).

2.2. Usos

Son pocas las plantas nativas chilenas que pueden ofrecer productos que despierten el interés por cultivarlas en forma comercial, sin embargo *Gevuina* se destaca por su fruto, el cual además de tener agradable sabor, gran valor alimenticio y calórico, permite la elaboración de productos de confitería, pastelería y alimentos infantiles (MEDEL y MEDEL, 2000). Por otra parte Medel (1999), sostiene que el producto de mayor interés del avellano es su aceite debido a sus propiedades antioxidantes y como filtro UV, características interesantes para la industria farmacológica y cosmetológica.

Otro producto muypreciado del avellano chileno es su madera, destacada por su gran calidad y hermosura. En cuanto al pericarpio o cáscara, cabe señalar que contiene un alto contenido de taninos que pueden ser destinados a la curtiduría de cueros. Asimismo puede ser utilizado como combustible vegetal, ya que posee un poder calórico similar al de la leña (Medel y Medel, 2000 y Hoffmann, 1982).

La gran belleza, duración y el verde intenso de sus hojas, ha hecho de *Gevuina* una especie muy valorada como follaje acompañante en la confección de arreglos florales (DONOSO, 1978). Por su parte Medel y Medel (2000), agregan que el avellano posee las características ideales para ser usado como cortaviento natural, especialmente en plantaciones frutales.

2.3. Aspectos generales sobre propagación

La propagación de plantas consiste en efectuar su multiplicación ya sea por medios sexuales o asexuales (Hartmann y Kester, 1988). BAILEY (1974), indica que los medios sexuales pueden ser a través de semillas y algunos tipos de esporas, en cambio los asexuales son a través de partes vegetativas. El avellano es propagado mayoritariamente por semillas, sin embargo es factible propagarlo por estacas con muy buenos resultados como lo demuestran trabajos realizados por McKenzie (1990), citado por HALLOY *et al.* (1996) y VASQUEZ (1998).

2.3.1. Propagación por semillas. La propagación por semillas es uno de los métodos principales de reproducción en la naturaleza y uno de los más eficientes. El hombre a través del tiempo ha ido favoreciendo la proliferación de especies que le aportan algún beneficio y eliminando aquellas que sean perjudiciales para su bienestar (Bailey, 1974). DIRR y HEUSER (1987) y HARTMANN y KESTER (1988), coinciden en señalar que se requiere del conocimiento y comprensión de numerosos procesos biológicos y prácticas culturales para propagar especies por semillas en forma comercial y exitosa.

2.3.2. Requisitos y condiciones de la germinación. DIRR y HEUSER (1987), afirman que los elementos esenciales en la propagación por semillas son: semillas viables, conocimiento de los tratamientos para inducir la germinación, y una vez que ha germinado, conocimiento de las prácticas culturales de vivero para la producción de plantas de calidad. Por otra parte BAILEY (1974), indica que, si una semilla es viable, existen tres requerimientos externos para su germinación que son: humedad, oxígeno y una temperatura determinada. Estos parámetros pueden ser variables según la especie que se trate, sin embargo, dentro de una misma especie también se pueden producir diferencias la germinación de acuerdo al origen de la semilla.

Según Donoso (1978) y Gardenbed (2001), la semilla del avellano posee una alta capacidad germinativa, lo cual es confirmado por Donoso y Escobar (1986), quienes obtuvieron buenos resultados en siembras de otoño y primavera, no obstante se recomiendan las siembras otoñales a fin de evitar el desecamiento y germinación prematura de ésta. Respecto a la siembra, Nuestra tierra (1993), indica que no debe superar una densidad de 36 semillas por m² y una profundidad de 3 a 4 cm.

2.3.3. Factores que afectan la germinación. Según lo señalado por MOORE y JANICK (1983), existen diversos factores que pueden afectar la germinación tales como el genotipo, manejo cultural de la planta madre, calidad de la semilla, temperatura, niveles de humedad, medio y atmósfera de germinación. En ocasiones puede ocurrir que a una semilla viable se le otorguen las condiciones externas necesarias para su germinación y ésta no se produzca. HARTMANN y KESTER (1988) y BAILEY (1974), definen a este fenómeno como receso o dormancia, el cual es producido por diversos mecanismos de la semilla tanto físicos como bioquímicos conducentes a impedir su germinación. Para imponer el receso a la semilla interaccionan dos mecanismos principales que son:

La acumulación de inhibidores químicos del crecimiento en diferentes tejidos del fruto y la semilla.

