



Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias Forestales

**Ensayos de inoculación micorrízica en
Nothofagus obliqua (Mirb.) Oerst.,
en condiciones de invernadero.**

Patrocinante: Sr. Eduardo Valenzuela F.

Trabajo de Titulación presentado
como parte de los requisitos para optar
al Título de **Ingeniero Forestal**

MARLYN SOLEDAD BARRA ALARCON

VALDIVIA
2004

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE EVALUACIÓN

		Nota
Patrocinante	Sr. Eduardo Valenzuela Flores	<u>6,7</u>
Informante	Sr. Roberto Godoy Bórquez	<u>6,5</u>
Informante	Sra. Maricel Alvarez	<u>6,6</u>

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Eduardo Valenzuela F.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer al Dr. Eduardo Valenzuela F. por su constante apoyo y preocupación durante el desarrollo del presente trabajo, además de su infinita paciencia durante las innumerables correcciones realizadas a este escrito.

Al Dr. Roberto Godoy B. por su constante preocupación, ayuda y apoyo durante el desarrollo del presente trabajo, tanto en lo práctico como en lo escrito.

A la Dra. Maricel Alvarez por aceptar ser mi profesor informante, su constante apoyo, consejos y contagiosa alegría, que me ayudaron a seguir con más fuerza, confianza y tranquilidad luego de aquellos momentos de angustia.

A Don Bernardo Escobar por su tiempo, ayuda y asesoría durante el comienzo de los ensayos.

A FONDECYT, Proyecto N° 1020989, por su ayuda económica sin la cual no hubiese podido realizar los ensayos.

A todos los que de alguna u otra forma me apoyaron y colaboraron antes, durante y después de realizado el presente trabajo, tanto en laboratorio, invernadero, como en el desarrollo del escrito.

Muchas gracias

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Antecedentes generales	3
2.2 Ciclo del Nitrógeno	4
2.3 Micorrizas	6
2.3.1 Micorrizas ectotróficas	7
2.3.2 Micorrizas endotróficas	8
2.3.3 Otros tipos de micorrizas	9
2.4 Distribución y ecología de <i>Descolea antarctica</i>	9
2.5 Parámetros morfológicos utilizados en la evaluación de la calidad de las plantas	11
2.5.1 Altura o largo del tallo	11
2.5.2 Diámetro del cuello	11
2.5.3 Largo de la raíz	12
2.5.4 Peso seco del tallo y raíz	12
2.6 Índices morfológicos utilizados en la evaluación de la calidad de las plantas	12
2.6.1 Relación tallo-raíz	12
2.6.2 Relación diámetro del cuello-altura	13
2.6.3 Cuociente de vigorosidad	13
2.6.4 Índice de calidad de Dickson	13
2.6.5 Índice de calidad de Ritchie	13
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	14
3.1 Producción de plántulas de <i>Nothofagus obliqua</i>	14
3.2 Sustrato utilizado	14
3.3 Esterilización del suelo	15
3.4 Cultivo del hongo Micorrizógeno	15

3.5	Diseño experimental	16
3.6	Fertilización	17
3.7	Evaluación del ensayo	17
3.8	Análisis estadístico	20
4.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	21
5.	CONCLUSIONES	33
6.	BIBLIOGRAFÍA	34

ANEXOS

- 1 *Abstract and keywords*
- 2 Parámetros e índices morfológicos correspondientes al testigo 1 (Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua*).
- 3 Parámetros e índices morfológicos correspondientes al testigo 2 (Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua* + fertilización nitrogenada de 100 kg/ha de Super Nitro).
- 4 Parámetros e índices morfológicos correspondientes al testigo 3 (Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua* + fertilización nitrogenada de 300 kg/ha de Super Nitro).
- 5 Parámetros e índices morfológicos correspondientes al tratamiento A (Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua* + cepa 1 *Descolea antarctica* + fertilización nitrogenada de 100 kg/ha de Super Nitro).
- 6 Parámetros e índices morfológicos correspondientes al tratamiento B (Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua* + cepa 1 *Descolea antarctica* + fertilización nitrogenada de 300 kg/ha de Super Nitro).
- 7 Parámetros e índices morfológicos correspondientes al tratamiento C (Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua* + cepa 2 *Descolea antarctica* + fertilización nitrogenada de 100 kg/ha de Super Nitro).
- 8 Parámetros e índices morfológicos correspondientes al tratamiento D (Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua* + cepa 2 *Descolea antarctica* + fertilización nitrogenada de 300 kg/ha de Super Nitro).

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se planteó la hipótesis de que una fertilización nitrogenada aplicada al suelo utilizado para el cultivo de plántulas de *Nothofagus obliqua* inoculadas con el hongo micorrízico *Descolea antarctica*, produce un aumento en el tamaño de las plántulas (biomasa aérea), pero disminuye la asociación micorrízica y biomasa radicular, produciendo plantas de baja calidad.

Los ensayos se realizaron bajo condiciones de invernadero utilizando como sustrato suelo previamente esterilizado, proveniente de un bosque de *Nothofagus obliqua* ubicado en el Valle Longitudinal de la provincia de Valdivia. Las inoculaciones de las plántulas de *Nothofagus obliqua* con dos cepas del hongo ectomicorrízico *Descolea antarctica* (utilizando micelio masificado en granos de trigo), se realizaron durante el trasplante a los maceteros de 1 L de capacidad. Posteriormente se agregaron al suelo dos concentraciones distintas del fertilizante nitrogenado "Super Nitro" (100 kg/ha y 300 kg/ha), divididas en dos dosis, siendo aplicadas a los 30 y 60 días de iniciados los ensayos.

Al término de los ensayos (13 semanas) se evaluó el crecimiento y calidad de las plántulas a través de parámetros e índices morfológicos, tales como, diámetro del cuello (DAC), largo del tallo (LT), largo de la raíz (LR), largo total (LTT), peso fresco del tallo (PFT), raíz (PFR) y total (PFTT), peso seco del tallo (PST), raíz (PSR) y total (PSTT), LT/LR, DAC/LT, PST/PSR, cociente de vigorosidad, índice de calidad de Dickson e índice de calidad de Ritchie. Además como complemento se determinó la sanidad, forma y número total de hojas por plántulas.

Durante el desarrollo de los ensayos, las plántulas no se vieron afectadas por pestes o enfermedades, sin embargo a las 4 semanas de iniciados los ensayos se evidenció un estrés post-trasplante, lo que influyó negativamente en su crecimiento y desarrollo.

De acuerdo a los resultados obtenidos, no se observó una respuesta positiva de las plántulas a la fertilización nitrogenada, debido a que el mejor ensayo fue el que consistía en plántulas de *Nothofagus obliqua* creciendo en suelo natural (sin fertilización) (testigo 1). Al comparar los tratamientos, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los experimentos, por lo cual cualquiera de las dos cepas y bajo cualquiera de las dos concentraciones distintas de fertilización nitrogenada, podrían ser consideradas para ser aplicadas en viveros.

Palabras claves: *Nothofagus obliqua*, *Descolea antarctica*, micorrización, fertilización nitrogenada, invernadero.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la familia *Fagaceae* se encuentra el género *Nothofagus*, con alrededor de 40 especies distribuidas en Sur América, Australia, Nueva Zelanda, Nueva Caledonia y Nueva Guinea. Esta distribución constituye un ejemplo del modelo biogeográfico explicado por la hipótesis de la deriva continental (Quiroz *et al*, 1999). En Chile, existen 10 especies endémicas, que forman valiosas y diversas asociaciones boscosas en gran parte de las regiones centro y sur (33°-56°S) (Donoso *et al*, 1999).

Nothofagus obliqua (Mirb) Oerst. (Roble) es la especie más común y abundante de este género, perteneciendo a 4 de los 12 tipos forestales definidos por Donoso (1994): Tipo forestal Roble-Hualo, Tipo forestal Ciprés de la Cordillera, Tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe y Tipo forestal Lengua. Se distribuye por la Cordillera de los Andes desde Colchagua (33° lat. sur) hasta Puerto Montt (41°30'S) y por la Cordillera de la Costa desde el sur del río Aconcagua hasta Puerto Montt (Donoso, 1979). De Malleco al sur, la frecuencia del Roble en el Valle Central se incrementa presentándose hasta los 600 msnm. Al norte del río Bío-Bío desaparece del Valle Central y se encuentra formando bosques principalmente en la cordillera de los Andes (Carrillo, 2001).

La dinámica de las especies nativas históricamente ha sufrido alteraciones negativas debido a las continuas intervenciones sin la aplicación de algún tipo de manejo silvicultural, tanto por la extracción de su madera como por el uso del fuego para la habilitación de terrenos y su transformación a uso agrícola y ganadero. Es por esto, que las áreas que alguna vez fueron bosques vírgenes de Roble, actualmente mantienen bosques de segundo crecimiento o renovales, en las que comúnmente se asocia con *Nothofagus alpina* (Raulí) (Martínez, 1999).

Por lo anterior, en las últimas décadas ha cobrado gran importancia el estudio de los recursos forestales, tanto para la aplicación de sistemas silviculturales a los bosques naturales, como en la formación de bosques artificiales. La incorporación de procesos biotecnológicos al desarrollo productivo, que brindan una mayor seguridad y eficacia en la producción de plantas es de vital importancia, más aún considerando la sustentabilidad de los recursos forestales renovables (Carvallo, 1996).

Dentro de este desarrollo productivo de plántulas en vivero se encuentra el estudio de asociaciones micorrízicas con especies forestales nativas. Este tipo de asociaciones simbióticas conlleva una serie de ventajas para el huésped, favoreciendo principalmente la absorción, transporte de nutrientes y agua, como también provee de una excelente protección frente al medio ambiente y contra algunas enfermedades, el hongo por su parte recibe de las plantas azúcares provenientes de la fotosíntesis (Godoy y Mayr, 1989).

Las micorrizas son simbiosis mutualista entre la raíz de una planta y el micelio de un hongo, constituyendo una estrecha red de hifas en el suelo, originando una mayor

superficie de traspaso de sustancias, tanto a nivel interespecífico como intraespecífico, al aumentar la superficie de absorción de las raíces (Carvalho, 1996).

Existen varias asociaciones micorrízicas que forman esta simbiosis con árboles, es por esto de gran importancia su estudio y el desarrollo de ensayos de inoculación micorrízica que puedan ser utilizados en el futuro para asegurar un buen desarrollo de plantas en vivero y su posterior establecimiento en terreno.

La necesidad de incrementar la calidad y cantidad de las cosechas agrícolas, y forestales, condiciona el progresivo agotamiento de los suelos, lo que a su vez, induce a aumentar el consumo de fertilizantes químicos. Esto puede traer consecuencias negativas a los microorganismos que habitan en el suelo y que intervienen en el ciclo de los nutrientes, como también por efecto de lixiviación y erosión afectar finalmente los cuerpos de agua (Azcón y Barea, 1980).

En el presente trabajo, mediante un estudio experimental se desea comprobar la hipótesis de que una fertilización nitrogenada aplicada al suelo utilizado para el cultivo de plántulas de *Nothofagus obliqua* inoculadas con el hongo *Descolea antarctica* Singer, produce un aumento en el tamaño de las plantas (biomasa aérea), pero disminuye la asociación micorrízica y la biomasa radicular, produciendo plantas de baja calidad.

El objetivo general del estudio es realizar en condiciones de invernadero ensayos de inoculación micorrízica con dos cepas del hongo ectomicorrízico *Descolea antarctica* en plántulas de *Nothofagus obliqua* cultivadas en suelo con distintas concentraciones de fertilización nitrogenada.

Los objetivos específicos son:

- Producir plántulas de *Nothofagus obliqua* bajo condiciones axénicas para ensayos de inoculación micorrízica.
- Cultivar las cepas del hongo ectomicorrízico *Descolea antarctica* y producir el inóculo para los ensayos de micorrización con plántulas de *Nothofagus obliqua*.
- Cuantificar las variables morfológicas y de biomasa de todas las plántulas utilizadas en los distintos ensayos.
- Calcular el índice de calidad de plántulas controles e inoculadas con diferentes concentraciones de fertilización nitrogenada en condiciones experimentales de invernadero.
- Seleccionar la cepa de *Descolea antarctica* y las condiciones del suelo óptimo para la obtención de plántulas de *Nothofagus obliqua* de buena calidad.

2. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes generales

La sustitución de bosques nativos por plantaciones de especies exóticas ha causado graves daños a la conservación de la biodiversidad en Chile, ha reducido la distribución y las poblaciones de especies leñosas de que se encuentran en peligro de extinción o en la categoría de vulnerables. También se produce un efecto en la reducción de los hábitats de muchas especies de fauna silvestre, los venenos usados para controlar las poblaciones de conejos que dañan las plantaciones forestales jóvenes, así como el uso de herbicidas han contribuido a la disminución de las poblaciones de fauna silvestre incluyendo varias especies de mamíferos y aves en peligro de extinción o vulnerables (Lara *et al*, 1997).

La sustitución también ha producido una reducción importante en la diversidad del paisaje, así como en la producción de bienes y servicios que el bosque provee a la sociedad (madera, leña, carbón, frutos, hongos comestibles, forraje y protección al ganado doméstico y fauna silvestre, agua de buena calidad y oportunidades de recreación). Además se ve afectada la sustentabilidad del ecosistema, la pérdida de nutrientes y erosión del suelo durante los primeros 3 o 4 años de la plantación (Lara *et al*, 1997).

El reemplazo de ciertos cultivos y praderas por plantaciones, generan un aumento del nivel de cobertura y consecuentemente pueden llevar hacia una mayor estabilización del suelo. Este impacto positivo será mayor cuanto mayor sea el grado de degradación del suelo. Sin embargo, las actuales técnicas de preparación de sitios, la sustitución del bosque y matorral nativo permanente, y la corta de vegetación en las áreas adyacentes a los cursos de agua y quebradas principales, traen como consecuencia un agravamiento de los procesos erosivos y deslizamientos de tierras. También a consecuencia de las faenas de maderero terrestre, deslizamiento de máquinas y arrastre de trozas, se espera mayor amasado, ahuellamiento, remoción y compactación en el suelo, lo cual dificulta el desarrollo radicular de las plantas (Gayoso, 1995).

Durante las sucesivas sustituciones de bosque nativo por plantaciones exóticas y especialmente cuando se han desarrollado y cosechado durante varias rotaciones se ven afectados de manera importante los ciclos de elementos nutritivos, produciéndose un agotamiento de los nutrientes en el lugar de las plantaciones (Gayoso, 1995).

A parte las distintas actividades forestales realizadas durante la rotación de una plantación, una de las principales fuentes de degradación de los suelos del sur de Chile ha sido el uso intensivo con prácticas de manejo agrícolas no conservacionistas, con un empleo indiscriminado de fertilizantes de reacción ácida y pesticidas que deterioran fuertemente la calidad del ecosistema suelo (Mora *et al*, 2002).

Estas prácticas disminuyen fuertemente la capacidad productiva del suelo debido a una modificación de las condiciones ambientales de la rizósfera de las plantas, produciéndose un deterioro de la fertilidad biológica de los suelos, disminuyendo la biomasa microbiana benéfica y aumentando la población de patógenos como consecuencia de la desnutrición de las plantas. Esto hace que tanto bacterias como hongos micorrízicos, encargados principalmente de la nutrición de fósforo y nitrógeno para las plantas disminuyan fuertemente su eficacia, debiendo agregar fertilizante en grandes cantidades al suelo para sustituir estas deficiencias (Mora *et al*, 2002).

Por otra parte el aumento de las actividades agrícolas y ganaderas en el centro-sur de Chile puede producir elevadas emisiones de nitrógeno hacia la atmósfera, principalmente amoníaco (NH_3), siendo transportado por el aire y depositado sobre el suelo y vegetación. El NH_3 , junto con óxidos de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2), son los contaminantes primarios que contribuyen a la acidificación de la depositación atmosférica. El NH_3 atmosférico, no sólo puede causar daños a la vegetación cercana a las fuentes de emisión, sino que a una mayor escala, ayuda significativamente a la eutroficación por los altos montos producidos y su posterior conversión en amonio (NH_4^+), que puede enriquecer áreas lejanas debido al transporte atmosférico (Oyarzún *et al*, 2002).

En general altos contenidos de nitrógeno y fósforo en el suelo, producen una disminución en la micorrización, debido a que se promueve la síntesis de proteínas en la planta, reduciendo la cantidad de carbohidratos solubles requeridos por el hongo micorrízico en la raíz (Schafer, 1988).

2.2 Ciclo del Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento esencial de las proteínas, los ácidos nucleicos y otros componentes celulares. Es un constituyente imprescindible para el crecimiento de todos los organismos. Pero es uno de los nutrientes más escaso en cuanto a la disponibilidad para las plantas, el 80% del nitrógeno se encuentra en forma de gas en la atmósfera. Sin embargo, el N_2 gaseoso no es aprovechable biológicamente por casi ningún organismo, el nitrógeno puede ser absorbido por las plantas en forma de amonio (NH_4^+) o como nitrato (NO_3^-), pero estos compuestos están presentes en el suelo en cantidades limitadas, además se pierden fácilmente por el lavado de los suelos y por la reducción biológica de NO_3^- . También vía hongos micorrízicos es posible la obtención de fuentes nitrogenadas desde compuestos orgánicos (Zúñiga, 1999).

El ciclo (Figura 1) consiste básicamente en la captación del N_2 atmosférico, su transformación en NH_4^+ o NO_3^- , su utilización por los organismos y su vuelta a la atmósfera para cerrar el ciclo. Las adiciones de N_2 atmosférico al ciclo se realiza a través de precipitación, fijación biológica y por fertilización (Donoso, 1994).

