



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Facultad de Ciencias

Escuela de Ciencias

PROFESOR PATROCINANTE:

Dr. Eduardo Valenzuela F.

Instituto de Microbiología

Facultad de Ciencias

“DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA MICORRIZACIÓN CON CEPAS DE *Descolea antarctica* Singer EN PLÁNTULAS DE *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., CULTIVADAS EN CONDICIONES DE VIVERO”

Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al Grado de Licenciado en Ciencias Biológicas.

CLAUDIA GRISSELE ALONSO OYARZO

VALDIVIA-CHILE

2005

*Dedicado a Dios, a mis Padres,
Hermanos y Amigos...*

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer al proyecto FONDECYT 1020989, sin el cual hubiera sido imposible la realización del presente trabajo. Agradezco a mi profesor patrocinante Dr. Eduardo Valenzuela por el agradable tiempo compartido y su dedicación mostrada durante toda la etapa de corrección de la tesis, deseo agradecer a la vez al Dr. Roberto Godoy y a su esposa la Sra. Mónica Barrientos por su valiosa colaboración durante la etapa práctica del ensayo, como así en la obtención de material de apoyo en la etapa de redacción de la tesis. Agradezco también a Alejandra Ávila por ayudarme en la parte práctica realizada en vivero, y a la Dra. Maricel Álvarez por la buena disposición entregada en la confirmación de datos. Deseo agradecer la valiosa disposición entregada por Miguel Salgado, quien fue de gran ayuda en la realización de la etapa estadística del presente trabajo.

Agradezco, a mis queridos Padres por el gran amor mostrado durante todos estos años de estudio y que por fin se ve reflejado en la culminación de esta etapa de mi vida, agradezco también a mis hermanos y amigos en general por la preocupación mostrada en el avance del trabajo de tesis.

A todos muchísimas GRACIAS!!!

Claudia Alonso.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
1. RESUMEN	1
1. SUMMARY	2
2. INTRODUCCIÓN	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1 Materiales	11
3.1.1 Biológicos	11
3.1.2 Reactivos	11
3.1.3 Equipos	11
3.1.4 Otros	12
3.2 Métodos	12
3.2.1 Ubicación de los ensayos	12
3.2.2 Cultivo de las cepas del hongo ectomicorrízico <i>Descolea antarctica</i>	12
3.2.3 Tratamiento de las semillas de <i>Nothofagus obliqua</i>	13
3.2.4 Tratamientos en condiciones de invernadero	14
3.2.5 Tratamiento en condiciones de vivero	15
3.2.6 Evaluación de los ensayos	16
3.2.6.1 Largo del tallo o altura	19
3.2.6.2 Largo de Raíz	19
3.2.6.3 Diámetro del cuello (DAC)	19
3.2.6.4 Peso seco del tallo y raíz	20
3.2.6.5 Relación tallo-raíz	20

3.2.6.6 Relación DAC/ altura	21
3.2.6.7 Cuociente de vigorosidad	21
3.2.6.8 Índice de calidad de Dickson	21
3.2.6.9 Índice de calidad de Ritchie	22
3.2.7 Análisis Estadístico	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1 Parámetros morfológicos de plántulas de <i>N. obliqua</i> testigos e inoculadas con cepas de <i>D. antarctica</i>	24
4.1.1 Diámetro del cuello (DAC)	25
4.1.2 Largo tallo (cm)	26
4.1.3 Largo raíz (cm)	30
4.1.4 Largo total (cm)	31
4.2 Parámetros de peso fresco y seco obtenidos de plántulas de <i>N. obliqua</i> testigos e inoculadas con cepas de <i>D. antarctica</i>	32
4.2.1 Peso fresco tallo (g)	33
4.2.2 Peso fresco raíz (g)	34
4.2.3 Peso fresco total (g)	35
4.2.4 Peso seco tallo (g)	36
4.2.5 Peso seco raíz (g)	37
4.2.6 Peso seco total (g)	38
4.3 Índices morfológicos para plántulas de <i>N. obliqua</i> testigos e inoculadas con cepas de <i>D. antarctica</i>	39
4.3.1 Relación Largo tallo/Largo raíz (LT/LR)	40