Desarrollo de cubiertas de la semilla que controlan la absorción de agua, la permeabilidad a los gases y la lixiviación de inhibidores.

Para superar este problema, se han desarrollado diversas técnicas de vivero en que se utilizan diversos procesos físicos y químicos tales como escarificación, estratificación, lixiviación o combinación de éstos (HARTMANN y KESTER, 1988)

2.3.4. Importancia de la procedencia de la semilla. De acuerdo a lo señalado por HARTMANN y KESTER (1988), el lugar geográfico de donde proviene la semilla es un aspecto de mucha importancia, debido a que en algunas especies, las semillas no se expresan de la misma manera bajo condiciones similares. En lo que se refiere a especies nativas de Chile, DONOSO (1987), sostiene que existen diferencias en la capacidad germinativa de semillas de *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst., "Raulí", especie en la cual se ha detectado la tendencia a la formación de dos ecotipos, uno del norte con alta capacidad germinativa y buena respuesta a la estratificación, y otro del sur con características opuestas.

Según lo indicado por DONOSO y ESCOBAR (1986), en un ensayo con semillas de avellano chileno procedentes de Valdivia y Llanacura, X región, no se encontraron diferencias en el porcentaje de germinación, lo que hace presumir que el efecto de procedencia geográfica de la semilla no sería un factor influyente en la capacidad germinativa de semillas de *Gevuina*.

2.3.5. Determinación de la calidad de planta de vivero. La calidad de planta refleja la integración de diversas características fisiológicas y morfológicas del semillero. De acuerdo a lo indicado por Duryea y Landis (1984), se puede medir de acuerdo a los atributos de desempeño (potencial de crecimiento radical, resistencia al frío y al stress), como también por los atributos del material vegetal (dormancia de yemas, relaciones hídricas, nutrición y morfología). Uno de los métodos que es comúnmente utilizado por los viveros para determinar la calidad de planta es la medición de sus características morfológicas tales como: altura y peso del tallo, volumen y peso del sistema radical, fibrosidad de las raíces, diámetro de cuello, inserción de las yemas, color de follaje, además diversas relaciones tales como peso parte aérea:radicular, altura:diámetro de cuello, entre otras. Estas características se pueden manejar hasta cierto punto en la etapa de vivero a través ciertas prácticas culturales tales como el control de la densidad de siembra, eliminación del brote apical, podas en la parte aérea o radical, riego, trasplantes y fertilización.

En un trabajo efectuado por MEDEL, G (2001), se analizaron algunas técnicas de manejo en vivero con plantas de *Gevuina* de uno y dos años. Se midieron diversos índices de crecimiento y sus correlaciones, permitiendo concluir que el manejo del material vegetal puede influir en los índices de crecimiento y que ciertos parámetros presentan una alta correlación con el índice de calidad de planta definido por Dickson (1960), citado por DURYEA y LANDIS (1984).

2.4. Aspectos generales sobre nutrición mineral

De acuerdo a lo indicado por DURYEA y LANDIS (1984), la mantención de una adecuada

fertilidad en el vivero es un aspecto trascendental para la obtención de plantas de calidad. Con el fin de comprender mejor los procesos de obtención y utilización de elementos por parte de la planta, se revisan a continuación algunos aspectos relevantes referidos a la nutrición mineral.

2.4.1. Relaciones planta – suelo. Según lo indicado por MENGEL y KIRKBY (1982), el suelo es un material heterogéneo, que incluye tres componentes principales: una fase sólida, líquida y gaseosa. Se considera a fase sólida como el principal reservorio de nutrientes del suelo. Las partículas inorgánicas contienen nutrientes catiónicos tales como potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cinc y cobalto, mientras que las partículas orgánicas componen la reserva principal de nitrógeno, como también de fósforo y azufre. La fase líquida es la principal responsable del transporte de nutrientes en el suelo, los cuales normalmente se encuentran en forma iónica. Por su parte, la fase gaseosa interviene en el intercambio existente entre numerosos organismos del suelo (raíces, bacterias, hongos, animales) y la atmósfera.