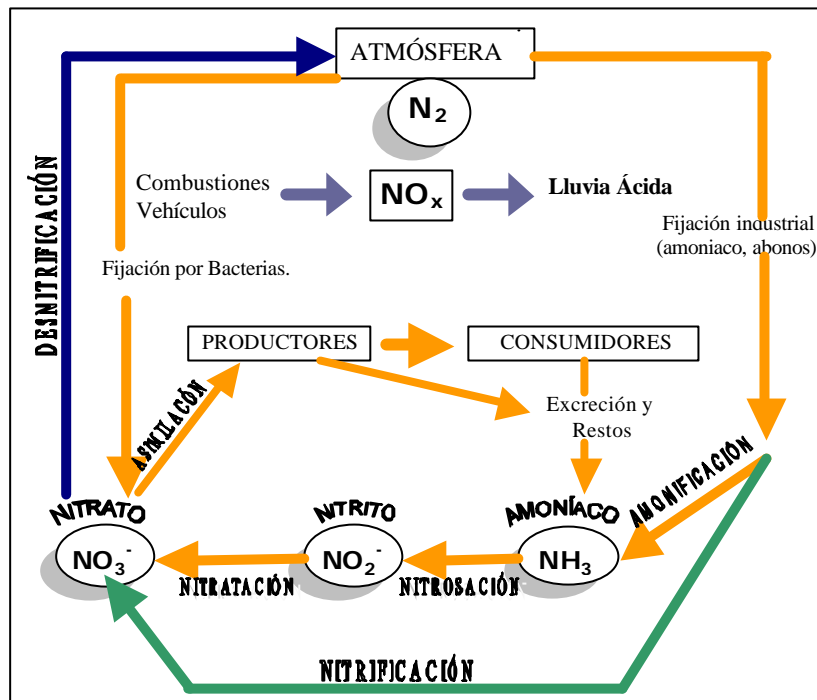


Figura 1. Ciclo biológico del nitrógeno

El ciclo del nitrógeno comprende básicamente seis procesos:

- *Fijación:* Es la fijación del N_2 atmosférico y su transformación en NH_3 por parte de bacterias fijadoras.
- *Asimilación:* En este proceso el NH_3 se amina en moléculas orgánicas. Las raíces de las plantas absorben el NO_3^- o el NH_3 que se formaron por fijación y nitrificación e incorporan el nitrógeno en proteínas y ácidos nucleicos vegetales. Cuando los animales se alimentan de vegetales, también asimilan nitrógeno. Cuando los organismos mueren, sus compuestos nitrogenados son degradados por microorganismos (bacterias y hongos) y convertidos en NH_3 .
- *Amonificación:* Es la liberación de NH_3 a partir de materia orgánica en descomposición, el NH_3 absorbe inmediatamente un H^+ de la solución del suelo o del aire para convertirse en NH_4^+ . El NH_3 producido por amonificación queda disponible una vez más para los procesos de nitrificación y asimilación.
- *Nitrificación:* El NH_3 es transformado en NO_3^- por las bacterias nitrificantes del suelo. El NO_3^- es la principal forma de nitrógeno absorbida por las plantas.
- *Reducción del nitrato:* Es la formación de NH_4^+ a partir de NO_3^- .

- **Desnitrificación:** Parte del nitrógeno es devuelto a la atmósfera por bacterias que convierten el NO_3^- (reducción) en N_2 gaseoso, este proceso se realiza en ausencia de oxígeno.

2.3 Micorrizas

El término micorriza proviene de la palabra griega myces-rhiza que significa “raíz de hongo” por lo cual se utiliza para hacer referencia a la asociación mutualista entre la raíz de una planta y el micelio de un hongo (Popoff, 2003).

Esta relación hongo-planta ha sido objeto de intensos estudios en el presente siglo, concentrándose especialmente en las últimas décadas, con lo que se ha podido determinar que las micorrizas son una parte integral de las plantas con un importante papel en el crecimiento y desarrollo vegetal (Pereira *et al*, 2001).

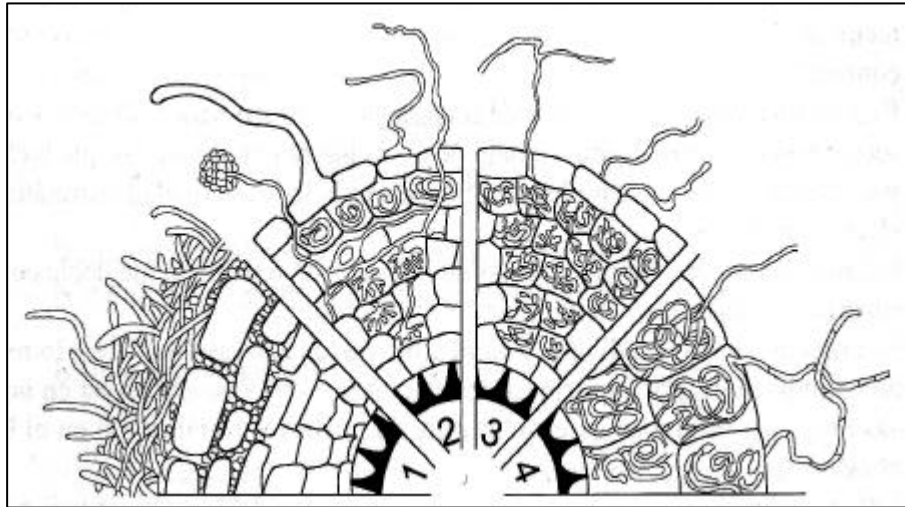
Este tipo de asociación es prácticamente universal, no sólo porque casi todas las especies vegetales son susceptibles de ser micorrizadas sino también porque puede estar presente en la mayoría de los hábitats naturales. Se estima que aproximadamente el 95% de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con determinados hongos del suelo (Hernández, 1999).

Esta asociación mutualista supone una relación beneficiosa para los dos organismos implicados y tanto el hongo como la planta se ven favorecidos por la asociación: el hongo coloniza la raíz de la planta y le proporciona nutrientes minerales y agua, que extrae del suelo por medio de su red externa de hifas, mientras que la planta suministra al hongo sustratos energéticos y carbohidratos que elabora a través de la fotosíntesis (Godoy y Mayr, 1989; Hernández, 1999).

La micorrización cumple los objetivos de aumentar la superficie de absorción de las raíces, protección contra patógenos, reducción de la respiración radical aumentando la vida útil de las raíces, aumento de la elongación radical y de la proliferación de ramificaciones por la emisión de reguladores de crecimiento, incremento en la relación parte aérea/raíz de la planta micorrizada y aumento de la supervivencia en terreno de las plántulas (Godoy y Mayr, 1989; Peñuelas y Ocaña, 1996).

La necesidad de micorrizar artificialmente surge para utilizar la capacidad de ésta simbiosis de producir material vegetal vascular o fúngico de posible aprovechamiento económico con beneficios añadidos claros en la futura explotación de la masa creada, así como también para ser usado como biofertilizante. La micorrización artificial debe mirar tanto a la planta huésped como al hongo para que no sea rechazada en terreno o pierda utilidad (Peñuelas y Ocaña, 1996).

La inoculación micorrízica es una técnica usada en el ámbito forestal para cultivar mejores plantas y/o colonizar mejor los terrenos.



Fuente: Steubing *et al*, 2002

Figura 2. Esquema de raíz con los principales tipos de micorrizas. 1) Ectomicorriza, 2) Arbuscular, 3) Orquideoide, 4) Ericoide.

Existen dos tipos principales de asociaciones micorrízicas que son más comunes, más extendidas y más conocidas, cada tipo se distingue sobre la base de la relación de las hifas del hongo con las células radicales del hospedador, estas son las micorrizas ectotróficas y las endotróficas.

2.3.1 *Micorrizas ectotróficas*

Las raíces ectomicorrizadas (Figura 2) se caracterizan porque el micelio del hongo cubre completamente las pequeñas raíces y la zona de los pelos radicales, formando el manto que comprende una gran parte del volumen de la raíz y que posee algunas conexiones a través de las hifas con el suelo que la rodea. Además, las ectomicorrizas crean una red de hifas interna (la “red Hartig”) que separa las células corticales entre sí, en donde existen intercambios de nutrientes entre los hongos y la raíz de la planta (Vojt *et al*, 1997).

En general estas micorrizas sobreviven durante cortos períodos de tiempo si no están sobre una raíz viva, su crecimiento es muy limitado y si el micelio vegetativo no encuentra enseguida una raíz, mueren (Hernández, 1999).

Las ectomicorrizas en general son bastante específicas, lo que quiere decir que una especie de hongo solo puede vivir con una o unas pocas especies de plantas, además pueden ser específicas al medio (suelo, clima, etc.) y en general pueden ser muy sensibles a las agresiones externas. Normalmente son fáciles de ver a simple vista ya que el manto es visible sobre todo en otoño y primavera, en casos extremos pueden formar una masa esponjosa en el sistema radical en el cual puede ser difícil distinguir una raíz individual (Hernández, 1999).

Normalmente las ectomicorrizas se presentan en ambientes en que los suelos tienen bajas cantidades de nitrógeno (N) o donde N está en el material detrítico, poco disponible a las plantas debido a la lenta descomposición (Vojt *et al.*, 1997).

Este tipo de micorrizas se presentan sólo en un 5% de todas las plantas vasculares, siendo comunes en las familias *Pinaceae*, *Betulaceae* y *Fagaceae*. Los hongos asociados a estas plantas son en general los conocidos hongos de sombrero, como “amanitas” y “boletos”, en su mayoría pertenecen a las clases *Basidiomycetes* y *Ascomycetes* (Schafer, 1988; Valenzuela, 1998).

2.3.2 Micorrizas endotróficas

Están formadas por la penetración del micelio en las células epidermales y corticales invadiéndolas completamente, sin la formación de un manto. Dentro de las células de la raíz las hifas forman vesículas, o bien se ramifican formando lo que se conoce como arbusculo. Las endomicorrizas son formadas por *Basidiomycetes*, *Ascomycetes*, y *Zigomycetes* (Donoso, 1994).

Este tipo de micorrizas son poco específicas, pueden infectar a un gran número de especies vegetales. Son menos sensibles a las agresiones externas que las ectomicorrizas, sus esporas germinan sin problema alejadas de raíces vivas y pueden crecer considerablemente sin contacto con una raíz, lo que les permite localizarlas y pueden vivir durante dilatados periodos (meses) sobre trozos de raíz (Hernández, 1999).

Las endomicorrizas más comunes son las tipo vesículo-arbuscular (VA), ya que esta simbiosis se encuentra en todos los climas que permiten el desarrollo vegetal sobre el planeta. Las características distintivas de las micorrizas VA son las vesículas y arbusculas que se producen dentro del tejido radicular (ver Figura 2). Estas micorrizas colonizan plantas cuando la disponibilidad de fósforo (P) es baja y son más comunes en zonas climáticas áridas y semiáridas donde los suelos tienen bajo contenido de materia orgánica (Vojt *et al.*, 1997).

El efecto más importante que producen las endomicorrizas en las plantas es un incremento en la absorción de nutrientes minerales del suelo, que se traduce en un mayor crecimiento y desarrollo de las mismas. La expansión del micelio externo del hongo por el suelo rizosférico es la causa principal de este efecto, permitiendo la captación de los nutrientes más allá de la zona de agotamiento que se crea alrededor de las raíces, por la propia absorción de la planta (Hernández, 1999).

El papel de la simbiosis es fundamental en la captación de elementos minerales de lenta difusión en los suelos, como los fosfatos solubles, el Zn y el Cu. La absorción de N y Ca también se favorecen con la micorrización, otros elementos como K y Mg se encuentran a menudo en concentraciones más altas en las plantas micorrizadas (Hernández, 1999).

2.3.3 Otros tipos de micorrizas

Las micorrizas Orquidaceas, son las terceras más importantes, corresponde a una asociación hongo-planta que puede establecerse en diferentes estadios de su ciclo de vida. Puede colonizar el embrión de una semilla o las raíces de una planta adulta. Los hongos que forman esta simbiosis pertenecen a los Basidiomycetes, los cuales forman enrollamientos dentro de las células del huésped (Riquelme, 1991).

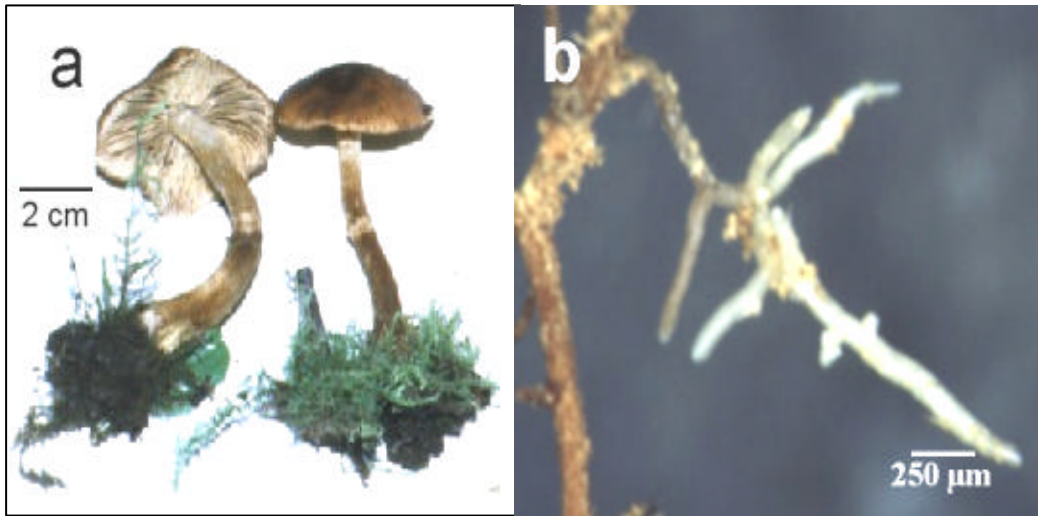
También existen las micorrizas Ericoides, las que se encuentran exclusivamente en plantas del orden Ericales. Son las más sencillas, el hongo coloniza las delgadas raíces terminales de las plantas, penetrando las hifas en las células para formar ovillos. Los hongos que forman esta simbiosis corresponden a los Ascomycetes, Deuteromycetes y en algunos casos a Basidiomycetes (Riquelme, 1991; Popof, 2003).

Las micorrizas Arbustoides (son poco comunes), poseen un manto externo junto con hifas que penetran a las células para formar ovillos. Este tipo de micorrizas la desarrollan hongos Basidiomycetes en huéspedes del orden Ericales con o sin carácter autótrofo (Riquelme, 1991; Popof, 2003).

Las micorrizas Monotropoides, se diferencian apenas por la forma de penetración de las hifas a las células radicales. Los hongos que participan en este tipo de micorrizas corresponden a los Basidiomycetes, encontrándose asociados con plantas de la familia Monotropaceae, cuya característica es la carencia de clorofila (Riquelme, 1991; Popof, 2003).

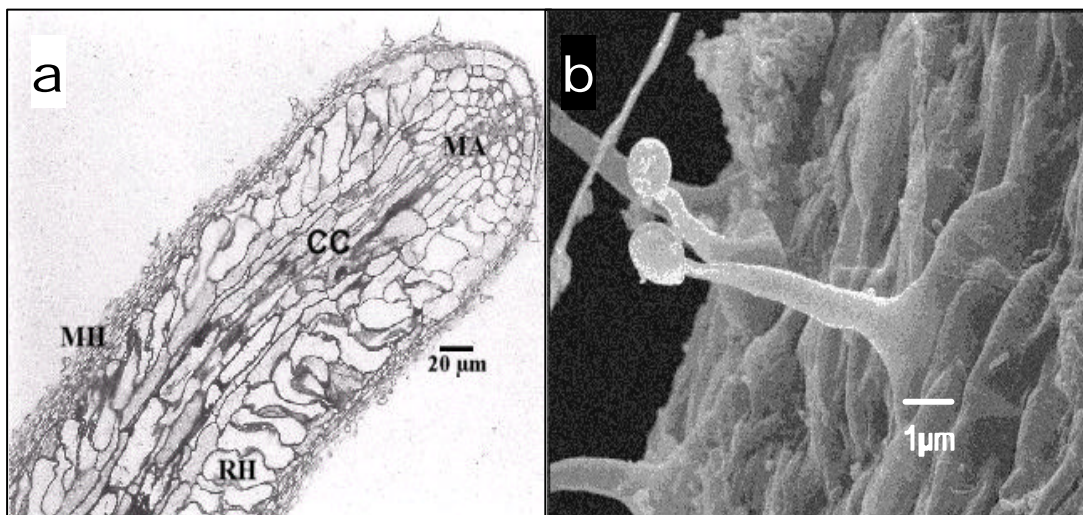
2.4 Distribución y ecología de *Descolea antarctica*

Esta especie pertenece al orden *Agaricales*, familia *Bolbitaceae*. Estudios realizados por Singer (1986), indican que *Descolea antarctica* es una especie ectomicorrízica (ver Figura 3), se puede desarrollar en suelos desnudos, sobre hojarasca, raramente sobre madera muerta, pero principalmente se puede encontrar en el suelo de bosques o por lo menos cerca de los árboles. Su área de distribución comprende la zona templada sur, Asia Oriental, los Himalayas y posiblemente el norte de África. En Chile se encuentra asociado a bosques de *Nothofagus spp.* Palfner (2001), señala que este hongo posee una distribución geográfica amplia y es encontrado en asociación con la mayoría de las especies chilenas de *Nothofagus* (Ver Figura 4), es común en lugares alterados (parques, viveros, orillas del camino, etc). Valenzuela (1998) indica que *D. antarctica* es una especie saprófita que fructifica en humus y restos leñosos de especies de *Nothofagus* o que establece micorrizas con *Fagaceas*, *Myrtaceas* y *Pinaceas*.



Fuente: Álvarez, 2001

Figura 3. Fotografías del hongo ectomicorrízico *Descolea antarctica*. a) Cuerpo fructífero. b) Sistema de la ectomicorriza en asociación con raíz de *Nothofagus obliqua*.



Fuente: Alvarez, 2001

Figura 4. Fotografías de la ectomicorriza *Descolea antarctica* en asociación con raíz de *Nothofagus obliqua*. **a)** Fotografía en microscopía óptica de un corte longitudinal de la ectomicorriza. Meristema apical (MA), manto o cubierta de hifa (MH), red de Hartig (RH), cilindro central (CC). **b)** Fotografía en microscopía electrónica de barrido de un Cistidio fúngico..

2.5 Parámetros morfológicos utilizados en la evaluación de la calidad de las plantas

Las características morfológicas son los atributos físicos o visuales más fáciles de controlar y medir que las características fisiológicas, es por ello que tradicionalmente han sido utilizados para especificar la calidad de las plántulas (González, 1993).

Los principales factores que afectan la calidad de las plántulas hasta el momento de su extracción del vivero o invernadero para su establecimiento definitivo en terreno son: constitución genética de las semillas (tamaño, variabilidad, germinación), características del sitio (clima, el suelo y fertilidad del vivero), métodos de producción de las plántulas (raíz desnuda, container), época de siembra, espaciamiento y duración del período de crecimiento, edad de las plántulas, época de extracción, métodos de acondicionamiento, control de malezas y control fitosanitario (Strauch, 2001).