4.3.2 Relación Diámetro del cuello/Largo tallo (DAC/LT)	41
4.3.3 Relación Peso seco tallo/Peso seco raíz (PST/PSR)	42
4.3.4 Cuociente de Vigorosis	42
4.3.5 Índice de calidad de Dickson	43
4.3.6 Índice de calidad de Ritchie	44
5. LITERATURA CITADA	46
6. ANEXOS	54

ÍNDICES DE CUADROS, FIGURAS Y TABLAS

	Pág.
Cuadro 1. Valores promedios determinados para los parámetros morfológicos obtenidos en plántulas de <i>N. obliqua</i> testigos e inoculadas con las cepas de <i>D. antarctica</i> .	24
Cuadro 2. Valores promedios obtenidos para las variables peso fresco y peso seco en plántulas de <i>N. obliqua</i> testigos e inoculadas con las cepas de <i>D. antarctica</i> .	33
Cuadro 3. Valores promedios de relaciones, cuocientes e índices determinados para plántulas de <i>N. obliqua</i> testigos e inoculadas con las cepas de <i>D. antarctica</i> .	39
Figura 1. Disposición de los tratamientos de la platabanda utilizada en el vivero CEFOR.	15
Figura 2. Fotografías de distintas micorrizas asociadas a raíces de plántulas de <i>Nothofagus obliqua</i> (testigos e inoculadas con cepas de <i>D. antarctica</i>). A) <i>Descolea antarctica</i> . B) Micorriza de micelio blanco. C) Micorriza de micelio café oscuro. D) Micorriza de morfología similar a <i>Cenococcum geophilum</i> . E) Micorriza de morfología similar a <i>Laccaria laccata</i> .	29
Tabla 1. Tablas de datos con las variables morfológicas analizadas en plántulas de <i>Nothofagus obliqua</i> inoculadas con <i>Descolea antarctica</i> (D 1).	54
Tabla 2. Tablas de datos con las variables morfológicas analizadas en plántulas de <i>Nothofagus obliqua</i> inoculadas con <i>Descolea antarctica</i> (D 2).	57
Tabla 3. Tablas de datos con las variables morfológicos analizadas en plántulas de <i>Nothofagus obliqua</i> sin inoculación artificial.	60

**ANEXOS ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS VARIABLES MORFOLÓGICAS
ANALIZADAS EN LOS TRATAMIENTOS (TESTIGO, D1 Y D2).**

	Pág.
Anexo 1. Análisis estadístico de la variable diámetro del cuello (DAC).	63
Anexo 2. Análisis estadístico de la variable Largo tallo (LT).	64
Anexo 3. Análisis estadístico de la variable Largo raíz (LR).	65
Anexo 4. Análisis estadístico de la variable Largo total (LTo)	66
Anexo 5. Análisis estadístico de la variable Peso fresco tallo (PFT).	67
Anexo 6. Análisis estadístico de la variable Peso fresco raíz (PFR).	68
Anexo 7. Análisis estadístico de la variable Peso fresco total (PFTo).	69
Anexo 8. Análisis estadístico de la variable Peso seco tallo (PST).	70
Anexo 9. Análisis estadístico de la variable Peso seco raíz (PSR).	71
Anexo 10. Análisis estadístico de la variable Peso seco total (PSTo).	72
Anexo 11. Análisis estadístico de la variable relación Largo tallo/Largo raíz (LT/LR).	73
Anexo 12. Análisis estadístico de la variable relación Diámetro del cuello/Largo tallo (DAC/LT).	74
Anexo 13. Análisis estadístico de la variable relación Peso seco tallo/peso seco raíz (PST/PSR).	75
Anexo 14. Análisis estadístico de la variable Cuociente de Vigorosidad.	76
Anexo 15. Análisis estadístico de la variable Índice de Dickson.	77
Anexo 16. Análisis estadístico de la variable Índice de Ritchie.	78