De acuerdo a lo indicado por GROS (1981), una vez que la planta ha agotado las reservas nutricionales de la semilla, extrae los elementos esenciales para su crecimiento del suelo y del aire. Los pelos radicales presentes en las raíces son los encargados de absorber el agua y algunos minerales parcialmente disueltos en las soluciones del suelo tales como nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio, calcio y microelementos. Estas soluciones están generalmente muy poco concentradas y su contenido mineral va variando según la absorción de las raíces y el aporte por el intercambio con los elementos fijados bajo forma de iones en el complejo coloidal arcilloso-húmico del suelo.

2.4.1.1. Elementos esenciales en la nutrición mineral. Se considera a un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo, cuando está involucrado en funciones metabólicas y la planta no puede completar su ciclo de vida sin éste. (TISDALE *et al.*, 1993). Buckman y Brady (1966), sostienen que son dieciseis los elementos esenciales y los clasifican de acuerdo a sus fuentes de procedencia (aire, agua, suelo) y cantidad en que son requeridos por las plantas (Cuadro 1).

CUADRO 1. Clasificación de los elementos esenciales de las plantas según su procedencia y volumen de utilización.

Elementos usados en cantidades relativamente grandes			Elementos usados en cantidades relativamente pequeñas	
Del aire y del agua	De los sólidos del suelo		De los sólidos del suelo	
Carbono	Nitrógeno	Calcio	Hierro	Cobre
Hidrógeno	Fósforo	Magnesio	Manganeso	Cinc
Oxígeno	Potasio	Azufre	Boro	Cloro
			Molibdeno	

Fuente: Buckman y Brady (1966).

Por otra parte, TISDALE *et al.* (1993), sostienen que el carbono, hidrógeno y oxígeno no deben ser considerados nutrientes minerales y los trece elementos restantes los

dividen en macronutrientes y micronutrientes, clasificación basada en su abundancia relativa en las plantas (Cuadro 2).

CUADRO 2. Concentraciones relativas y promedio de los elementos esenciales en las plantas.

MACRONUTRIENTES			MICRONUTRIENTES		
Nutriente	C. Relativa	C. Promedio	Nutriente	C. Relativa	C. Promedio
H	60.000.000	6.0%	Cl	3.000	100 ppm
O	30.000.000	45%	Fe	2.000	100 ppm
C	30.000.000	45%	B	2.000	20 ppm
N	1.000.000	1.5%	Mn	1.000	50 ppm
K	400.000	1.0%	Zn	300	20 ppm
Ca	200.000	0.5%	Cu	100	6 ppm
Mg	100.000	0.2%	Mo	1	0.1 ppm
P	30.000	0.2%			
S	30.000	0.1%			

Fuente: Tisdale *et al.* (1993).

Según lo señalado por MENGEL y Kirkby (1982), es difícil de justificar desde el punto de vista fisiológico la clasificación de macronutrientes y micronutrientes dependiendo de las concentraciones en el tejido de la planta, por lo que consideran más apropiada una clasificación de acuerdo a su comportamiento bioquímico y su función fisiológica (Cuadro 3).

CUADRO 3. Clasificación de los nutrientes según sus funciones bioquímicas en las plantas.

Elemento	Forma de absorción	Funciones bioquímicas
Primer grupo C, H, O, N, S	En forma de CO_2 , HCO_3^- , H_2O , O_2 , NO_3^- , NH_4^+ , N_2 , SO_4^{2-} , SO_2 . Los iones desde la solución suelo, los gases desde la atmósfera.	Constituyente principal de la materia orgánica. Elementos esenciales de grupos atómicos involucrados en procesos enzimáticos. Asimilación mediante reacciones de óxido-reducción.
Segundo grupo P, B, Si	En la forma de fosfatos, ácido bórico o borato, silicato desde la solución suelo	Esterificación con grupos alcohólicos nativos en plantas. Los ésteres de fosfato están involucrados en reacciones de transferencia de energía.
Tercer grupo K, Na, Mg, Ca, Mn, Cl	En la forma de iones desde la solución suelo	Funciones no específicas estableciendo potenciales osmóticos. Reacciones más específicas en las cuales el ion tiene una conformación óptima de una enzima proteína (activación enzimática). Puentes de reacciones relacionadas. Balance de aniones. Control de la permeabilidad de membranas y los potenciales eléctricos.
Cuarto grupo Fe, Cu, Zn, Mo	En la forma de quelatos desde la solución suelo	Presentes predominantemente en formas quelatadas, incorporados en grupos prostéticos. Activan el transporte de electrones mediante el cambio de valencia

Fuente: Mengel y Kirkby (1982).