La calidad de las plántulas puede ser evaluada utilizando varias técnicas o procedimientos, con la finalidad de predecir la supervivencia y crecimiento de estas. Entre los indicadores de calidad comúnmente usados, se encuentran el diámetro del cuello, altura o largo del tallo, peso seco aéreo y radicular, largo raíz, relación tallo/raíz, relación diámetro del cuello/altura y cociente de vigorosidad (González, 1993).

2.5.1 Altura o largo del tallo

La altura de la plántula se expresa en centímetros y se mide desde el cuello hasta la base de su ápice. Esto varía según la especie, procedencia de la semilla y clase de edad, así como también esta variable se encuentra asociada a la calidad del sitio, debido a la interacción genotipo-ambiente, por lo que se generan variaciones en el crecimiento y tamaño de las plántulas (Strauch, 2001).

La altura es un reflejo de la cantidad de follaje, y éste se encuentra altamente correlacionado con la capacidad fotosintética y con el área de transpiración de las plántulas. En la predicción de calidad esto podría sugerir una buena correlación con el crecimiento, pero una impredecible relación con la supervivencia, especialmente en sitios secos (González, 1993).

2.5.2 Diámetro del cuello

El diámetro de cuello (DAC), corresponde a la medida tomada a nivel del cuello expresada en milímetros, y se define como la zona donde se produce una clara diferenciación de color entre el tallo y la raíz. El DAC es considerado como el mejor predictor individual de supervivencia y crecimiento de las plantas en terreno (Strauch, 2001), por lo tanto, las plántulas con un gran diámetro de cuello tienen mayor éxito en la plantación y generalmente están asociadas a un mayor sistema radicular y follaje, esto se traduce en mayores reservas de alimentos junto a una alta capacidad fotosintética que plántulas de menores DAC (González, 1993).

2.5.3 *Largo de la raíz*

El largo de la raíz es medido desde el cuello de la plántula hasta el extremo de la raíz principal y se expresa en centímetros. En la primera etapa de desarrollo de las plántulas, requieren de abundante agua para la formación de un buen sistema radicular el cual es un factor muy importante para la supervivencia y para un buen crecimiento inicial en terreno (Strauch, 2001).

El establecimiento de las plantas depende de la tasa a la cuál las raíces son capaces de explorar y utilizar su nuevo medioambiente, aunque la raíz es tan importante como el tallo en determinar el crecimiento y supervivencia de las plántulas, no existe una medición cuantitativa que sea totalmente satisfactoria (González, 1993).

2.5.4 *Peso seco del tallo y raíz*

Las mediciones del peso son usadas generalmente para evaluar la satisfactoriedad de un lote de plántulas que para evaluar plántulas individuales, el peso seco es utilizado para calcular índices de calidad y la relación tallo/raíz (González, 1993).

Existe una alta correlación entre el peso seco y el diámetro del tallo en muchas especies, por lo cual tiene una estrecha relación con la supervivencia y crecimiento de las plántulas en terreno. Una plántula de buena calidad sería aquella de mayor peso, para producir el mayor crecimiento mientras tenga un buen balance entre el diámetro del tallo y volumen de raíces necesario para poder sobrevivir en terreno (González, 1993).

2.6 Índices morfológicos utilizados en la evaluación de calidad de las plantas

Existen distintos índices morfológicos para evaluar la calidad de las plántulas, los cuales combinan dos o más parámetros morfológicos. Ellos son generalmente diseñados para describir un atributo abstracto de una plántula y para determinar la importancia relativa de la combinación de los parámetros morfológicos en un índice que exprese más estrechamente el funcionamiento de terreno de algún parámetro individual (González, 1993).

2.6.1 *Relación tallo-raíz*

Esta relación es considerada como una medición del balance entre el área de transpiración y el área de absorción del agua de una plántula, mientras mayores son los aportes del tallo en cuanto a biomasa total, más desbalanceada se presentará la planta, teniendo por lo tanto, una menor probabilidad de supervivencia en terreno (Strauch, 2001).

Una relación tallo/raíz baja puede indicar una buena supervivencia y buen potencial de crecimiento en terreno (González, 1993).

2.6.2 Relación diámetro del cuello/altura

Esta relación ha sido de gran valor en la corrección del tamaño de las plántulas y la predicción de supervivencia en terreno, esto es de gran importancia para determinar el momento cuando las plántulas comienzan a alargarse y pierden el balance (González, 1993).

La relación óptima para plantas que serán llevadas a terreno es de 1:66, para la obtención de relaciones más estrechas y con ello plantas de mejor calidad (Strauch, 2001). El problema que puede tener la determinación de este índice es que el peso radicular no es un buen indicador de la habilidad del sistema radicular para proveer de aguas y nutrientes a la plántula (González, 1993).

2.6.3 Cuociente de vigorosidad

El vigor de las plántulas está definido como la relación entre la altura de la planta en centímetros y su diámetro de cuello en milímetros. Por consiguiente, los factores que afectan a estas variables pueden afectar su vez la vigorosidad de las plántulas (Strauch, 2001).

Este índice es considerado como la medida más útil para evaluar la calidad de las plántulas y un buen indicador de la habilidad que éstas poseen para soportar daños físicos (González, 1993).

2.6.4 Índice de calidad de Dickson

Este índice ha sido utilizado exitosamente para seleccionar las plántulas plantables de las no plantables y también, para reflejar el éxito de la plantación de varios tipos de material (González, 1993).

$$\text{Índice de calidad} = \frac{\text{Peso seco Total (g) por plántula}}{\frac{\text{Altura total (cm)}}{\text{Diámetro cuello (mm)}} + \frac{\text{Peso seco tallo (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}} \quad [1]$$

2.6.5 Índice de calidad de Ritchie

Este índice ha sido utilizado por distintos autores como Carvallo (1996), Cárcamo (2000), Zúñiga (1999) para evaluar la calidad de la planta que será llevada a terreno desde el invernadero o vivero. Este índice considera tanto el peso fresco como el peso seco del tallo y raíces, además del largo del tallo y diámetro del cuello de la plántula.

$$\text{Índice de calidad} = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Largo tallo (cm)}}{\text{Diámetro cuello (cm)}} + \frac{\text{Peso fresco tallo (g)}}{\text{Peso fresco raíz (g)}}} \quad [2]$$

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Producción de plántulas de *Nothofagus obliqua*

Las semillas de *Nothofagus obliqua* utilizadas en los ensayos fueron colectadas en el fundo "La Colonia" en la localidad de Lautaro, IX región, durante la temporada 2003, presentaban un 60% de pureza y un 80% de capacidad germinativa.

A 10 g de semillas de roble se les aplicó el test de flotación en agua destilada durante 24 h (remojo en agua, para seleccionar las semillas viables). Posteriormente, para romper la latencia endógena las semillas fueron mantenidas 24 h en ácido giberélico a 200 ppm (en un matraz de 500 mL se agregaron 0,02 g de ácido giberélico disueltos en 100 mL de agua). Pasado este tiempo, las semillas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1% durante 30 seg (se depositaron 0,5 mL de hipoclorito de sodio en un matraz de 500 mL y se enrasó con agua destilada), finalmente las semillas fueron lavadas con agua destilada.

Sobre papel secante se colocaron ordenadamente 25 semillas por placa Petri, hasta completar un total de 600 semillas, que fueron incubadas en una estufa a 25°C, controlando diariamente la humedad y germinación.

Las semillas pregerminadas con una radícula mayor a 0,5 cm fueron trasladadas a bandejas con suelo natural previamente esterilizado en autoclave. Para evitar pérdidas de plántulas por *Damping-off* se aplicó el fungicida Pomarsol Forte en pre-emergencia a una dosis de 0,2 g/m² de suelo (disuelto en 200 mL de agua destilada) y en postemergencia con una dosis de 0,1 g/m² de suelo. Además en postemergencia se aplicó el fungicida Captan a una dosis de 0,25 g/m² de suelo. Luego las bandejas fueron depositadas por 4 semanas en una cámara de crecimiento a 22° C y un fotoperíodo de 14 h luz/10 h oscuridad, hasta lograr el desarrollo de plántulas de a lo menos 2 hojas primordiales y un sistema radicular que asegure el desarrollo de la planta.

Paralelamente fueron preparados los maceteros de 1L de capacidad a los cuales se les agrego 50 mL de vermiculita en la base y sobre esto se adicionó el suelo esterilizado. Posteriormente se seleccionaron 245 plántulas de acuerdo a la homogeneidad de tamaño y forma, siendo trasladadas al invernadero para el inicio de los ensayos experimentales.

3.2 Sustrato utilizado

Para el cultivo de las plántulas en invernadero, se utilizó como sustrato suelo trumao original de un bosque de *Nothofagus obliqua*, ubicado en el Valle Longitudinal de la provincia de Valdivia, localidad de Paillaco (39°48'S - 73°14'O). El suelo trumao presenta un uso anterior de explotación del bosque, su posterior quema y ramoneo.

Mediante análisis químico realizado con anterioridad a los primeros 20 cm del suelo, se determinaron las características que se muestran en el Cuadro 1. Este horizonte del suelo fue utilizado en los ensayos experimentales en invernadero.

Cuadro 1. Características químicas de lo primeros 20 cm del suelo

Profundidad (cm)	Reacción del suelo (pH)		Ct %	Nt %	Relación C/N	P Olsen	Al (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
	H ₂ O	KCl									
0-24	6,0	5,3	11,2	0,8	13,7	3,2	2080	71	142	3290	462

Ct: Carbono total; Nt: Nitrógeno total

El pH del suelo es considerado como ácido, los valores del pH KCl (5,3) es menor al pH H₂O (6,0), lo que indica un predominio de cargas negativas. El C total es 11,2% y el N total es 0,8%, lo cual es considerado alto. La relación C/N de 13,7 es baja debido a la alta cantidad de nitrógeno existente.

Nutricionalmente el suelo posee una baja cantidad de P y una muy alta concentración de Al (2.080 ppm), esto puede provocar problemas en el desarrollo de las raíces debido a la alta toxicidad del Al. El Ca en una concentración de 3.290 ppm y el Mg con 462 ppm se encuentra en cantidades consideradas altas. El K se encuentra en un rango medio con 142 ppm, para el Na, su concentración de 71 ppm es considerada baja.

3.3 Esterilización del suelo

El suelo utilizado tanto en la germinación de las semillas como en los ensayos experimentales en invernadero fue previamente secado y tamizado para eliminar raíces, hojarasca y piedras, posteriormente fue levemente humedecido y puesto dentro de bolsas plásticas para su esterilización en autoclave a 121° C y 1 atm de presión durante 50 min.

3.4 Cultivo del hongo Micorrizógeno

El hongo *Descolea antarctica* Singer fue seleccionado para ser utilizado en este trabajo por que es común encontrarlo asociado con *Nothofagus*, es altamente micorrizógeno y su micelio es relativamente fácil de obtener y masificar en laboratorio.

Etapas del cultivo y obtención del inóculo para los ensayos de micorrización:

- A partir de tubos de cepario que contenían un cultivo del hongo *Descolea antarctica* se extrajo micelio y se depositó en el centro de una placa Petri que

contenía agar malta al 2%. Las placas sembradas se incubaron a 25° C por 4 semanas.

- Granos de trigo previamente lavados y cocidos (durante 15 minutos) se mezclaron con carbonato de calcio (2 g de CaCO_3 / 3 kg de trigo). Se prepararon botellas de 1L de capacidad, a las cuales se les agregaron 500 g de granos de trigo tratados como se señaló, las botellas se taparon con algodón hidrófobo envuelto en gasa y se cubrió el algodón con papel de envolver atándolo con un hilo. Luego las botellas conteniendo los granos de trigo se esterilizaron en autoclave a 121°C y 1 atm de presión durante 20 min.
- Desde las placas Petri donde se ha desarrollado la colonia de *D. antarctica*, con un sacabocado de 1,5 cm de diámetro se extrajeron 3 discos, estos fueron depositados en forma equidistante en el interior de cada botella que contenía los granos de trigo estériles. Luego las botellas se taparon e incubaron a 23° C en una cámara de cultivo por un mes, para que se masificara el micelio.

Una vez masificado el micelio en las botellas, este fue retirado y homogeneizado, se aplicaron 10 granos de trigo (colonizados por el micelio del hongo) por plántula al momento de ser transplantadas a los maceteros. Estos granos fueron distribuidos de forma homogénea cerca de la raíz de la plántula para asegurar una rápida inoculación y sobrevivencia del micelio.

3.5 Diseño experimental

El diseño experimental es completamente aleatorio, conteniendo un total de 30 plántulas por tratamiento. En los ensayos (Cuadro 2) se consideraron tres testigos más cuatro tratamientos, la variación entre testigos fue la aplicación de dos dosis de fertilizantes (testigo 1 sin fertilización, testigo 2 con fertilización $F_1=100$ kg/ha de “Super Nitro”, y testigo 3 con fertilización $F_2=300$ kg/ha de “Super Nitro”), la variación entre tratamientos fue la combinación de dos niveles de fertilización nitrogenada ($F_1=100$ kg/ha de “Super Nitro”, $F_2=300$ kg/ha de “Super Nitro”) con dos cepas del hongo ectomicorrízico *D. antarctica*.

Se realizó un control y ataque de insectos o caracoles a través de insecticidas y cebos respectivamente para evitar un eventual daño a las plantas durante la permanencia en el invernadero. Igualmente se realizó con control del riego tanto en cantidad como en periodicidad, para evitar problemas de exceso o falta de agua.

Cuadro 2. Caracterización de los distintos ensayos a realizar

Ensayos		Descripción
Testigos	1	Suelo + plántulas de <i>Nothofagus obliqua</i> .
	2	Suelo + plántulas de <i>Nothofagus obliqua</i> + fuente de nitrógeno (max. Conc. a la que creció la cepa del hongo, F ₁ =100 kg/ha de "Super Nitro")
	3	Suelo + plántulas de <i>Nothofagus obliqua</i> + fuente de nitrógeno (concentración de vivero, F ₂ =300 kg/ha de "Super Nitro")
Tratamientos	A	Suelo + plántulas de <i>Nothofagus obliqua</i> + fuente de nitrógeno (F ₁) + cepa 1 del hongo micorrízico
	B	Suelo + plántulas de <i>Nothofagus obliqua</i> + fuente de nitrógeno (F ₂) + cepa 1 del hongo micorrízico.
	C	Suelo + plántulas de <i>Nothofagus obliqua</i> + fuente de nitrógeno (F ₁) + cepa 2 del hongo micorrízico.
	D	Suelo + plántulas de <i>Nothofagus obliqua</i> + fuente de nitrógeno (F ₂) + cepa 2 del hongo micorrízico

3.6 Fertilización

Se aplicaron dos concentraciones distintas del fertilizante "Super Nitro" compuesto por "nitrógeno" al 25% y sodio al 18%. La primera concentración de 100 kg/ha (F₁), corresponde a la máxima concentración a la cual creció el hongo *D. antarctica* en una parcela fertilizada (con nitrato de amonio) ubicada en un bosque de *N. obliqua* en la depresión intermedia de la provincia de Valdivia, comuna de Paillaco. La segunda concentración es la utilizada comúnmente en viveros y correspondiente a 300 kg/ha (F₂).

A nivel de maceteros la primera concentración de fertilizante (F₁) corresponde a 0,05 g/macetero dividido en dos dosis (0,025 g c/u, disueltas en 30 mL de agua destilada), la primera dosis se aplicó a las 4 semanas de realizada la inoculación y la segunda a 8 semanas. La aplicación de la segunda concentración de fertilizante (F₂) correspondiente a 0,15 g/macetero dividida en dos dosis (0,075 g c/u, disuelta en 30 mL de agua destilada) fue realizada en forma paralela a la aplicación de F₁.

3.7 Evaluación del ensayo

Después de 13 semanas de haber iniciado los ensayos en invernadero, la totalidad de las plántulas fueron retiradas cuidadosamente de los maceteros y se midieron las siguientes variables morfológicas:

- Número de hojas: Se contaron por plántulas en forma manual, independiente de su estado (verdes o secas).
- Sanidad: Se asignó una categorización para determinar el estado sanitario de los ensayos, en forma visual se evaluaron las plántulas asignándose tres categorías. Sanidad 1 (hojas completamente verdes, sin defectos en su coloración, sanidad 2 (hojas con algún tipo de clorosis o necrosis, parcial o total) o sanidad 3 (más del 50% con respecto al total de las hojas por plántula presenta clorosis o necrosis total de sus hojas).
- Forma: Se asignó una categorización para determinar la forma que presentaban las plántulas en los distintos ensayos, en forma visual se evaluaron las plántulas asignándose tres categorías. Forma 1 (plántula monopódica y tallo recto), forma 2 (plántula monopódica, pero con leve inclinación o torcedura del tallo) o forma 3 (plántula con tallo fuertemente bifurcado, sin un ápice principal claramente definido).
- Diámetro del cuello (mm): Medida tomada a nivel del cuello, el cual fue definido como la zona donde se produce una clara diferenciación de color entre el tallo y la raíz. Este fue determinado con ayuda de un micrómetro de 0,05 mm de precisión.
- Altura o largo del tallo (cm): Medida tomada desde el cuello hasta la base del ápice de la planta, fue determinada con una regla graduada, expresando sus valores en centímetros.
- Largo de la raíz: Medida tomada desde el cuello de la planta hasta la punta de la raíz principal, fue determinada con una regla graduada, expresando sus valores en centímetros.
- Peso fresco tallo y raíz: Medida obtenida separando la parte aérea de la radicular y pesando posteriormente en una balanza de precisión, expresando sus valores en gramos.
- Peso fresco total: Medida obtenida de la suma del peso fresco del tallo y peso fresco de la raíz.
- Peso seco del tallo y raíz: Medida obtenida tras poner en una bolsa de papel la parte aérea y radicular de la plántula, posteriormente son puestas en una estufa a 60° C por 24 h, hasta obtener un peso constante, siendo pesadas a continuación en una balanza de precisión, expresando sus valores en gramos.
- Peso seco total: Medida obtenida de la suma del peso seco del tallo y el peso seco de la raíz

Con los valores obtenidos se estimaron los siguientes índices morfológicos:

- Relación largo tallo/ largo raíz: Medida obtenida del cociente entre el largo del tallo (LT) en cm y el largo de la raíz (LR) en cm.
- Relación diámetro del cuello/largo del tallo: Medida obtenida del cociente entre el diámetro del cuello (DAC) en mm y el largo de la raíz (LR) en cm.
- Cociente de vigorosidad: Medida obtenida del cociente entre el largo del tallo (LT) en cm y el diámetro del cuello (DAC) en mm.
- Relación peso seco tallo/ peso seco raíz: Medida obtenida del cociente entre el peso seco del tallo (PST) en g y el peso seco de la raíz (PSR) en g.
- Índice de calidad de las plantas según Dickson. Medida resultante del cociente entre el peso seco total de la planta y la suma de las relaciones largo del tallo/diámetro del cuello y peso seco tallo/peso seco raíz.
- Índice de calidad de las plantas según Ritchie: Medida resultante del cociente entre la suma del peso seco del tallo y el peso seco de la raíz de la planta y la suma de las relaciones largo del tallo/diámetro del cuello y peso fresco tallo/peso fresco raíz.

Además se realizó una clasificación de calidad utilizando criterios de sanidad y forma. Una vez realizadas la asignación de sanidad y forma a cada plántula evaluada en los distintos ensayos se procedió a realizar una clasificación de calidad según la combinación de estos criterios.

Cuadro 3. Matriz de clasificación de calidades según relación Sanidad/Forma

SANIDAD	FORMA			
	Códigos	1	2	3
1	1	Calidad 1	Calidad 1	Calidad 2
2	2	Calidad 2	Calidad 2	Calidad 3
3	3	Calidad 3	Calidad 3	Calidad 3

El Cuadro 3 muestra una matriz de clasificación de calidad según la combinación de las categorías de sanidad y forma, una Calidad 1 (considerada como buena) es el resultado de la combinación entre una sanidad 1 y una forma 1 o 2, una Calidad 2, (considerada como regular) es el resultado de una sanidad 2 y una forma 1 o 2 o 3, finalmente una Calidad 3 (considerada como mala) es el resultado de la combinación de una sanidad 2 con una forma 3 o una sanidad 3 con una forma 1 o 2 o 3.

3.8 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó usando el Test de ANOVA con un nivel de confianza del 95% y la discriminación de los mejores tratamientos se obtuvo a través del Test de Tukey, con un nivel de significancia de $p \leq 0,05$.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En los Cuadros 4, 5 y 6 se muestran los resultados de los parámetros e índices morfológicos determinados para la totalidad de las plántulas de *Nothofagus obliqua* controles y sometidas a los distintos tratamientos realizados en invernadero.

En el Cuadro 4, se indican los valores medios para el número de hojas, diámetro del cuello, largo del tallo y raíz para un total de 30 plántulas de *N. obliqua* por testigos y tratamientos.

Cuadro 4. Valores promedios determinados para los parámetros morfológicos obtenidos en plántulas de *Nothofagus obliqua* testigos y sometidas a tratamientos.

Ensayos		Número de Hojas	Parámetros morfológicos			
			DAC (mm)	Largo (cm)		
				Tallo	Raíz	Total *
Testigos	1	17 a	1,933 a	15,497 a	10,497	25,993 a
	2	9 bdef	1,595 b	10,483 b	9,457	19,940 b
	3	6 bde	1,567 b	9,670 b	9,010	18,680 b
Tratamientos	A	9 bdef	1,559 b	10,260 b	9,143	19,403 b
	B	11 bcdef	1,600 b	12,863	9,673	22,537
	C	14 ac	1,721 b	12,987	9,070	22,057
	D	12 bcdf	1,584 b	12,750	9,697	22,447

1= suelo natural + plántulas de roble; 2= suelo natural + plántulas de roble + fertilización 100 kg/ha de "Super Nitro"; 3= suelo natural + plántulas de roble + fertilización 300 kg/ha de "Super Nitro"; A= suelo natural + plántulas de roble + cepa 1 *D. antarctica* + fertilización 100 kg/ha de "Super Nitro"; B= suelo natural + plántulas de roble + cepa 1 *D. antarctica* + fertilización 100 kg/ha de "Super Nitro"; C= suelo natural + plántulas de roble + cepa 2 *D. antarctica* + fertilización 100 kg/ha de "Super Nitro"; D= suelo natural + plántulas de roble + cepa 1 *D. antarctica* + fertilización 300 kg/ha de "Super Nitro". DAC: Diámetro del cuello, * = Largo tallo + Largo raíz. Los valores corresponden a la media de n = 30, los valores con letra distinta en la columna difieren significativamente. (Test de Tukey-HSD, $p=0,05$).

Como se observa en el Cuadro 4, el mayor número de hojas se determinó para las plántulas de roble del testigo 1 (promedio de 17) y el menor número de hojas se determinó para las plántulas del testigo 3 (promedio de 6), esto representa una diferencia de un 63%. Al comparar únicamente los tratamientos, el tratamiento C poseía el mayor número de hojas con un promedio de 14 y el tratamiento A poseía el menor promedio de número de hojas por plántulas con tan solo 9, esto hace una diferencia de un 40 %. Al realizar el análisis de varianza para un nivel de confianza del 95%, se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre los ensayos, por lo que fue necesario aplicar el test de comparaciones múltiples de Tukey. El test reveló la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el testigo 1 con respecto al testigo 2, testigo 3, tratamiento A, B y D. Para el tratamiento C se determinaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al testigo 2, testigo 3 y el tratamiento A. finalmente para el testigo 3 se determinaron diferencias estadísticamente significativas con el tratamiento D.

Al realizar el análisis de varianza para un nivel de confianza del 95% a la variable DAC, se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre los ensayos,

por lo cual fue necesario aplicar el test de comparaciones múltiples de Tukey. El test reveló la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el testigo 1 con respecto al testigo 2, testigo 3, tratamiento A, B, C y D. Al analizar los promedios del diámetro del cuello (DAC) se puede observar que el testigo 1 presentó un valor significativamente mayor (1,93 mm) que el resto de los ensayos. Para el tratamiento A se determinó el menor promedio DAC (1,559 mm). Al compara sólo los tratamientos, el mejor promedio se determinó para el tratamiento C, con una media de 1,721 mm, pero es un 11% más bajo que el determinado para el testigo 1.

Carvallo (1996), en un ensayo de inoculación simple y combinada de plántulas de *Nothofagus obliqua* con *Pisolithus tinctorius* y *Laccaria laccata* en vivero, durante un período de 4 meses, obtuvo un DAC de 2,35 mm para sus plántulas testigo y de 5,58 mm para su mejor tratamiento. Carrillo (2001), en ensayos de cultivo de plántulas de *Nothofagus obliqua* en invernadero (6 meses) fertilizadas, obtuvo un DAC promedio para su plántulas testigo de 1,86 mm y para su mejor tratamiento un DAC de 2,26 mm. Jaramillo (1994), en un estudio sobre el efecto de insecticidas en plántulas de roble en vivero durante 6 meses, obtuvo valores que fluctuaron entre 4,1 y 5,8 mm. Strauch (2001), realizó ensayos para roble en vivero en un período de 6 meses obteniendo valores que oscilaron entre 2,8 y 10,3 mm, con un promedio de 6,23 mm.

En lo que respecta a la variable largo de tallos, se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre el testigo 1 con respecto a los testigos 2, 3 y el tratamiento A. Como se observa en el Cuadro 4, la mayor altura promedio se registró para las plántulas del testigo 1 (15,497 cm) y la menor altura de tallo se presentó en el testigo 3 (9,670 cm). Al analizar sólo los tratamientos el que presentó mayor altura de tallo fue el tratamiento C (12,987 cm) y el que presentó menor altura es el tratamiento A (10,260 cm). Carvallo (1996) para plántulas de roble, alcanzó en esta variable un promedio de 17 cm para sus plántulas testigo y 57 cm para las plántulas de su mejor tratamiento. Strauch (2001) para plántulas de roble obtuvo valores que oscilaron entre los 21 cm y los 85,6 cm, con un promedio de 48,64 cm. Jaramillo (1994), logró para plántulas de roble largo de tallos que oscilaron entre 32,27 y 51,88 mm. En el presente estudio se esperaba una mayor influencia de la fertilización sobre el largo de tallos en las plántulas *Nothofagus obliqua*, principalmente porque el nitrógeno produce un aumento de la biomasa aérea (tallos y hojas), pero el mayor largo de tallo obtenido (1,93 mm) correspondió a plántulas sin fertilización (testigo 1).

Respecto a la variable largo de raíz, al realizar el análisis de varianza no se determinaron diferencias estadísticamente significativas por lo cual no fue necesario aplicar el test de Tukey, aún así, se puede indicar que el mayor promedio lo obtuvo el testigo 1 (10,497cm) y el promedio más bajo el testigo 3 (9,010 cm), esto representa una diferencia de un 14,2 %. Al analizar sólo los tratamientos, el mejor es el B con una media de 9,673 cm lo que representa un 7,8% más bajo en relación al testigo 1, el tratamiento C presenta la media más baja con 9,070 cm, existiendo una diferencia entre el tratamiento B y C de un 6,2%. Strauch (2001), obtuvo para plántulas de roble valores que oscilaron entre 10,30 cm y 20,70 cm, con un promedio de 17,73 cm. Al comparar con estudios realizados por Carvallo (1996), quien obtuvo para esta variable un promedio de 12 cm para sus plántulas testigo y 18 cm para las plántulas

de su mejor tratamiento, se puede advertir el poco desarrollo alcanzado en general por las plántulas en los ensayos en invernadero del presente trabajo, tanto para las testigos como las sometidas a tratamientos.

Como se muestra en el Cuadro 4, al analizar la altura total de las plántulas se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre el testigo 1 con respecto a los testigos 2, 3 y el tratamiento A. También como se observa en el Cuadro 4 el mayor promedio para la altura de las plántulas se determinó para el testigo 1 (25,993 cm) y el menor promedio fue para las plántulas del tratamiento A (19,403 cm), esto representa una diferencia de 25,4%. Al analizar únicamente los resultados de los tratamientos, se determinó que el mejor promedio correspondió al del tratamiento B (22,537 cm) que representa un 13,3 % más bajo en relación al testigo 1 y un 13,9 % más alto que el tratamiento A. Carvallo (1996) obtuvo para esta variable un promedio de 29 cm para las plántulas testigo y 75 cm para las plántulas de su mejor tratamiento.

En el Cuadro 5, se indican los valores medios para el peso fresco y seco para el tallo, raíz y total para un total de 30 plántulas de *N. obliqua* por testigos y tratamientos. Se puede observar que la variable peso fresco del tallo, el promedio de las plántulas del testigo 1 presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto al testigos 2, testigo 3, tratamiento A, tratamiento B y tratamiento D. Para el promedio de las plántulas del testigo 1, se registró el mayor peso fresco (0,733 g) y el promedio de las plántulas del testigo 3 registró el menor peso fresco (0,280 g) representando una diferencia de un 61,8%. Al comparar sólo los tratamientos el mejor corresponde al C (0,5 g), esto representa una diferencia de un 31,8% con respecto al testigo 1 y una diferencia de 38,6% con respecto al tratamiento A (0,307 g), que presentó el menor promedio entre los tratamientos. Al realizar los análisis estadísticos para los pesos secos de los tallos, se establecieron diferencias estadísticamente significativas entre el testigo 1 con respecto a el testigo 2, testigo 3, tratamiento C, tratamiento A y tratamiento B. El mayor peso seco del tallo se determino para el testigo 3 (media de 0,358 g) y el peso seco menor se suscitó para el tratamiento B (0,256 g), lo que representa una diferencia de un 28,2%. El tratamiento C alcanzó el mayor promedio (0,353 g) entre los tratamientos, representando una diferencia de un 27,5 % con respecto al tratamiento B.

En estudios semejantes, Carvallo (1996) obtuvo para plántulas de roble un peso fresco del tallo de 1,3 g para sus plántulas testigo y 13 g para las plántulas de su mejor tratamiento, para el peso seco del tallo obtuvo para plántulas testigo un promedio de 0,32 g y para las plántulas de su mejor tratamiento 3,46 g. Jaramillo (1994), logró para plántulas de roble valores de peso seco del tallo entre 1,59 y 4,48 g. Strauch (2001), obtuvo en estudios con plántulas de roble valores que oscilaron entre 0,22 y 9,43 g para el peso seco del tallo, con un promedio de 3,12 g.

Cuadro 5. Peso fresco y peso seco de plántulas de *Nothofagus obliqua* testigos y sometidas a tratamientos.

Ensayos		Parámetros morfológicos					
		Peso fresco (g)			Peso seco (g)		
		Tallo	Raíz	Total *	Tallo	Raíz	Total **
Testigos	1	0,733 a	0,390	1,123 acd	0,339 a	0,395 acd	0,451 a
	2	0,377 b	0,360	0,737	0,331 b	0,403	0,475
	3	0,280 b	0,400	0,680 bcd	0,358 b	0,442 bc	0,526
Tratamientos	A	0,307 b	0,330 a	0,637 bd	0,277 b	0,340	0,402 b
	B	0,383 b	0,337 a	0,720 bcd	0,256 b	0,309 abd	0,361
	C	0,500	0,567 b	1,067 abc	0,353	0,424	0,496
	D	0,447 b	0,387	0,833	0,347	0,420	0,493

1= suelo natural + plántulas de roble; 2= suelo natural + plántulas de roble + fertilización 100 kg/ha de "Super Nitro"; 3= suelo natural + plántulas de roble + fertilización 300 kg/ha de "Super Nitro"; A= suelo natural + plántulas de roble + cepa 1 *D. antarctica* + fertilización 100 kg/ha de "Super Nitro"; B= suelo natural + plántulas de roble + cepa 1 *D. antarctica* + fertilización 100 kg/ha de "Super Nitro"; C= suelo natural + plántulas de roble + cepa 2 *D. antarctica* + fertilización 100 kg/ha de "Super Nitro"; D= suelo natural + plántulas de roble + cepa 1 *D. antarctica* + fertilización 300 kg/ha de "Super Nitro". * = Peso fresco tallo + peso fresco raíz, **= Peso seco tallo + peso seco raíz. Los valores corresponden a la media de n = 30, lo valores con letra distinta en la columna difieren significativamente. (Test de Tukey -HSD, p=0,05).

Para la variable peso fresco raíz se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento C con respecto al tratamiento A y el tratamiento B. El mejor promedio se determinó para el tratamiento C (0,567 g) y el promedio más bajo lo poseía el tratamiento A (0,330 g), lo que representa una diferencia de 41,8%. Por su parte para el peso seco de la raíz se estableció que existen diferencias estadísticamente significativas entre el testigo 3 con respecto al testigo 1 y el tratamiento C. Se determinó que el testigo 3 presentó la media más alta (0,442 g) y el tratamiento B presentó la media más baja de los ensayos (0,309 g), lo que significa una diferencia de un 30,1%. El tratamiento C mostró el mejor promedio (0,424 g) entre los tratamientos, esto significa una diferencia de un 27,1% con respecto al tratamiento B.

Jaramillo (1994) obtuvo en un estudio realizado en plántulas de roble, valores que fluctuaron entre 0,74 y 149 g para el peso seco de la raíz. Strauch (2001), registró en plántulas de roble valores que oscilaron entre 0,52 y 4,69 g para el peso seco de la raíz, con un promedio de 1,85 g. Carvallo (1996), obtiene para el peso fresco de la raíz un promedio de 0,53 g para sus plántulas de roble testigos y 3 g para las plántulas de su mejor tratamiento, para el peso seco de la raíz consiguió para plántulas testigo un promedio de 0,1 g y para las plántulas de su mejor tratamiento 0,65 g. Schafer (1988), realizó un estudio de inoculación en presiembra de plántulas de *Nothofagus alpina* con tres especies ectomicorrízicas, obteniendo como resultado un mayor peso seco de la raíz de las plántulas inoculadas con *Laccaria laccata* con respecto al testigo.

Al analizar el peso fresco total (Cuadro 5), se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre el testigo 1, que presentó la media más alta de (1,123 g) y el tratamiento A, que obtuvo la media más baja (0,637 g), lo que significa una diferencia de un 43,3%. Además el testigo 1 también presentó diferencias

estadísticamente significativas con el testigo 3 (0,680 g) y el tratamiento B (0,720 g). Al analizar solo los tratamientos, se determinó que existen diferencias significativas entre el tratamiento C que presentó la media más alta (1,067 g) y el tratamiento A (0,637 g), lo que representa un diferencia de un 40,3% en el peso fresco total. En lo que respecta al peso seco total de las plantas solamente se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre el testigo 1, y el tratamiento A. Al comparar los promedios, el testigo 3 registró la media más alta (0,526 g) y el tratamiento B la más baja (0,361 g), esto representa una diferencia de un 31,4%. El tratamiento C presentó la media más alta (0,496) entre los tratamientos, presentando una diferencia de un 27,2% con respecto al tratamiento B (0,361 g).

Cuadro 6. Índices morfológicos obtenidos para las plántulas de *Nothofagus obliqua* testigos y sometidas a tratamientos.

Ensayos	Índices morfológicos									
	Relación					Cuociente vigorosidad	Índice Dickson		Índice Ritchie	
	LT/LR	DAC/LT	PST/PSR							
Testigos	1	1,535	1:78	1,998	a	7,774	0,022	a	0,0044	a
	2	1,117	1:65	0,908	b	6,521	0,021		0,0043	a
	3	1,128	1:61	0,748	b	6,198	0,023	a	0,0048	a
Tratamientos	A	1,159	1:66	0,817	b	6,600	0,017		0,0037	
	B	1,332	1:80	1,163	b	7,965	0,015	b	0,0029	b
	C	1,465	1:75	1,292	b	7,490	0,022	a	0,0042	a
	D	1,321	1:79	1,059	b	7,903	0,020		0,0039	

1= suelo natural + plántulas de roble; 2= suelo natural + plántulas de roble + fertilización 100 kg/ha de "Super Nitro"; 3= suelo natural + plántulas de roble + fertilización 300 kg/ha de "Super Nitro"; A= suelo natural + plántulas de roble + cepa 1 *D. antarctica* + fertilización 100 kg/ha de "Super Nitro"; B= suelo natural + plántulas de roble + cepa 1 *D. antarctica* + fertilización 100 kg/ha de "Super Nitro"; C= suelo natural + plántulas de roble + cepa 2 *D. antarctica* + fertilización 100 kg/ha de "Super Nitro"; D= suelo natural + plántulas de roble + cepa 1 *D. antarctica* + fertilización 300 kg/ha de "Super Nitro". LT/LR = Largo tallo/largo raíz, DAC/LT = Diámetro del cuello/Largo tallo, PST/PSR = Peso seco tallo/ Peso seco raíz. Los valores corresponden a la media de n = 30, los valores con letra distinta en la columna difieren significativamente. (Test de Tukey-HSD, p=0,05).