Independiente de la clasificación que se les quiera dar, ha sido ampliamente demostrado que la disponibilidad de estos elementos minerales en el suelo, es un factor fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

2.4.1.2. Intercambio iónico en el suelo. HONORATO (2000), señala que intercambio iónico es una de las propiedades físico-química más importantes del suelo y que influye directamente en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. De acuerdo a lo indicado

por TISDALE *et al.* (1993), el intercambio iónico es un proceso reversible mediante el cual un catión o un anión en la fase sólida es intercambiado con otro catión o anión en la fase líquida. Este proceso ocurre en los casos en que dos fases sólidas están en estrecho contacto, produciéndose el intercambio iónico entre sus superficies. Según lo señalado por MENGEL y KIRKBY (1982), las partículas coloidales del suelo presentan mayoritariamente carga negativa, que tiene su origen en mecanismos de sustitución isomórfica, bordes rotos o caras expuestas y por ionización de grupos OH^- y COOH^- . Por otra parte HONORATO (2000), sostiene que en suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas recientes y en suelos ácidos de regiones tropicales, las arcillas y sustancias orgánicas pueden desarrollar carga positiva.

2.4.1.3. Transferencia de nutrientes a las raíces. Según lo indicado por BOWEN y NAMBIAR (1984), los nutrientes llegan a la superficie radical mediante mecanismos de convección (flujo de masa) y difusión. Con relación al primero, MENGEL Y KIRKBY (1982), sostienen que ocurre cuando los solutos son transportados con el flujo convectivo de agua desde el suelo hacia las raíces de las plantas. Por su parte RUIZ (2001), indica que este movimiento se origina producto de la succión que genera el fenómeno de la transpiración, permitiendo un flujo masivo de iones hacia el interior del tejido radicular. Este mecanismo tiene importancia en la absorción de nutrientes que son móviles en el suelo, tales como nitrógeno, azufre y cloro.

El mecanismo de difusión se origina por el movimiento de iones desde un sector de mayor concentración, a uno de menor concentración. A medida que las raíces de las plantas absorben nutrientes de la solución suelo, la concentración en la superficie radicular disminuye, generando una gradiente de concentración que provoca el movimiento de nutrientes hacia la raíz (TISDALE *et al.*, 1993; MENGEL y KIRKBY, 1982 y BOWEN y NAMBIAR, 1984).

Un tercer mecanismo señalado por BARBER (1995) y TISDALE *et al.* (1993), es el de intercepción radical, que ocurre cuando las plantas toman contacto directo con nutrientes que se encuentran disponibles en el suelo a través de las raíces. La absorción de éstos puede ser posible a través de una estrecha relación entre la solución suelo-rizósfera y la superficie radical, la cual se produce principalmente en las raíces más finas de la planta.

La intercepción radical de nutrientes puede ser mejorada por asociaciones con micorrizas, las cuales pueden ser muy benéficas en plantas que crecen en suelos infértiles. Se cree que el aumento de la absorción de nutrientes se debe al aumento de la superficie de absorción que provee el hongo, y que puede ser hasta diez veces mayor que las raíces no inoculadas (TISDALE *et al.*, 1993).

De los mecanismos mencionados, la difusión es el de mayor importancia en la obtención de nutrientes del suelo, no obstante ningún nutriente es absorbido por un mecanismo único, sino que intervienen en algún grado los tres (RUIZ, 2001).

2.4.1.4. Absorción de nutrientes por la planta. De acuerdo a lo indicado por HOLMES y ROY (1986), la absorción iónica por las raíces puede ser de carácter activa o pasiva. La absorción pasiva se produce cuando los nutrientes se mueven de regiones de alta concentración a otras de menor concentración, siguiendo las leyes físicas de difusión a

través de una membrana semi-permeable y no significando un gasto energético para la planta. Por el contrario, los iones se pueden desplazar en contra una gradiente de concentración mediante un proceso activo que comprende gasto de energía.

Por otra parte, las hojas también cumplen un rol muy importante en la nutrición de las plantas ya que los gases fundamentales en el proceso de la fotosíntesis (CO_2 y O_2) ingresan principalmente a través de los estomas. De manera similar, las hojas y otros órganos aéreos tienen la capacidad de absorber elementos minerales directamente a través de los tejidos superficiales (GROS, 1981).