En el Cuadro 6, se presentan las medias por ensayos de los índices morfológicos. Al realizar el análisis de varianza para un nivel de confianza de un 95%, éste arrojó diferencias estadísticamente significativas en las relaciones Largo tallo/Largo raíz, Diámetro del cuello/Largo tallo y el Cuociente de Vigorosidad, por lo que fue necesario aplicar el test de comparaciones múltiples de Tukey, pero este no mostró diferencias significativas entre los ensayos.

Al realizar el análisis de los valores medios por variables, se tiene que en la relación Largo tallo/Largo raíz el promedio más alto lo posee el testigo 1 (1,535) y la media más baja la posee el testigo 2 (1,117), esto representa una diferencia de un 27,2%. Al analizar exclusivamente la media de los tratamientos, el mejor fue el tratamiento C con una media de 1,465 y el tratamiento con la media más baja correspondió al A (1,159). Al ser esta variable una relación entre el área de transpiración de la planta (biomasa aérea) y el área de absorción (biomasa radicular), se espera que el mejor ensayo sea el que posea la media más cercana al valor 1, que en este caso correspondió al testigo 2, y entre los tratamientos el mejor correspondió al A.

Al analizar los valores de la relación Diámetro del cuello/Largo del tallo, el valor más alto lo registró el tratamiento B, con una relación de 1:80, el valor más bajo lo presentó el testigo 3 con una relación de 1:61. Strauch (2001), indican que la relación óptima que debe existir para que una planta presente una buena calidad y por lo tanto una mejor sobrevivencia en terreno sería con un valor de 1:66, que en este caso lo poseía el tratamiento A.

En lo que respecta a la relación Peso seco tallo/Peso seco raíz, se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre el testigo 1, que pose el valor más alto (1,998) y el resto de los ensayos. El ensayo que presenta la relación más baja es el testigo 3 (0,817), produciéndose una diferencia de un 59,1% lo cual es bastante alto. Al analizar sólo los tratamientos no existieron diferencias estadísticamente significativas entre ellos, pero el mejor tratamiento correspondió al C, con una media de 1,292 y el peor correspondió al A, con una media de 0,817, lo cual significa una diferencia de un 36,8 % lo que es medianamente alto. Una planta de buena calidad debe presentar en esta relación un valor lo más cercano a 1, lo que indicaría un balance entre la biomasa aérea y radicular, en este caso correspondió al tratamiento D.

El cociente de vigorosidad indica la relación entre el Largo del tallo/Diámetro del cuello; como no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, se puede señalar que la media más alta la poseía el tratamiento B, con un valor de 7,965 y la media más baja la tenía el testigo 3, con un valor de 6,198, esto hace una diferencia de un 22,1%. Al analizar sólo los tratamientos, el de mayor valor corresponde al del tratamiento B y el de menor valor el tratamiento A (6,6). Como este cociente indica la diferencia entre la parte aérea de la planta y su diámetro del cuello el mejor cociente sería uno bajo, por lo tanto el testigo 3 sería el mejor, de esta forma las plantas presentarían una mejor habilidad para soportar daños físicos, principalmente durante el transplante. Strauch (2001), estimó para plantas de roble un cociente de vigorosidad igual a 7,92, lo cual no difiere significativamente con el cociente determinado en los ensayos para el mejor tratamiento (7,965).

Al analizar el Índice de Calidad de Dickson, el cual es una medida resultante del cociente entre el peso seco total de la planta y la suma de las relaciones largo del tallo/diámetro del cuello y peso seco tallo/peso seco raíz, se determinaron que existen diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento B, que presenta el índice más bajo (media 0,015) y los testigos 1-3 y el tratamiento C, pero entre estos no se registraron diferencias estadísticamente significativas. El índice más alto lo registró el testigo 3, con un valor de 0,023.

El Índice de Calidad de Ritchie, es la medida resultante del cociente entre el peso seco total de la planta y la suma de las relaciones largo del tallo/diámetro del cuello y peso fresco tallo/peso fresco raíz. Al analizar este índice se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento A con respecto a todos los testigos y el tratamiento C. El valor más alto se determinó para el testigo 3, con una media de 0,0048 y el valor más bajo lo registró el tratamiento B, con una media de 0,0029, presentándose una diferencia de 39,6 %. Carvallo (1996), obtuvo para

plántulas de roble testigo un índice de 0,02 y para las plántulas de su mejor tratamiento un promedio de 0,039.

Al comparar los dos índices de calidad (Dickson y Ritchie) y a pesar que se diferencian en la formula, ya que sólo uno considera el peso fresco (índice de Ritchie), los resultados finales coinciden en que la media más alta para ambos índices la posee el testigo 3.

Además de la determinación de los parámetros e índices morfológicos antes mencionados, se realizó una clasificación de calidad de las plántulas de *Nothofagus obliqua* testigos y sometidas a tratamientos, según criterios de sanidad y forma.

Para la clasificación según sanidad (Figura 5) se consideró el estado de las hojas, es decir, si presentaban algún tipo de clorosis o necrosis. Como resultado se obtuvieron tres categorías, sanidad 1 plántulas que poseían hojas completamente verdes, sin defectos en su coloración, sanidad 2 para plántulas que poseían hojas con algún tipo de clorosis o necrosis parcial o total, sanidad 3 para las plántulas que presentaban más del 50% de las hojas por plántula clorosis o necrosis total.

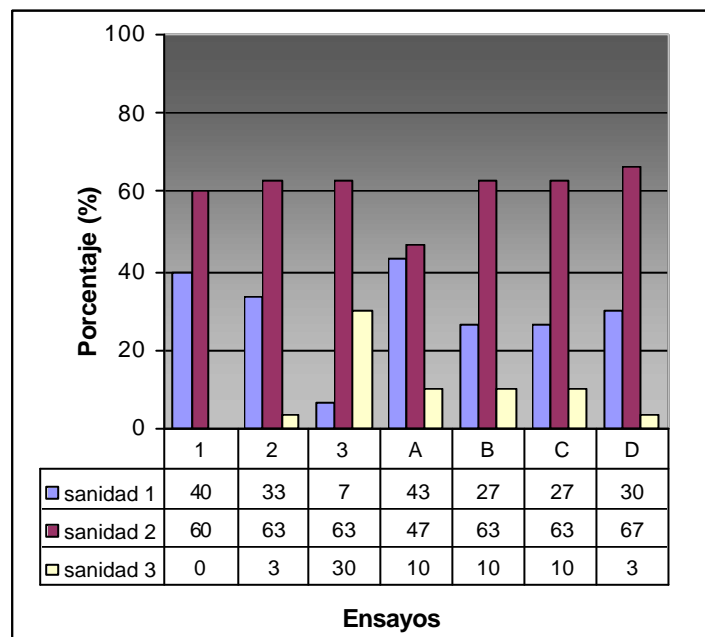


Figura 5. Porcentaje de plántulas de *Nothofagus obliqua* testigos y sometidas a tratamientos, por tipo de sanidad

En la Figura 5, se presenta el porcentaje de plántulas de *N. obliqua* para los distintos ensayos, según su clasificación de sanidad. Se observa que el tratamiento A presentó la mejor sanidad, con un 43% de sus plántulas en la categoría de sanidad 1. En sanidad 2 el ensayo que mostró mayor porcentaje de plántulas en esta

categoría es el tratamiento D (67 %). En sanidad 3, el ensayo que presentó mayor porcentaje de plántulas en esta categoría es el testigo 3 (30 %), por lo cual sería el ensayo que manifestó mayores problemas en sus hojas.

Para la clasificación según forma (Figura 6) se consideró el monopodismo y rectitud del tallo. Como resultado se obtuvieron tres categorías, forma 1 plántulas monopódicas y de tallo recto, forma 2 plántulas monopódicas pero con leve inclinación o torcedura del tallo, y forma 3 para las plántulas que presentaban un tallo fuertemente bifurcado, sin un ápice principal claramente definido.

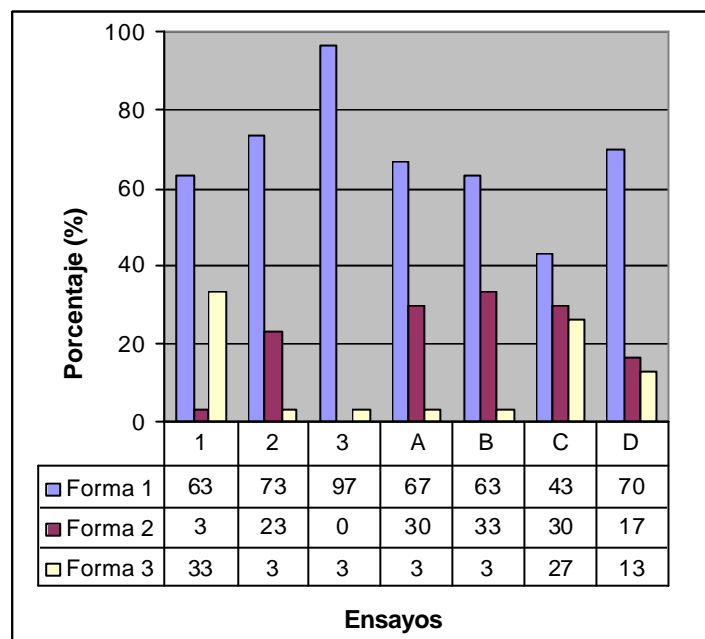


Figura 6. Porcentaje de plántulas de *Nothofagus obliqua* testigos y sometidas a tratamientos, por tipo de forma

En la Figura 6, se presenta el porcentaje de plántulas de *N. obliqua* para los distintos ensayos, según su clasificación de forma. Se puede señalar que para la forma 1 el mejor ensayo fue el testigo 3, al presentar 97 % de sus plántulas en esta categoría. Con forma 2, el tratamiento B presentó un 33% de sus plántulas en esta categoría. Finalmente para la clasificación de forma 3, el testigo 1 exhibió el mayor porcentaje de plántulas en esta categoría (33 %).

En la Figura 7, se presenta las clasificaciones por calidad según la combinación de los criterios de sanidad y forma, donde una Calidad 1 (Buena) es el resultado de la combinación entre una sanidad 1 y una forma 1 o 2, una Calidad 2 (Regular) es el resultado de una sanidad 2 y una forma 1 o 2 o 3, finalmente una Calidad 3 (Mala) es el resultado de la combinación de una sanidad 2 con una forma 3 o una sanidad 3 con una forma 1 o 2 o 3. En la clasificación de calidad se privilegia la sanidad por sobre la forma, debido a que importa más el estado de la plántula que su rectitud.

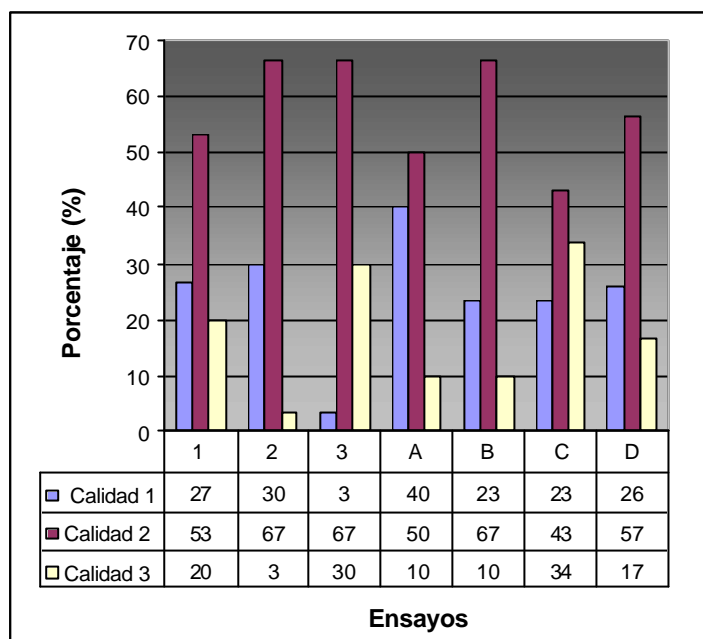


Figura 7. Porcentaje de plántulas de *Nothofagus obliqua* testigos y sometidas a tratamientos, por tipo de calidad.

Se puede observar (Figura 7), que las plántulas del tratamiento A presentaron la mejor calidad, ya que son las que tuvieron el mayor porcentaje en la calidad 1 (40%). Para la calidad 2, el testigo 2, testigo 3 y tratamiento B presentaron un 67 % de sus plántulas en esta categoría. Para la calidad 3, el tratamiento C presentó un 34% de sus plántulas en esta categoría. En general se puede decir que las plántulas del testigo 3, son las que mostraron mayores problemas, debido a que 97% de éstas se encuentran entre la calidad 2 y 3.

Los resultados presentados en los Cuadros 4, 5 y 6 no fueron lo esperado, debido a que en muchas variables morfológicas los testigos fueron superiores a los tratamientos, esto se pudo deber a la manifestación de un estrés sufrido por las plántulas, producto del trasplante desde las bandejas a los maceteros, lo cual afectó su establecimiento y posterior desarrollo en los distintos ensayos. Este problema se manifestó a las 4 semanas de iniciados los ensayos, advirtiéndose en las plántulas una necrosis parcial o total de sus hojas, hasta provocar la caída de algunas de ellas, esto afectó tanto a las plántulas testigos como sometidas a tratamientos. Posteriormente, a las 8 semanas de iniciado el ensayo se evidenció una recuperación progresiva, observándose un aumento en el largo del tallo y en el número de hojas de las plántulas testigos y sometidas a tratamientos.

La recuperación de las plántulas después del estrés afectó su forma, debido a la caída de sus hojas y estancamiento en su crecimiento, lo que afectó el buen desarrollo del ápice principal o yema apical, por lo cual mostraron un crecimiento parecido al que presentan algunas especies como respuesta ante el ramoneo

(Hawley y Smith, 1972). Produciéndose un aumento del número de “ramas” bajas o mayor desarrollo de una “rama” secundaria que pasa a ser el ápice principal (Figura 8-b)

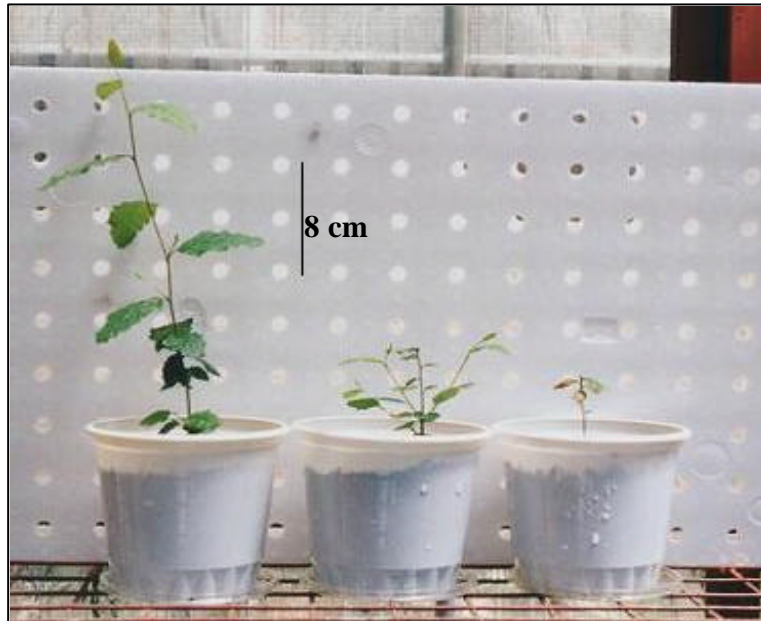


Figura 8. Fotografía de plántulas de *Nothofagus obliqua* presentes en los ensayos. a) Plántulas calidad 1, b) Plántulas con forma 3, c) plántulas que no se recuperaron del estrés.

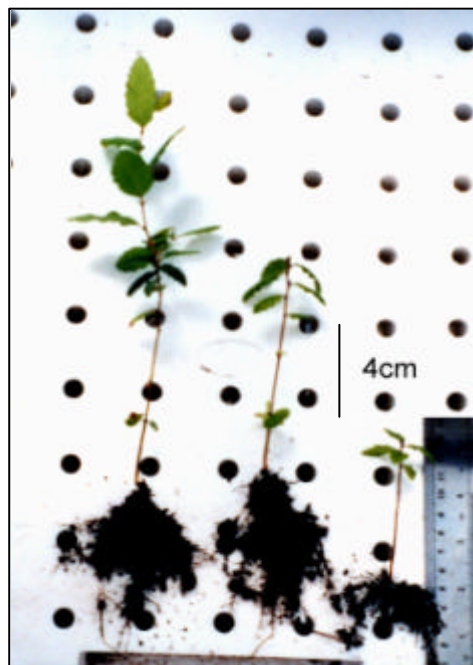


Figura 9. Fotografía de la diferencia en crecimiento observada entre las plántulas de *Nothofagus obliqua* presentes en los ensayos.

En las Figuras 8 y 9, se puede observar las diferencias en crecimiento que presentaron las plántulas, tanto dentro de los ensayos como entre los ensayos, como respuesta al estrés. Existieron plántulas que en sólo 4 semanas se recuperaron muy bien presentando un buen crecimiento y aumento en el número de hojas (figura 8-a), la mayoría de estas plántulas pertenecían al testigo 1. Otras plántulas al recuperarse presentaron algunos problemas en su forma, desarrollando gran cantidad de ramas sin presentar un ápice principal diferenciado (figura 8-b). También existieron plántulas que no se recuperaron del estrés sufrido, por lo cual no aumentaron el largo de sus tallo o el número de hojas, presentando una gran diferencia en tamaño con las que si b hicieron (Figura 8-c), gran parte de estas plántulas pertenecían al testigo 3.

En la figura 9, se observan las diferencias que presentaron las plántulas pertenecientes a los distintos ensayos, tanto en el largo del tallo como en el largo de las raíces. Existieron plántulas que desarrollaron más su biomasa aérea que la radicular, por el contrario existieron plántulas que desarrollaron más su biomasa radicular en comparación con su biomasa aérea.

En general, tampoco se observa una respuesta positiva de las plántulas a las distintas dosis de fertilización nitrogenada aplicada tanto en los testigos (2 y 3) como en los tratamientos, debido a que en la mayoría de los parámetros morfológicos fue superior el testigo 1 (suelo natural + plántulas de robles), esto se puede deber a que fue el primer ensayo en que se evidenció el estrés post-trasplante y el primero en recuperarse.

Para poder seleccionar la mejor cepa del hongo ectomicorrízico *D. antarctica*, se deben analizar los índices morfológicos, debido a que entregan una estimación de las plántulas que presentan un mayor balance entre el área de transpiración y la aérea de absorción. En este caso, para la relación Largo tallo/Largo raíz, Diámetro del cuello/Largo del tallo y Cuociente de vigorosidad la mejor cepa sería la 1. Para los índices de relación Peso seco tallo/Peso seco raíz, índice de Dickson e índice de Ritchie la mejor cepa sería la 2.