2.4.2. Mecanismos de absorción de nutrientes. Según lo indicado por DOMINGUEZ (1997), los mecanismos por los cuales las plantas absorben los elementos nutritivos en forma activa por las raíces aun no están completamente aclarados, no obstante existen dos teorías que permiten explicar la selectividad y la absorción contra gradiente.

2.4.2.1. Teoría del transportador. De acuerdo a lo señalado por MENGEL y KIRKBY (1982), las membranas biológicas contienen ciertas moléculas capaces de transportar iones, conocidas como “carriers” o transportadores. DOMINGUEZ (1997), indica que esta molécula es generalmente un lípido que puede difundirse con facilidad en la membrana. Se cree que poseen sitios específicos de enlace para un tipo de ion en particular, los que confieren la selectividad en el transporte de iones.

TISDALE *et al.* (1993), sostienen que los iones se acoplan a estos transportadores, formando un complejo ion-transportador, capaz de atravesar membranas y otras barreras que no son permeables a los iones en forma libre. Luego de efectuado el transporte, el complejo ion-transportador se rompe y el ion es liberado en el interior del espacio celular. Con respecto al transportador, MENGEL y KIRKBY (1982), indican que puede ser regenerado o restituido, lo cual directamente o indirectamente implica un gasto energético.

2.4.2.2. Teoría de la impulsión de iones. Según lo indicado por DOMINGUEZ (1997), este mecanismo consiste en la expulsión de protones (H^+) a través de la membrana, proceso en el cual se consume la energía liberada por el ATP, mediante la acción de una enzima ATPasa, ligada a la superficie de la membrana. Con este mecanismo se transfieren dos protones (H^+) por cada molécula de ATP y se genera una carga negativa muy superior en el interior, lo que permite la entrada de cationes, atraídos por esta carga.

2.4.2.3. Absorción foliar de nutrientes. Según lo indicado por TISDALE *et al.* (1993), en las células del mesófilo de las hojas, existen espacios extracelulares en donde pueden producirse la difusión y el intercambio iónico de nutrientes. Algunos iones minerales presentes en la lluvia, agua de riego o aplicaciones foliares penetran al interior de las hojas a través de los estomas y la cutícula, quedando disponibles para su absorción por las células del mesófilo.

RUIZ (2001), sostiene que la magnitud de la absorción total vía hojas es considerablemente menor que de las raíces, por lo tanto la fertilización foliar es sólo un complemento de la fertilización al suelo. Con la fertilización foliar se obtienen respuestas rápidas en las plantas, permitiendo corregir deficiencias nutricionales en momentos puntuales, especialmente de nutrientes poco móviles o inmóviles en el floema, tales como

Zn, Mn, Fe, B y Ca. Debido a la ausencia de un poder tampón como es el suelo, las aspersiones foliares para ser eficientes y que no produzcan toxicidad en la planta, requieren de una adecuada selección del producto, concentración, agentes mojantes y adherentes (RUIZ, 2001 y DURYEA y LANDIS, 1984).

Por su parte ROMAN *et al.* (2001), sostienen que la fertilización foliar es una excelente vía para la activación de procesos fisiológicos específicos en las plantas, como la ruptura de la latencia invernal iniciando la brotación y la activación de flores.

2.4.3. Niveles de nutrientes en las plantas. Tisdale *et al.* (1993), indican que se utilizan los siguientes términos para describir los niveles de nutrientes en las plantas:

- Deficiente: Cuando la concentración de un elemento esencial es suficientemente bajo para limitar en forma severa el rendimiento y se hacen visibles los síntomas característicos de deficiencia.
- Rango crítico: Es la concentración de nutriente en la planta bajo el cual se produce una respuesta positiva en el rendimiento cuando se le agrega el nutriente.
- Suficiente: Es aquel rango de concentración en que, si se agrega una mayor cantidad de nutriente, no aumenta el rendimiento, pero sí su nivel de concentración en la planta. Se utiliza normalmente el término “consumo de lujo” para describir la absorción de nutriente por la planta que no ejerce influencia en el rendimiento.
- Excesivo o tóxico: Cuando la concentración de un elemento esencial u otro elemento es suficientemente alto para reducir el crecimiento de la planta y su producción.

Según Araos (1977), investigaciones realizadas en el país, indican que la mayoría de los nutrientes se encuentran generalmente en cantidades disponibles suficientes para los cultivos, a excepción del nitrógeno y el fósforo. En Chile la importancia del nitrógeno y del fósforo es tan grande, que estos dos nutrientes siempre se deben considerar como probablemente deficientes.