Dentro de los tratamientos, no se observó una mayor incidencia de las cepas del hongo *D. antarctica* aplicada en las plántulas de *N. obliqua*. Al realizar una revisión con lupa y microscopio a raíces de algunas plántulas sometidas a tratamientos, se observo la presencia del micelio del hongo y el desarrollo de cistidios en las raíces, pero en poca cantidad, esto evidencia por una parte que con el traslado de las plántulas desde las bandejas a los maceteros se vieron afectadas las formaciones de raíces cortas, las cuales son los que necesita el hongo para micorrizar, una vez recuperadas las plántulas casi a los 2 meses se pudo producir la micorrización por parte del hongo. Por tanto se necesitaría un mayor tiempo de espera para observar algún efecto del hongo sobre las plántulas, considerándose por lo menos unos 6 meses después de la inoculación.

También se advirtió durante el tiempo de desarrollo de los ensayos, una compactación del suelo de los maceteros, aumentando la humedad y reduciendo la aireación, lo cual pudo incidir en el desarrollo de la micorrización.

Parladé y Alvarez (1993), indican que la formación de ectomicorrizas por un hongo depende de la temperatura, nutrientes, del pH, la humedad, aireación, los hidratos de carbono externos y otros factores abióticos. Carvallo (1996), señala que existen distintos factores que afectan el desarrollo de las micorrizas, uno de ellos es que la planta huésped debe producir suficientes raíces absorbentes, compatibles y susceptibles a la colonización, otro factor importante es la viabilidad del inóculo y su aplicación directa en las raíces absorbentes. Esto apoya la teoría que el estrés observado en las plántulas retarda la micorrización de *D. antarctica* en las raíces de las plántulas de *N. obliqua* y no sería por incidencia directa del fertilizante.

Arnebrant (1994), realizó un estudio sobre el efecto de tres diferentes fuentes de nitrógeno en el crecimiento externo del micelio de las ectomicorrizas *Paxillus involutus* y *Suillus bovinus* en plántulas de *Pinus contorta* y *Pinus sylvestris*, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas entre el tipo de fuente de nitrógeno que produce la disminución del crecimiento miceliar, pero obteniendo como resultado una disminución de un 80% del crecimiento del micelio de *Paxillus involutus* con respecto a un control sin fertilización y una disminución de un 30% del crecimiento del micelio de *Suillus bovinus* con respecto a un control sin fertilización.

Schafer (1988), efectuó un estudio de inoculación en presiembra de plántulas de *Nothofagus alpina* con tres especies ectomicorrízicas, no pudo comprobar el efecto de la fertilización sobre la micorrización, solo encontró una tendencia de disminución del porcentaje de raíces cortas micorrizadas en los tratamientos fertilizados en relación a los no fertilizados.

Ante los resultados expuestos anteriormente, no se logró comprobar que el fertilizante pudo haber afectada la interacción hongo-planta, por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada de que una fertilización nitrogenada aplicada al suelo utilizado para el cultivo de plántulas de *N. obliqua* inoculadas con el hongo *D. antarctica*, produce un aumento del tamaño de las plántulas, pero disminuye la asociación micorrízica.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y resultados obtenidos en el presente trabajo de desprenden las siguientes conclusiones:

- Durante el desarrollo de los ensayos en invernadero, las plántulas de *Nothofagus obliqua* no se vieron afectadas por pestes o enfermedades, sin embargo, a las 4 semanas de iniciados los experimentos se evidenció un estrés post-transplante, lo que influyó negativamente en su desarrollo y crecimiento.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, no se observó una respuesta positiva de las plántulas a la fertilización nitrogenada, debido a que el mejor ensayo fue el que consistía solo en suelo natural más plántulas de *Nothofagus obliqua* (testigo 1).
- Al comparar los tratamientos a que fueron sometidas las plántulas de *Nothofagus obliqua*, no existieron diferencias estadísticamente significativas, por lo tanto, cualquiera de las dos cepas de *Descolea antarctica* y bajo cualquiera de las dos condiciones distintas de fertilización nitrogenada (100 kg/ha o 300 kg/ha) podrían ser consideradas para ser aplicadas en viveros.
- El tiempo considerado para la evaluación de los ensayos (13 semanas) pudo no ser el óptimo para llegar a observar la interacción del hongo y fertilizante con la planta, por lo cual se podría considerar esta variable en próximos trabajos.
- Basándose en los resultados obtenidos y expuesto anteriormente, se concluye que la hipótesis planteada en el presente trabajo es rechazada.

6. BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, M. 2001. Die Bedeutung ektotropher Mykorrhiza für die Nährstoffversorgung von *Nothofagus obliqua*. Untersuchungen unter Berücksichtigung der Boden- und Nährstoffbedingungen der *Nothofagus*-Wälder in Südchile im Hinblick auf Wiederaufforstung und nachhaltige Forstwirtschaft. Trabajo de doctorado. Bremen, Germany. http://elib.suub.uni-bremen.de/publications/dissertations/E_diss_158_Maricel_Dissertation.pdf. (Julio 20, 2003)
- Arnebrant, K. 1994. Nitrogen amendments reduce the growth of extramatrical ectomycorrhizal mycelium. *Mycorrhiza* 5: 7-15.
- Azcón, C.; J. Barea. 1980. Micorrizas. *Revista Investigación y Ciencia* 47: 8-16.
- Cárcamo, C. 2000. Reforestación con *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina* en el sur de Chile. Tesis Prof. Biología-Química y Cs. Naturales. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Filosofía y Humanidades. 47 p.
- Carrillo, A. 2001. Comparación del crecimiento de *Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst. sembrado en minicontenedor, en relación a diferentes tratamientos con fertilizantes de lenta entrega. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 67 p.
- Carvallo, L. 1996. Ensayos de inoculación simple y combinada en vivero. Tesis Prof. Biología-Química y Cs. Naturales. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Filosofía y Humanidades. 59 p.
- Donoso, C. 1979. Variación y tipos de diferenciación en poblaciones de Roble (*Nothofagus obliqua* [Mirb] Oerst). *Bosque* 3(1): 1-14.
- Donoso, C. 1994. Ecología Forestal. El Bosque y su medio ambiente. 3 ed. Santiago, Editorial Universitaria. 469 p.
- Donoso, P.; M. González, B. Escobar, I. Basso, L. Otero. 1999. Viverización y plantación de raulí, roble y coigüe en Chile. Capítulo 7 *In*: Donoso, C.; A. Lara (Eds). *Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile*. Santiago, Editorial Universitaria. pp. 177-244.
- Donoso, C.; A. Lara (eds). 1999. *Silvicultura de los bosques nativos de Chile*. Santiago, Editorial Universitaria. 421p.
- Godoy, R.; R. Mayr. 1989. Caracterización morfológica de micorrizas vesículo-arbusculares en coníferas endémicas del sur de Chile. *Bosque* 10(2): 89-98.

- González, M. 1993. Estudios del efecto de diferentes regímenes de acondicionamiento en plantas de Rauli. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 112 p.
- Hawley, R.; D. Smith. 1972. Silvicultura práctica. Barcelona, Ediciones Omega. 544 p.
- Hernández, A. 1999. Aspectos generales de las micorrizas arbusculares (MA). INTERNET: <http://www.cdeea.com/micorriza7.htm> (Octubre 24, 2003)
- Jaramillo, J. 1994. Efectos de la aplicación de insecticidas en la Entomofauna y calidad de plantas de *Nothofagus obliqua* en condiciones de vivero. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 110 p.
- Martínez, A. 1999. Silvicultura práctica en renovales puros y mixtos, y bosques remanentes originales del tipo forestal Roble-Raulí-Coigue. Capítulo 6 *In*: Donoso, C.; A. Lara (Eds). Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile. Santiago, Editorial Universitaria. pp. 148-177.
- Mora, M.; F. Borie; A. Quiroz; C. Perez. 2002. Una visión transdisciplinaria de los recursos naturales y medio ambiente. *In*: Investigación en Ecosistemas naturales y antropizados: un enfoque transdisciplinario. Taller experimental. Valdivia (Chile). 11 y 12 de Octubre del 2002.
- Oyarzún, C.; R. Godoy; S. Leiva. 2002. Depositación atmosférica de nitrógeno en un transecto valle longitudinal-Cordillera de los Andes, centro-sur de Chile. Revista de Historia Natural 75: 233-243.
- Palfner, G. 2001. Taxonomische studien an Ektomykorrhizen aus den *Nothofagus*-Waldern mittelsüdchiles. Biblioteca Micológica. 243 p.
- Parladé, J.; I. Alvarez. 1993. Coinoculation of aseptically grown Douglas fir with pairs of ectomycorrhizal fungi. Mycorrhiza 3: 93-96.
- Peñuelas, R.; L. Ocaña. 1996. Cultivo de plantas Forestales en Contenedor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Barcelona. 190 p.
- Pereira, G.; M. Sanchez; D. Ríos; M. Herrera. 2001. Micorrizas Vésiculo arbusculares y su incidencia en el crecimiento de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Bosque 22(2): 39-44.
- Popoff, O. 2003. Micorrizas. INTERNET: <http://www.ffp.csiro.au/research/mycorrhiza/intro.html> (Octubre 24, 2003)
- Quiroz, A.; E. Fuentes-Contreras, C. Ramírez, G. Russell, H. Niemeyer. 1999. Host-plant chemicals and distribution of *Neuquenaphis* on *Nothofagus*. Journal of Chemical Ecology 25(5): 1043-1055.

- Riquelme, C. 1991. Eficiencia y compatibilidad de HMVA en *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh y *Quillaja saponaria* Mol. Tesis Biología-Química y Cs. Naturales. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Filosofía y Humanidades. 69 p.
- Schafer, J. 1988. Inoculación en presiembra de plántulas de *Nothofagus alpina* con tres especies ectomicorrizicas. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 74 p.
- Singer, R. 1986. The Agaricales in modern taxonomy. 4. Auflage. Koenigstein : Koeltz Scienctif. Books.
- Steubing, L.; R. Godoy; M. Alberdi. 2002. Métodos de ecología vegetal. Santiago, Editorial Universitaria. 345 p.
- Strauch, R. 2001. Desarrollo de plantas de Roble-Raulí (tipo 1-1) durante el primer periodo vegetativo y costos asociados al proceso. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 67 p.
- Valenzuela, E. 1998. Guía de campo para setas (Agaricales) de la Isla Teja, Valdivia. Valdivia, Universidad Austral de Chile. 50 p.
- Vojt, K.; H. Asbjornsen ; A. Ercelawn ; F. Montagnini ; M. Valdés. 1997. Roots and Mycorrhizas in Plantation Ecosystems. Capítulo 8. *In*: Nambiar, E.; A. Brown (Eds). Management of soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests. Canberra. ACIAR. Monograph N°43, pp. 247-296
- Zúñiga, E. 1999. Inoculación de plantas con organismos simbiotes: Una alternativa para restauración de sitios degradados. Tesis Prof. Biología-Química y Cs. Naturales. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac.de Filosofía y Humanidades. 77 p.

ANEXOS

Anexo 1
Abstract and keywords

ABSTRACT

At the present work a hypothesis was proposed that nitrogen fertilization applied to the soil used for cultivation of *Nothofagus obliqua* saplings inoculated with *Descolea antarctica* (Mycorrhiza fungus) produces an increase in the size of saplings (air biomass) but decreases the fungus association (roots biomass) producing low quality plants.

The trials carried out under nursery conditions using previously sterilized soil coming from a *Nothofagus obliqua* stand located in the Longitudinal Valley of the county of Valdivia. The inoculations of *Nothofagus obliqua* saplings with two stumps of the ectomycorrhizal fungus *Descolea antarctica* (using mycelium produced in wheat grains) was carried out during the transplantation to 1 L containers. After transplantation, two different concentrations of nitrogen fertilizer "Super Nitro" (100 kg/ha and 300 kg/ha) divided in two doses were applied at 30 and 60 days since the trials started (50% each time).

At the end of trials (13 weeks) the saplings growth and quality were evaluated through morphological parameters and indexes such as diameter of the neck (DN), stem length (SL), root length (RL), total length (TL), fresh weight of the stem (FWS), root (FWR) and total (FWT), dry weight the stem (DWS), root (DWR) and total (DWT), SL/RL, DN/SL, DWS/DWR, vigor quotient, Dickson quality index and Ritchie quality index. Also as a complement the sanity, form and total number of leaves to the saplings was determined.

During the development of the trials, the saplings were not affected by pests or diseases, however at 4 weeks of initiating the trials a stress post-transplant was observed which influenced negatively in their growth and development.

According to the obtained results a positive response was not detected from the saplings after nitrogen fertilization since the best trial was the one that consisted on *Nothofagus obliqua* saplings growing on natural soil (without fertilization) (control trial 1). Comparing the treatments, there were no statistical differences between the experiments, concluding that any of the two stumps and the two concentrations of nitrogen fertilization could be applied at greenhouse conditions.

Keywords: *Nothofagus obliqua*, *Descolea antarctica* mycorrhizae, nitrogen fertilization, nursery.

Anexo 2
Parámetros e índices morfológicos correspondientes al testigo 1
(Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua*)

TESTIGO 1																				
N° Planta	N° Hojas	S	F	Parametros morfológicos									Índices morfológicos							
				DAC (mm)	Largo (cm)			Tallo	Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relación			Indice Dickson	Indice ritchie	
					Tallo	Raíz	Total		Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR	Vigor			
1	11	2	3	1,77	6,7	8,5	15,2	0,2	0,3	0,5	0,11	0,10	0,21	0,788	1:38	1,100	3,785	0,022	0,0055	
2	30	1	1	2,34	32,0	15,7	47,7	1,9	0,5	2,4	0,53	0,15	0,68	2,038	1:137	3,533	13,675	0,028	0,0048	
3	18	2	3	2,04	13,0	7,8	20,8	0,7	0,3	1,0	0,23	0,11	0,34	1,667	1:64	2,091	6,373	0,028	0,0051	
4	18	2	1	2,00	27,1	7,5	34,6	0,8	0,3	1,1	0,24	0,06	0,30	3,613	1:136	4,000	13,550	0,014	0,0022	
5	21	1	3	2,16	13,0	11,3	24,3	0,9	0,5	1,4	0,27	0,13	0,4	1,150	1:60	2,077	6,019	0,030	0,0065	
6	7	2	1	1,85	12,5	12,5	25,0	0,3	0,3	0,6	0,10	0,07	0,17	1,000	1:168	1,429	6,757	0,011	0,0025	
7	32	1	3	2,06	26,0	6,8	32,8	1,5	0,5	2,0	0,42	0,11	0,53	3,824	1:126	3,818	12,621	0,027	0,0041	
8	25	1	3	2,41	16,2	10,5	26,7	1,1	0,6	1,7	0,32	0,12	0,44	1,543	1:67	2,667	6,722	0,032	0,0064	
9	22	2	3	1,86	10,5	8,8	19,3	0,6	0,3	0,9	0,19	0,08	0,27	1,193	1:56	2,375	5,645	0,021	0,0046	
10	27	2	3	1,94	8,5	8,0	16,5	0,6	0,2	0,8	0,17	0,07	0,24	1,063	1:44	2,429	4,381	0,022	0,0051	
11	16	2	2	1,97	10,0	12,0	22,0	0,4	0,4	0,8	0,15	0,11	0,26	0,833	1:51	1,364	5,076	0,021	0,0050	
12	19	1	1	1,70	12,5	5,3	17,8	0,4	0,2	0,6	0,13	0,06	0,19	2,358	1:74	2,167	7,353	0,015	0,0025	
13	6	2	1	1,41	8,5	10,2	18,7	0,2	0,2	0,4	0,06	0,05	0,11	0,833	1:60	1,200	6,028	0,008	0,0018	
14	19	1	1	2,19	32,8	11,0	43,8	1,4	0,4	1,8	0,39	0,09	0,48	2,982	1:150	4,333	14,977	0,020	0,0031	
15	15	1	1	1,89	21,5	9,0	30,5	0,8	0,4	1,2	0,26	0,09	0,35	2,389	1:114	2,889	11,376	0,018	0,0030	
16	6	2	1	1,53	7,8	12,0	19,8	0,1	0,2	0,3	0,05	0,05	0,10	0,650	1:51	1,000	5,098	0,007	0,0019	
17	11	2	1	1,71	13,6	11,5	25,1	0,4	0,4	0,8	0,16	0,11	0,27	1,183	1:80	1,455	7,953	0,017	0,0034	
18	7	2	1	1,50	11,0	9,1	20,1	0,2	0,2	0,4	0,07	0,06	0,13	1,209	1:73	1,167	7,333	0,009	0,0017	
19	25	1	1	2,50	32,0	14,4	46,4	1,8	0,7	2,5	0,53	0,20	0,73	2,222	1:128	2,650	12,800	0,034	0,0056	
20	6	2	1	1,32	6,6	10,2	16,8	0,1	0,2	0,3	0,06	0,08	0,14	0,647	1:50	0,750	5,000	0,010	0,0028	
21	4	2	1	1,50	5,5	12,5	18,0	0,1	0,4	0,5	0,05	0,14	0,19	0,440	1:37	0,357	3,667	0,015	0,0051	
22	27	1	1	2,50	15,0	13,0	28,0	1,1	0,7	1,8	0,38	0,19	0,57	1,154	1:60	2,000	6,000	0,043	0,0093	
23	35	2	1	2,45	16,5	12,2	28,7	1,4	0,7	2,1	0,4	0,25	0,65	1,352	1:67	1,600	6,735	0,049	0,0094	
24	20	2	3	1,94	12,2	11,7	23,9	0,5	0,3	0,8	0,15	0,11	0,26	1,043	1:63	1,364	6,289	0,019	0,0040	
25	20	2	1	1,88	19,0	13,0	32,0	1,1	0,5	1,6	0,33	0,18	0,51	1,462	1:101	1,833	10,106	0,027	0,0049	
26	5	1	3	1,54	8,8	9,3	18,1	0,2	0,2	0,4	0,05	0,10	0,15	0,946	1:57	0,500	5,714	0,012	0,0026	
27	11	2	1	1,91	9,2	9,1	18,3	0,3	0,3	0,6	0,12	0,09	0,21	1,011	1:48	1,333	4,817	0,019	0,0043	
28	21	1	1	2,12	9,9	9,0	18,9	0,8	0,4	1,2	0,24	0,08	0,32	1,100	1:47	3,000	4,670	0,027	0,0066	
29	13	2	3	1,63	15,0	13,0	28,0	0,5	0,4	0,9	0,16	0,12	0,28	1,154	1:92	1,333	9,202	0,015	0,0030	
30	16	1	1	2,37	32,0	10,0	42,0	1,6	0,7	2,3	0,47	0,22	0,69	3,200	1:135	2,136	13,502	0,035	0,0050	

S: Sanidad, F: Forma, DAC: Diámetro del cuello, LT/LR: Largo tallo/ Largo raíz, DAC/LT: Diámetro del cuello/Largo tallo, PST/PSR: Peso seco tallo/Peso seco raíz, Vigor: Cuociente de vigorosidad

Anexo 3
Parámetros e índices morfológicos correspondientes al testigo 2
(Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua* + fertilización nitrogenada de 100
kg/ha de Super Nitro)

TESTIGO 2																			
N° Planta	N° Hojas	S	F	Parametros morfológicos									Índices morfológicos						
				DAC (mm)	Largo (cm)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relación			Vigor	Indice Dickson	Indice Ritchie
					Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR			
1	22	2	1	2,02	13,8	8,2	22	1	0,7	1,7	0,33	0,26	0,59	1,683	1:68	1,269	6,832	0,049	0,008
2	3	3	1	1,45	6,4	6,8	13,2	0,1	0,3	0,4	0,05	0,13	0,18	0,941	1:44	0,385	4,414	0,019	0,004
3	5	1	1	1,55	8,8	8	16,8	0,2	0,3	0,5	0,09	0,12	0,21	1,100	1:57	0,750	5,677	0,018	0,004
4	6	2	1	1,62	11	7,2	18,2	0,3	0,3	0,6	0,12	0,12	0,24	1,528	1:68	1,000	6,790	0,020	0,003
5	10	2	2	2,3	9,5	10	19,5	0,5	0,4	0,9	0,18	0,16	0,34	0,950	1:41	1,125	4,130	0,035	0,008
6	12	2	1	1,56	9	9,2	18,2	0,3	0,3	0,6	0,11	0,11	0,22	0,978	1:58	1,000	5,769	0,017	0,004
7	14	1	2	1,57	10	9,6	19,6	0,4	0,3	0,7	0,13	0,11	0,24	1,042	1:64	1,182	6,369	0,018	0,004
8	8	1	1	1,64	9	7,1	16,1	0,3	0,2	0,5	0,11	0,09	0,2	1,268	1:55	1,222	5,488	0,018	0,004
9	7	2	1	1,62	7,5	9,8	17,3	0,2	0,4	0,6	0,11	0,18	0,29	0,765	1:46	0,611	4,630	0,026	0,006
10	7	2	1	1,51	8,1	9	17,1	0,2	0,3	0,5	0,08	0,14	0,22	0,900	1:54	0,571	5,364	0,018	0,004
11	5	1	1	1,51	9,8	7,5	17,3	0,2	0,2	0,4	0,08	0,07	0,15	1,307	1:65	1,143	6,490	0,012	0,002
12	12	2	1	1,64	14,5	12,2	26,7	0,5	0,4	0,9	0,17	0,14	0,31	1,189	1:88	1,214	8,841	0,018	0,003
13	11	1	2	1,22	9,6	8,9	18,5	0,3	0,3	0,6	0,1	0,14	0,24	1,079	1:79	0,714	7,869	0,015	0,003
14	4	2	1	1,57	7	9	16	0,2	0,3	0,5	0,08	0,12	0,2	0,778	1:45	0,667	4,459	0,018	0,004
15	7	2	1	1,39	10,1	13	23,1	0,4	0,4	0,8	0,09	0,14	0,23	0,777	1:73	0,643	7,266	0,013	0,003
16	4	2	1	1,34	6,5	9,4	15,9	0,2	0,3	0,5	0,06	0,14	0,2	0,691	1:49	0,429	4,851	0,016	0,004
17	8	2	1	1,45	7,3	9,4	16,7	0,3	0,3	0,6	0,15	0,13	0,28	0,777	1:50	1,154	5,034	0,022	0,005
18	6	2	1	1,59	7,1	8,4	15,5	0,2	0,3	0,5	0,07	0,1	0,17	0,845	1:45	0,700	4,465	0,016	0,004
19	6	2	1	1,52	8	8,5	16,5	0,3	0,4	0,7	0,09	0,14	0,23	0,941	1:53	0,643	5,263	0,020	0,004
20	5	2	1	1,48	8,9	8,2	17,1	0,2	0,3	0,5	0,08	0,13	0,21	1,085	1:60	0,615	6,014	0,017	0,003
21	4	2	1	1,63	8,5	9,3	17,8	0,2	0,3	0,5	0,09	0,14	0,23	0,914	1:52	0,643	5,215	0,020	0,004
22	22	1	2	2,1	23	10,5	33,5	1,2	0,6	1,8	0,4	0,2	0,6	2,190	1:110	2,000	10,952	0,033	0,005
23	7	2	2	1,4	8	8,1	16,1	0,2	0,4	0,6	0,09	0,18	0,27	0,988	1:57	0,500	5,714	0,023	0,005
24	2	2	1	1,5	8,8	9,1	17,9	0,2	0,3	0,5	0,07	0,12	0,19	0,967	1:59	0,583	5,867	0,015	0,003
25	9	2	1	1,39	8,8	9	17,8	0,2	0,2	0,4	0,08	0,08	0,16	0,978	1:63	1,000	6,331	0,012	0,002
26	5	2	1	1,32	8	11	19	0,2	0,4	0,6	0,07	0,19	0,26	0,727	1:61	0,368	6,061	0,018	0,004
27	3	1	1	1,32	7,5	10,2	17,7	0,1	0,3	0,4	0,06	0,13	0,19	0,735	1:57	0,462	5,682	0,014	0,003
28	13	1	2	1,95	14,5	17	31,5	0,5	0,3	0,8	0,17	0,13	0,3	0,853	1:74	1,308	7,436	0,017	0,004
29	28	1	3	2,22	19,5	10,1	29,6	1,2	0,6	1,8	0,41	0,2	0,61	1,931	1:88	2,050	8,784	0,040	0,007
30	14	1	2	1,48	26	10	36	1	0,7	1,7	0,36	0,28	0,64	2,600	1:176	1,28571	17,568	0,025	0,004

S: Sanidad, F: Forma, DAC: Diámetro del cuello, LT/LR: Largo tallo/ Largo raíz, DAC/LT: Diámetro del cuello/Largo tallo, PST/PSR: Peso seco tallo/Peso seco raíz, Vigor: Cuociente de vigorosidad

Anexo 4
Parámetros e índices morfológicos correspondientes al testigo 3
(Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua*+ fertilización nitrogenada de 300
kg/ha de Super Nitro)

TESTIGO 3																				
N° Planta	N° Hojas	S	F	Parametros morfológicos									Índices morfológicos							
				DAC (mm)	Largo (cm)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relación			Vigor	Indice Dickson	Indice Ritchie	
					Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/L R	DAC/H	PST/PSR				
1	6	2	1	1,54	8	9,8	17,8	0,2	0,5	0,7	0,11	0,26	0,37	0,816	1:52	0,423	5,195	0,031	0,0071	
2	4	2	1	1,94	7,8	9,6	17,4	0,2	0,5	0,7	0,11	0,21	0,32	0,813	1:40	0,524	4,021	0,034	0,0079	
3	5	2	1	1,48	7,8	20,5	28,3	0,3	0,8	1,1	0,12	0,28	0,40	0,380	1:53	0,429	5,270	0,020	0,0075	
4	3	2	1	1,47	5,7	9	14,7	0,2	0,4	0,6	0,06	0,15	0,21	0,633	1:39	0,400	3,878	0,020	0,0053	
5	9	2	1	1,09	12,2	7	19,2	0,3	0,3	0,6	0,09	0,10	0,19	1,743	1:112	0,900	11,193	0,010	0,0017	
6	12	2	1	1,73	19,5	10	29,5	0,7	0,5	1,2	0,23	0,20	0,43	1,950	1:113	1,150	11,272	0,024	0,0038	
7	25	1	3	2,24	16,8	9	25,8	1,1	1	2,1	0,38	0,35	0,73	1,867	1:75	1,086	7,500	0,058	0,0096	
8	11	2	1	1,5	11,8	9,2	21,0	0,4	0,3	0,7	0,15	0,13	0,28	1,283	1:79	1,154	7,867	0,018	0,0035	
9	5	2	1	1,66	10	8	18,0	0,3	0,4	0,7	0,13	0,19	0,32	1,250	1:60	0,684	6,024	0,028	0,0052	
10	6	3	1	1,72	11	6,5	17,5	0,1	0,2	0,3	0,08	0,06	0,14	1,692	1:64	1,333	6,395	0,012	0,0022	
11	8	2	1	1,64	7,8	8,5	16,3	0,2	0,3	0,5	0,09	0,12	0,21	0,918	1:48	0,750	4,756	0,020	0,0044	
12	4	3	1	1,37	7,5	8,6	16,1	0,2	0,3	0,5	0,07	0,15	0,22	0,872	1:55	0,467	5,474	0,018	0,0040	
13	5	2	1	1,67	9,5	6	15,5	0,3	0,2	0,5	0,13	0,09	0,22	1,583	1:57	1,444	5,689	0,021	0,0038	
14	4	2	1	1,45	7	9,5	16,5	0,2	0,4	0,6	0,09	0,17	0,26	0,737	1:48	0,529	4,828	0,022	0,0053	
15	6	2	1	1,77	10	9	19,0	0,3	0,4	0,7	0,13	0,15	0,28	1,111	1:56	0,867	5,650	0,024	0,0049	
16	6	2	1	1,52	11	10,3	21,3	0,3	0,4	0,7	0,12	0,17	0,29	1,068	1:72	0,706	7,237	0,020	0,0040	
17	3	3	1	1,72	6,5	10,2	16,7	0,2	0,5	0,7	0,06	0,23	0,29	0,637	1:38	0,261	3,779	0,029	0,0076	
18	6	2	1	1,13	7	4,8	11,8	0,2	0,2	0,4	0,11	0,09	0,20	1,458	1:62	1,222	6,195	0,017	0,0032	
19	6	3	1	1,71	11,3	9	20,3	0,3	0,4	0,7	0,16	0,19	0,35	1,256	1:66	0,842	6,608	0,028	0,0052	
20	6	2	1	1,51	8,5	9	17,5	0,2	0,2	0,4	0,10	0,10	0,20	0,944	1:56	1,000	5,629	0,016	0,0035	
21	6	2	1	1,61	14	8,8	22,8	0,3	0,3	0,6	0,12	0,12	0,24	1,591	1:87	1,000	8,696	0,016	0,0027	
22	5	1	1	1,61	10,8	11,2	22,0	0,3	0,5	0,8	0,12	0,22	0,34	0,964	1:67	0,545	6,708	0,024	0,0050	
23	5	2	1	1,43	7,8	6,5	14,3	0,2	0,2	0,4	0,08	0,11	0,19	1,200	1:55	0,727	5,455	0,018	0,0034	
24	5	3	1	1,54	6,3	9	15,3	0,2	0,5	0,7	0,10	0,20	0,30	0,700	1:41	0,500	4,091	0,029	0,0073	
25	4	3	1	1,5	9	8,5	17,5	0,2	0,4	0,6	0,08	0,18	0,26	1,059	1:60	0,444	6,000	0,021	0,0043	
26	4	2	1	1,5	7,1	8	15,1	0,2	0,5	0,7	0,10	0,21	0,31	0,888	1:47	0,476	4,733	0,029	0,0065	
27	10	3	1	1,76	11,3	10,1	21,4	0,4	0,5	0,9	0,16	0,20	0,36	1,119	1:64	0,800	6,420	0,028	0,0055	
28	3	3	1	1,36	8,1	8,5	16,6	0,1	0,4	0,5	0,07	0,19	0,26	0,953	1:60	0,368	5,956	0,021	0,0043	
29	1	3	1	1,34	9	8,2	17,2	0,1	0,2	0,3	0,06	0,08	0,14	1,098	1:67	0,750	6,716	0,010	0,0021	
30	6	2	1	1,49	10	8	18,0	0,2	0,3	0,5	0,09	0,14	0,23	1,250	1:67	0,643	6,711	0,018	0,0034	

S: Sanidad, F: Forma, DAC: Diámetro del cuello, LT/LR: Largo tallo/ Largo raíz, DAC/LT: Diámetro del cuello/Largo tallo, PST/PSR: Peso seco tallo/Peso seco raíz, Vigor: Cuociente de vigorosidad

Anexo 5

Parámetros e índices morfológicos correspondientes al tratamiento A
(Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua* + cepa 1 *Descolea antarctica* +
fertilización nitrogenada de 100 kg/ha de Super Nitro)

Tratamiento A																				
N° Planta	N° Hojas	S	F	Parametros morfológicos									Índices morfológicos							
				DAC (mm)	Largo (cm)			Tallo	Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relación			vigor	Indice Dickson	Indice Ritchie
					Tallo	Raíz	Total		Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/H	PST/PSR				
1	6	2	1	1,40	9,0	8,0	17,0	0,3	0,4	0,7	0,08	0,15	0,23	1,13	1:64	0,53	6,43	0,018	0,0035	
2	4	2	1	1,52	8,0	9,0	17,0	0,2	0,3	0,5	0,07	0,11	0,18	0,89	1:53	0,64	5,26	0,015	0,0034	
3	5	1	1	1,90	7,0	10,5	17,5	0,3	0,5	0,8	0,08	0,18	0,26	0,67	1:37	0,44	3,68	0,027	0,0069	
4	15	1	1	1,77	24,0	8,8	32,8	0,7	0,4	1,1	0,21	0,12	0,33	2,73	1:136	1,75	13,56	0,016	0,0024	
5	29	1	3	1,95	13,0	16,0	29,0	0,9	0,6	1,5	0,26	0,25	0,51	0,81	1:67	1,04	6,67	0,032	0,0075	
6	5	3	1	1,25	9,1	9,0	18,1	0,2	0,2	0,4	0,05	0,10	0,15	1,01	1:73	0,50	7,28	0,010	0,0020	
7	5	2	1	1,55	7,4	8,1	15,5	0,1	0,4	0,5	0,07	0,13	0,20	0,91	1:48	0,54	4,77	0,019	0,0042	
8	4	2	1	1,35	9,0	9,5	18,5	0,1	0,2	0,3	0,06	0,11	0,17	0,95	1:67	0,55	6,67	0,012	0,0025	
9	3	1	1	1,72	8,0	8,0	16,0	0,2	0,2	0,4	0,06	0,11	0,17	1,00	1:47	0,55	4,65	0,017	0,0036	
10	7	1	2	1,34	9,0	9,0	18,0	0,2	0,3	0,5	0,06	0,11	0,17	1,00	1:67	0,55	6,72	0,012	0,0025	
11	17	1	2	1,67	8,5	10,0	18,5	0,4	0,4	0,8	0,12	0,14	0,26	0,85	1:51	0,86	5,09	0,022	0,0050	
12	5	1	1	1,83	11,0	8,8	19,8	0,3	0,3	0,6	0,13	0,18	0,31	1,25	1:60	0,72	6,01	0,027	0,0051	
13	5	2	1	1,65	8,2	9,0	17,2	0,2	0,2	0,4	0,06	0,06	0,12	0,91	1:50	1,00	4,97	0,011	0,0024	
14	15	2	2	1,81	12,5	10,0	22,5	0,4	0,5	0,9	0,15	0,13	0,28	1,25	1:69	1,15	6,91	0,021	0,0040	
15	13	2	2	1,38	9,5	5,8	15,3	0,3	0,2	0,5	0,08	0,07	0,15	1,64	1:69	1,14	6,88	0,012	0,0021	
16	6	2	1	1,53	10,0	7,4	17,4	0,2	0,2	0,4	0,08	0,12	0,20	1,35	1:65	0,67	6,54	0,017	0,0030	
17	16	2	2	1,41	11,0	8,0	19,0	0,2	0,2	0,4	0,07	0,08	0,15	1,38	1:78	0,88	7,80	0,010	0,0019	
18	4	3	1	1,84	9,0	8,1	17,1	0,2	0,3	0,5	0,07	0,10	0,17	1,11	1:49	0,70	4,89	0,017	0,0034	
19	4	2	1	1,33	6,4	9,1	15,5	0,1	0,3	0,4	0,06	0,13	0,19	0,70	1:48	0,46	4,81	0,016	0,0039	
20	4	1	1	1,55	10,0	8,0	18,0	0,1	0,3	0,4	0,06	0,12	0,18	1,25	1:65	0,50	6,45	0,015	0,0028	
21	11	1	2	1,27	12,2	9,8	22,0	0,3	0,3	0,6	0,12	0,08	0,20	1,24	1:96	1,50	9,61	0,011	0,0021	
22	5	1	1	1,85	7,5	9,8	17,3	0,2	0,4	0,6	0,10	0,15	0,25	0,77	1:41	0,67	4,05	0,025	0,0061	
23	7	2	1	1,18	10,0	8,8	18,8	0,2	0,2	0,4	0,06	0,10	0,16	1,14	1:85	0,60	8,47	0,010	0,0019	
24	3	2	1	1,60	6,5	8,3	14,8	0,2	0,4	0,6	0,06	0,09	0,15	0,78	1:41	0,67	4,06	0,015	0,0036	
25	13	1	2	1,52	14,2	8,5	22,7	0,4	0,3	0,7	0,13	0,10	0,23	1,67	1:93	1,30	9,34	0,014	0,0024	
26	15	2	2	1,38	12,0	7,0	19,0	0,5	0,3	0,8	0,15	0,09	0,24	1,71	1:87	1,67	8,70	0,016	0,0027	
27	5	1	2	1,10	7,5	9,0	16,5	0,2	0,2	0,4	0,04	0,08	0,12	0,83	1:68	0,50	6,82	0,008	0,0017	
28	4	3	1	1,66	4,8	8,8	13,6	0,3	0,5	0,8	0,08	0,19	0,27	0,55	1:29	0,42	2,89	0,031	0,0091	
29	7	2	1	1,35	8,2	15,0	23,2	0,2	0,2	0,4	0,06	0,08	0,14	0,55	1:61	0,75	6,07	0,008	0,0023	
30	20	1	1	2,12	25,3	9,2	34,5	1,1	0,7	1,8	0,38	0,30	0,68	2,75	1:119	1,27	11,93	0,039	0,0056	