Black (1975) y TISDALE *et al.* (1993), coinciden en indicar que la deficiencia de nitrógeno, más que la de cualquier otro elemento, es la que con mayor frecuencia limita el crecimiento de las plantas, pues éstas lo necesitan en grandes cantidades.

2.4.4. El nitrógeno en la nutrición mineral. Para TISDALE *et al.* (1993), la mayor fuente de nitrógeno es el que se encuentra en forma gaseosa y que constituye el 78% de la atmósfera, sin embargo, para BLACK (1975) y MENGEL y KIRKBY (1982), la mayor reserva de nitrógeno estaría en las rocas, pero en concentraciones muy bajas.

TISDALE *et al.* (1993), indica que las plantas no pueden utilizar el nitrógeno atmosférico sin antes ser convertido a formas asimilables mediante algunos procesos entre los cuales se destacan los siguientes:

- Fijación por microorganismos en forma simbiótica en las raíces de las leguminosas
- Fijación por microorganismos no simbióticos del suelo
- Fijación como óxido de nitrógeno debido a descargas eléctricas de la atmósfera
- Fijación como NH_3 , NO_3^- , o CN_2^{2-} , mediante la fabricación de fertilizantes sintéticos.

Los cambios que va sufriendo el nitrógeno en el medio ambiente, son un proceso muy dinámico que ha sido descrito por diversos autores, tales como TISDALE *et al.* (1993), MENGEL y KIRKBY (1982) y BLACK (1975), entre otros. En este sistema intervienen mecanismos naturales (efectuados principalmente por microorganismos del suelo) y artificiales a través de la fijación industrial de fertilizantes sintéticos y su utilización en la agricultura.

2.4.4.1. Formas de nitrógeno absorbido por las plantas. Las plantas absorben nitrógeno en forma amoniacal (NH_4^+) o en forma de nitrato (NO_3^-). La preferencia que tenga la planta de absorberlo de una u otra manera depende de algunos factores tales como tipo de plantas, edad y medio ambiente (TISDALE *et al.* (1993).

MENGEL y KIRKBY (1982), sostienen que la temperatura influye en la tasa de absorción de ambas formas de nitrógeno. Por su parte TISDALE *et al.* (1993), agrega que también influye el pH del suelo, favoreciendo la forma nítrica cuando el pH es bajo y la forma amoniacal cuando es cercano al neutro.

2.4.4.2. Transformación del nitrógeno orgánico del suelo a formas minerales. Según lo señalado por BLACK (1975), la principal fuente de nitrógeno para las plantas que no lo fijan en simbiosis con microorganismos la constituyen las formas minerales de este elemento y no las formas orgánicas que componen la mayor parte del nitrógeno del suelo. Para que este nitrógeno orgánico pueda quedar disponible para ser absorbido por las plantas, debe sufrir una transformación a nitrógeno mineral, en la cual interviene la flora bacteriana presente en el suelo.

Según TISDALE *et al.* (1993), la mineralización es la conversión de nitrógeno orgánico a NH_4^+ . Este proceso involucra dos reacciones llamadas aminización y amonificación, las cuales ocurren por la actividad de microorganismo heterótrofos. Parte del NH_4^+ liberado durante la mineralización puede oxidarse transformado a NO_3^- en un proceso llamado nitrificación. Esta reacción está compuesta por dos partes en las cuales, primeramente el NH_4^+ es oxidado a NO_2^- y finalmente a NO_3^- . En este proceso intervienen bacterias autotróficas de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*.

En el Figura 2 se esquematiza los procesos de mineralización y nitrificación detallados anteriormente.

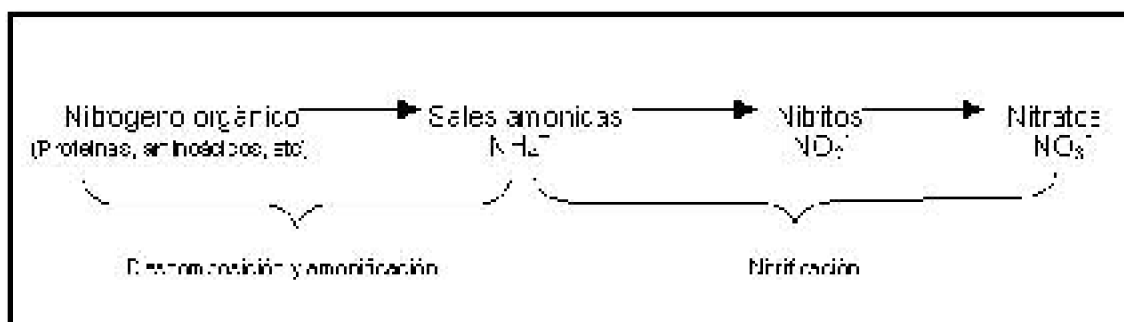


FIGURA 2. Procesos de transformación de nitrógeno orgánico a nitrógeno mineral

FUENTE: BUCKMANN y BRADY (1966).

2.4.5. Elementos fertilizantes. De acuerdo a lo indicado por ROMAN *et al.* (2001), los fertilizantes son sustancias minerales de origen natural o sintético, que proporcionan

nutrientes esenciales para las plantas. Normalmente se trata de una sal compuesta por un catión y un anión, que al ser procesada industrialmente, se expende cristalizada, prilada o granulada. Por su parte, MEDEL (1988), indica que la mayor parte de los fertilizantes disponibles para el suministro de macronutrientes, son formulaciones sólidas de un elemento en particular o que dispone de dos o más de estos en su composición química. Entre las propiedades más importantes de los fertilizantes se pueden destacar el grado de pureza, granulometría, densidad aparente, higroscopicidad, compactación, solubilidad y reacción química.

ROMAN *et al.* (2001), señala que los fertilizantes también se pueden encontrar en forma líquida cuyas materias primas pueden derivar de procesos industriales o bien son mezclas preparadas a partir de fertilizantes solubles cristalizados, para ser usados en fertirriego, fertilización foliar o inyección directa al suelo.

2.5. Fertilización de *Gevuina*

Los estudios realizados hasta el momento sobre el manejo de la fertilización en *Gevuina* son escasos y no proporcionan datos precisos que permitan establecer niveles óptimos de fertilización para una producción comercial.

Antecedentes aportados por Donoso *et al.* (1992), sobre el manejo de la planta en la etapa de vivero, señalan que las dosis de fertilizantes que han dado buenos resultados en Valdivia corresponden a 30 g/m² de salitre potásico, 10 g/m² de superfosfato triple y 5 g/m² de sulfato de potasa (Cuadro 4).

CUADRO 4. Dosis de fertilizantes utilizados en vivero de *Gevuina* en la zona de Valdivia.

Fertilizante	Dosis	Aporte nutricional		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Salitre potásico	30 g/m ²	45 kg/ha		54 kg/ha
Superfosfato triple	10 g/m ²		46 kg/ha	
Sulfato de potasa	5 g/m ²			25 kg/ha

Fuente: Donoso *et al.* (1992).

Estos datos deben ser mirados con cautela, puesto que estos antecedentes no hacen mención sobre el tipo de suelo y los niveles nutricionales preexistentes que permitan recomendar dichas dosis de fertilizantes para *Gevuina*.

Un trabajo más preciso fue realizado por MEDEL, G (2001), quien efectuó ensayos de niveles de fertilización con un fertilizante completo (16-14-5) y el efecto de la fuente de fertilizantes nitrogenados en el crecimiento de plantas de *Gevuina* de primer año. De este estudio se pudo concluir que el avellano no muestra un incremento significativo en los índices de crecimiento al aumentar los niveles de fertilización por sobre los 500kg/ha. Se probaron dosis de fertilización tan altos como 2000 kg/ha, en cuyo caso se observaron efectos negativos sobre los índices de crecimiento de las plantas, posiblemente causados

por una excesiva concentración de nutrientes en la zona radical. Lo anterior permite suponer que los niveles de fertilizantes demandados por el avellano en la etapa de vivero, estarían por debajo de los 500 kg/ha del fertilizante compuesto utilizado, equivalentes a un aporte nutricional de 80 kg/N/ha, 70 kg/P₂O₅/ha y 25 kg/K₂O/ha.

Los resultados obtenidos por MEDEL, G (2001), señalan que las plantas de *Gevuina* en sus primeros años de desarrollo no responden bien a la aplicación de fertilizantes sólidos al suelo en dosis consideradas normales en programas de fertilización de cultivos en la X Región, lo cual hace necesario la realización de mayores estudios que permitan establecer los rangos óptimos de fertilización de la especie.