S: Sanidad, F: Forma, DAC: Diámetro del cuello, LT/LR: Largo tallo/ Largo raíz, DAC/LT: Diámetro del cuello/Largo tallo, PST/PSR: Peso seco tallo/Peso seco raíz, Vigor: Cuociente de vigorosidad

Anexo 6
Parámetros e índices morfológicos correspondientes al tratamiento B
(Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua* + cepa 1 *Descolea antarctica* +
fertilización nitrogenada de 300 kg/ha de Super Nitro)

Tratamiento B																				
N° Planta	N° Hojas	S	F	Parametros morfológicos							Índices morfológicos									
				DAC (mm)	Largo (cm)			Tallo	Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relación			Vigor	Indice Dickson	Indice Ritchie
					Tallo	Raíz	Total		Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/L R	DAC/H	PST/PSR				
1	3	2	1	1,53	6,0	10,0	16,0	0,1	0,4	0,5	0,05	0,14	0,19	0,60	1:39	0,36	3,92	0,018	0,0048	
2	14	2	2	1,35	9,2	9,6	18,8	0,2	0,3	0,5	0,06	0,09	0,15	0,96	1:68	0,67	6,81	0,010	0,0022	
3	15	2	2	1,85	19,0	10,0	29,0	0,6	0,4	1,0	0,16	0,12	0,28	1,90	1:103	1,33	10,27	0,016	0,0027	
4	13	2	1	1,65	16,5	9,5	26,0	0,4	0,5	0,9	0,13	0,19	0,32	1,74	1:100	0,68	10,00	0,019	0,0032	
5	6	1	1	1,40	8,5	8,0	16,5	0,1	0,2	0,3	0,05	0,06	0,11	1,06	1:61	0,83	6,07	0,009	0,0018	
6	16	1	3	1,69	11,0	9,0	20,0	0,5	0,3	0,8	0,15	0,08	0,23	1,22	1:65	1,88	6,51	0,017	0,0034	
7	4	2	1	1,45	8,5	11,3	19,8	0,1	0,2	0,3	0,05	0,08	0,13	0,75	1:59	0,63	5,86	0,009	0,0022	
8	4	2	1	1,63	10,1	10,0	20,1	0,2	0,3	0,5	0,11	0,09	0,20	1,01	1:62	1,22	6,20	0,015	0,0032	
9	8	2	2	1,77	13,8	10,5	24,3	0,2	0,3	0,5	0,08	0,09	0,17	1,31	1:78	0,89	7,80	0,012	0,0022	
10	4	2	1	1,46	8,2	9,2	17,4	0,1	0,2	0,3	0,06	0,08	0,14	0,89	1:56	0,75	5,62	0,011	0,0025	
11	3	1	1	1,85	9,5	11,0	20,5	0,2	0,5	0,7	0,08	0,11	0,19	0,86	1:51	0,73	5,14	0,016	0,0037	
12	8	1	1	1,70	7,0	9,6	16,6	0,2	0,4	0,6	0,06	0,10	0,16	0,73	1:41	0,60	4,12	0,015	0,0038	
13	11	2	2	1,45	11,7	11,2	22,9	0,5	0,3	0,8	0,14	0,07	0,21	1,04	1:81	2,00	8,07	0,012	0,0025	
14	13	2	2	1,50	14,5	9,7	24,2	0,5	0,4	0,9	0,15	0,13	0,28	1,49	1:97	1,15	9,67	0,016	0,0029	
15	4	3	1	1,92	11,0	10,0	21,0	0,2	0,3	0,5	0,10	0,11	0,21	1,10	1:57	0,91	5,73	0,018	0,0036	
16	8	2	1	1,38	10,0	7,4	17,4	0,2	0,2	0,4	0,07	0,10	0,17	1,35	1:72	0,70	7,25	0,013	0,0023	
17	13	2	1	1,51	12,5	8,2	20,7	0,3	0,2	0,5	0,09	0,06	0,15	1,52	1:83	1,50	8,28	0,010	0,0018	
18	4	2	1	1,67	9,5	8,0	17,5	0,2	0,3	0,5	0,04	0,09	0,13	1,19	1:57	0,44	5,69	0,012	0,0023	
19	7	2	1	1,57	8,1	10,0	18,1	0,2	0,3	0,5	0,06	0,08	0,14	0,81	1:52	0,75	5,16	0,011	0,0027	
20	9	3	1	1,62	7,0	8,5	15,5	0,3	0,3	0,6	0,09	0,09	0,18	0,82	1:43	1,00	4,32	0,017	0,0041	
21	4	3	1	1,52	5,0	9,3	14,3	0,1	0,3	0,4	0,05	0,13	0,18	0,54	1:33	0,38	3,29	0,018	0,0054	
22	5	2	1	1,37	9,7	9,6	19,3	0,1	0,2	0,3	0,04	0,05	0,09	1,01	1:71	0,80	7,08	0,006	0,0013	
23	11	2	1	1,20	11,1	9,0	20,1	0,3	0,2	0,5	0,08	0,07	0,15	1,23	1:93	1,14	9,25	0,008	0,0016	
24	28	2	2	1,76	24,0	9,9	33,9	1,2	0,5	1,7	0,32	0,11	0,43	2,42	1:36	2,91	13,64	0,019	0,0031	
25	16	1	2	1,83	22,5	8,5	31,0	0,7	0,4	1,1	0,21	0,10	0,31	2,65	1:123	2,10	12,30	0,016	0,0025	
26	15	1	1	1,82	20,5	8,9	29,4	0,5	0,4	0,9	0,18	0,15	0,33	2,30	1:113	1,20	11,26	0,019	0,0029	
27	21	2	2	1,98	23,5	11,0	34,5	1,2	0,6	1,8	0,38	0,15	0,53	2,14	1:119	2,53	11,87	0,027	0,0044	
28	20	1	2	1,75	25,0	10,8	35,8	1,0	0,6	1,6	0,34	0,17	0,51	2,31	1:143	2,00	14,29	0,023	0,0035	
29	15	1	1	1,55	18,0	10,5	28,5	0,6	0,3	0,9	0,19	0,11	0,30	1,71	1:116	1,73	11,61	0,015	0,0025	
30	18	2	2	1,26	15,0	12,0	27,0	0,5	0,3	0,8	0,14	0,13	0,27	1,25	1:119	1,08	11,90	0,012	0,0022	

S: Sanidad, F: Forma, DAC: Diámetro del cuello, LT/LR: Largo tallo/ Largo raíz, DAC/LT: Diámetro del cuello/Largo tallo, PST/PSR: Peso seco tallo/Peso seco raíz, Vigor: Cuociente de vigorosidad

Anexo 7
Parámetros e índices morfológicos correspondientes al tratamiento C
(Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua* + cepa 2 *Descolea antarctica* +
fertilización nitrogenada de 100 kg/ha de Super Nitro)

Tratamiento C																			
N° Planta	N° Hojas	S	F	DAC (mm)	Parametros morfológicos									Índices morfológicos					
					Largo (cm)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relación			Indice		Indice Ritchie
					Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/L R	DAC/H	PST/PSR	Vigor	Dickson	
1	21	2	3	1,57	14,9	11	25,9	0,5	0,4	0,9	0,18	0,15	0,33	1,35	1:95	1,20	9,49	0,019	0,0034
2	11	2	3	1,47	15	9,2	24,2	0,5	0,4	0,9	0,15	0,17	0,32	1,63	1:102	0,88	10,20	0,018	0,0031
3	6	1	1	1,65	10	8	18	0,3	0,2	0,5	0,13	0,1	0,23	1,25	1:61	1,30	6,06	0,019	0,0037
4	8	1	1	1,4	7,5	9,5	17	0,1	0,3	0,4	0,06	0,14	0,2	0,79	1:54	0,43	5,36	0,016	0,0037
5	9	1	3	1,85	10,5	10	20,5	0,3	0,3	0,6	0,11	0,12	0,23	1,05	1:57	0,92	5,68	0,019	0,0040
6	28	2	3	1,71	9	6,2	15,2	0,6	0,3	0,9	0,17	0,15	0,32	1,45	1:53	1,13	5,26	0,032	0,0059
7	16	2	3	1,89	17,3	8	25,3	0,8	0,4	1,2	0,26	0,16	0,42	2,16	1:92	1,63	9,15	0,028	0,0045
8	17	2	3	1,71	9,8	8	17,8	0,5	0,2	0,7	0,16	0,09	0,25	1,23	1:57	1,78	5,73	0,021	0,0042
9	19	2	2	1,9	10,5	6	16,5	0,5	0,3	0,8	0,18	0,18	0,36	1,75	1:55	1,00	5,53	0,037	0,0063
10	23	1	1	2,07	28	11,2	39,2	1,4	0,7	2,1	0,44	0,32	0,76	2,50	1:35	1,38	13,53	0,037	0,0055
11	7	3	1	1,71	6,5	13	19,5	0,2	0,4	0,6	0,1	0,14	0,24	0,50	1:38	0,71	3,80	0,020	0,0062
12	9	3	1	1,44	9,8	12,5	22,3	0,2	0,4	0,6	0,09	0,13	0,22	0,78	1:68	0,69	6,81	0,014	0,0032
13	14	1	1	1,51	11	9,5	20,5	0,4	0,4	0,8	0,11	0,12	0,23	1,16	1:73	0,92	7,28	0,016	0,0031
14	10	2	1	1,5	13,2	5,8	19	0,4	3	3,4	0,12	0,1	0,22	2,28	1:88	1,20	8,80	0,016	0,0025
15	8	2	1	1,46	10,1	8,5	18,6	0,2	0,2	0,4	0,09	0,15	0,24	1,19	1:68	0,60	6,92	0,018	0,0034
16	6	3	1	1,54	9,5	9	18,5	0,2	3	3,2	0,08	0,1	0,18	1,06	1:62	0,80	6,17	0,014	0,0029
17	6	2	1	1,63	11	10,5	21,5	0,3	0,5	0,8	0,13	0,19	0,32	1,05	1:67	0,68	6,75	0,023	0,0047
18	14	1	2	1,68	17	10,8	27,8	0,5	0,4	0,9	0,17	0,15	0,32	1,57	1:101	1,13	10,12	0,018	0,0031
19	11	1	2	1,66	10,2	9	19,2	0,4	0,4	0,8	0,15	0,16	0,31	1,13	1:61	0,94	6,14	0,025	0,0050
20	15	2	3	2,11	9	8,2	17,2	0,6	0,4	1	0,2	0,13	0,33	1,10	1:43	1,54	4,27	0,034	0,0075
21	15	2	2	1,85	14,4	8	22,4	0,7	0,5	1,2	0,24	0,12	0,36	1,80	1:78	2,00	7,78	0,026	0,0045
22	25	2	3	1,78	13,1	8,2	21,3	0,5	0,4	0,9	0,17	0,14	0,31	1,60	1:74	1,21	7,36	0,024	0,0041
23	9	2	1	1,32	10,4	8,5	18,9	0,2	0,2	0,4	0,09	0,08	0,17	1,22	1:79	1,13	7,88	0,011	0,0021
24	23	1	2	2	16	12,2	28,2	0,7	0,5	1,2	0,21	0,15	0,36	1,31	1:80	1,40	8,00	0,023	0,0044
25	16	2	1	1,87	18,2	9,2	27,4	0,8	0,5	1,3	0,26	0,17	0,43	1,98	1:97	1,53	9,73	0,027	0,0043
26	19	2	2	2	14,3	8	22,3	0,8	0,4	1,2	0,26	0,15	0,41	1,79	1:72	1,73	7,15	0,032	0,0056
27	13	2	2	1,42	9,4	6,1	15,5	0,3	0,3	0,6	0,12	0,12	0,24	1,54	1:66	1,00	6,62	0,020	0,0036
28	22	2	2	2,2	19,5	10	29,5	1	0,7	1,7	0,33	0,06	0,39	1,95	1:89	5,50	8,86	0,021	0,0043
29	10	2	1	1,74	13	8	21	0,3	0,4	0,7	0,13	0,15	0,28	1,63	1:75	0,87	7,47	0,022	0,0037
30	19	2	2	1,99	21,5	10	31,5	0,8	0,5	1,3	0,29	0,19	0,48	2,15	1:108	1,53	10,80	0,028	0,0044

S: Sanidad, F: Forma, DAC: Diámetro del cuello, LT/LR: Largo tallo/ Largo raíz, DAC/LT: Diámetro del cuello/Largo tallo, PST/PSR: Peso seco tallo/Peso seco raíz, Vigor: Cuociente de vigorosidad

Anexo 8
Parámetros e índices morfológicos correspondientes al tratamiento D
(Suelo natural + plántulas de *Nothofagus obliqua* + cepa 2 *Descolea antarctica* +
fertilización nitrogenada de 300 kg/ha de Super Nitro)

Tratamiento D																				
N° Planta	N° Hojas	S	F	Parametros morfológicos										Índices morfológicos						
				DAC (mm)	Largo (cm)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relación			Indice		Indice Ritchie	
					Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/L R	DAC/H	PST/PSR	Vigor	Dickson		
1	8	1	1	1,09	10,0	8,8	18,8	0,2	0,3	0,5	0,08	0,13	0,21	1,14	1:92	0,62	9,17	0,012	0,0035	
2	12	2	1	1,57	14,0	7,0	21,0	0,4	0,2	0,6	0,13	0,08	0,21	2,00	1:89	1,63	8,92	0,014	0,0034	
3	6	3	1	1,30	10,0	10,0	20,0	0,1	0,2	0,3	0,06	0,08	0,14	1,00	1:77	0,75	7,69	0,009	0,0069	
4	6	2	1	1,34	9,5	10,0	19,5	0,1	0,2	0,3	0,04	0,08	0,12	0,95	1:71	0,50	7,09	0,008	0,0024	
5	10	2	2	1,30	10,0	10,5	20,5	0,2	0,3	0,5	0,08	0,12	0,20	0,95	1:77	0,67	7,69	0,012	0,0075	
6	12	1	1	1,60	16,7	8,5	25,2	0,4	0,4	0,8	0,12	0,08	0,20	1,96	1:104	1,50	10,44	0,012	0,0020	
7	19	1	1	2,15	26,0	12,8	38,8	1,2	1,1	2,3	0,42	0,41	0,83	2,03	1:121	1,02	12,09	0,044	0,0042	
8	16	2	2	1,74	21,0	9,3	30,3	0,8	0,5	1,3	0,31	0,13	0,44	2,26	1:121	2,38	12,07	0,022	0,0025	
9	6	1	1	1,69	11,5	12,0	23,5	0,4	0,4	0,8	0,18	0,17	0,35	0,96	1:68	1,06	6,80	0,023	0,0036	
10	6	1	1	1,40	11,0	6,2	17,2	0,1	0,2	0,3	0,06	0,08	0,14	1,77	1:79	0,75	7,86	0,011	0,0025	
11	8	2	1	1,60	11,2	9,2	20,4	0,3	0,2	0,5	0,12	0,10	0,22	1,22	1:70	1,20	7,00	0,016	0,0050	
12	10	2	1	1,23	9,4	7,8	17,2	0,2	0,3	0,5	0,07	0,14	0,21	1,21	1:76	0,50	7,64	0,014	0,0051	
13	18	2	2	1,50	14,5	9,0	23,5	0,4	0,2	0,6	0,13	0,07	0,20	1,61	1:97	1,86	9,67	0,011	0,0024	
14	14	2	1	1,83	16,5	12,2	28,7	0,7	0,5	1,2	0,22	0,20	0,42	1,35	1:90	1,10	9,02	0,025	0,0040	
15	10	1	1	1,49	16,2	9,8	26,0	0,5	0,3	0,8	0,16	0,10	0,26	1,65	1:109	1,60	10,87	0,014	0,0021	
16	17	2	3	1,90	10,2	10,0	20,2	0,6	0,4	1,0	0,20	0,16	0,36	1,02	1:54	1,25	5,37	0,030	0,0030	
17	36	2	3	2,27	20,5	12,0	32,5	1,8	1,0	2,8	0,56	0,35	0,91	1,71	1:90	1,60	9,03	0,057	0,0019	
18	4	2	1	1,68	9,0	8,9	17,9	0,2	0,4	0,6	0,09	0,19	0,28	1,01	1:54	0,47	5,36	0,025	0,0034	
19	7	2	1	1,19	8,9	10,0	18,9	0,2	0,3	0,5	0,06	0,10	0,16	0,89	1:75	0,60	7,48	0,010	0,0039	
20	14	2	2	1,42	13,0	8,2	21,2	0,3	0,2	0,5	0,10	0,08	0,18	1,59	1:92	1,25	9,15	0,011	0,0028	
21	22	2	3	1,63	12,0	7,8	19,8	0,7	0,4	1,1	0,22	0,15	0,37	1,54	1:74	1,47	7,36	0,027	0,0021	
22	14	2	1	2,00	15,2	9,8	25,0	0,7	0,4	1,1	0,24	0,15	0,39	1,55	1:76	1,60	7,60	0,028	0,0061	
23	10	2	1	1,44	6,0	12,0	18,0	0,2	0,4	0,6	0,08	0,14	0,22	0,50	1:42	0,57	4,17	0,017	0,0019	
24	7	2	1	1,16	9,0	9,4	18,4	0,1	0,2	0,3	0,04	0,06	0,10	0,96	1:78	0,67	7,76	0,006	0,0036	
25	5	2	1	1,44	6,0	10,1	16,1	0,1	0,4	0,5	0,06	0,15	0,21	0,59	1:42	0,40	4,17	0,018	0,0024	
26	3	1	1	1,68	7,2	9,0	16,2	0,2	0,5	0,7	0,10	0,25	0,35	0,80	1:43	0,40	4,29	0,035	0,0027	
27	12	2	3	1,65	6,0	8,5	14,5	0,3	0,2	0,5	0,09	0,09	0,18	0,71	1:36	1,00	3,64	0,018	0,0017	
28	5	1	1	1,35	9,0	10,5	19,5	0,1	0,3	0,4	0,05	0,08	0,13	0,86	1:67	0,63	6,67	0,009	0,0091	
29	6	2	1	1,54	12,0	9,6	21,6	0,3	0,3	0,6	0,13	0,12	0,25	1,25	1:78	1,08	7,79	0,017	0,0023	
30	24	1	2	2,34	31,0	12,0	43,0	1,6	0,9	2,5	0,53	0,32	0,85	2,58	1:32	1,66	13,25	0,042	0,0056	

S: Sanidad, F: Forma, DAC: Diámetro del cuello, LT/LR: Largo tallo/ Largo raíz, DAC/LT: Diámetro del cuello/Largo tallo, PST/PSR: Peso seco tallo/Peso seco raíz, Vigor: Cuociente de vigorosidad