1. RESUMEN

En Chile *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (Roble), es actualmente una de las especies de mayor interés desde un punto de vista silvicultural, especialmente en relación con los renovales, y su mejor capacidad de crecimiento al establecerla en plantaciones. Este potencial de crecimiento puede ser mejorado aún más, cuando se consideran asociaciones micorrízicas, capaces de aumentar la calidad de las plántulas con fines de producción. En el presente estudio, en condiciones de vivero se evaluó independientemente la simbiosis de dos cepas (D1 y D2) del hongo ectomicorrízico *Descolea antarctica* Singer en plántulas de *N. obliqua* y un testigo (plántulas de *N. obliqua* sin inoculación artificial). Para la evaluación de la eficiencia de la micorrización, se analizaron los parámetros morfológicos: diámetro del cuello (DAC); largo tallo (LT); largo raíz (LR); largo total (LTo); peso fresco tallo (PFT); peso fresco raíz (PFR); peso fresco total (PFTo); peso seco tallo (PST), peso seco raíz (PSR); peso seco total (PSTo), y los índices morfológicos: LT/LR; DAC/LT; PST/PSR, el cuociente de vigorosidad e índices de Dickson y de Ritchie.

Estadísticamente se estableció que los mayores valores determinados para los parámetros morfológicos corresponden al tratamiento testigo (a excepción de las variables DAC, LT/LR, PST/PSR, Índice de Dickson y de Ritchie) y los menores valores corresponden al tratamiento con D1. Por otra parte, al considerar solo ambas cepas fúngicas, la que obtuvo valores favorables en las variables presentadas en este estudio correspondió al tratamiento con D2.

SUMMARY

In Chile *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (Roble) is nowadays one of the species of greater interest since a forestry viewpoint, especially in relation to the young stands, and its better capacity of growth when established in plantations. This potential of growth can be improved even more, when consider mycorrhizal associations, capable of increasing the quality of the seedlings in formation. In the present study, under nursery conditions, an independent evaluation was made on the symbiosis of two strains (D1 and D2) of the ectomycorrhizal fungi *Descolea antarctica* Singer in *N. obliqua* seedlings and one witness (*N. obliqua* seedlings with no artificial inoculation). To evaluate the efficiency of the mycorrhization, the morphological parameters were analyzed: diameter of the neck (DN), stem length (SL), root length (RL), total length (TL), weight of the fresh stem (WFS), weight of the fresh root (WFR), total fresh weight (TFW), weight of the dry stem (WDS), weight of the dry root (WDR), total dry weight (TDW) and morphological index: SL/RL, DN/SL, WDS/WDR, vigor quotient, Dickson quality index and Ritchie quality index.

Statistically it was established that the greatest values determined for the morphological parameters, belong to the witness treatment (except for the variables DN, SL/RL, WDS/WDR, Dickson and Ritchie quality index) and the lower values belong to the treatment with D1. On the other hand, considering both strains fungus, the one that got favorable values in the variables presented in this study belonged to the treatment with D2.

2. INTRODUCCIÓN

En Chile, las plantaciones forestales se han establecido en un 90% sobre suelos que no tenían cobertura vegetal y que se encontraban en proceso de erosión severa, de allí que se ha verificado una extensión sostenida del patrimonio de bosques realizados por el hombre y que contribuye en un 95% a la economía forestal del país. Se estima que las exportaciones forestales podrían alcanzar un monto cercano a los 4.500 millones de dólares en los próximos 10 años, dado por la materialización de tratados de libre comercio con algunos países centroamericanos, lo cual aumenta las oportunidades de las empresas forestales para ampliar el mercado, ya que Chile posee ventajas comparativas y competitivas en este ámbito (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2003).

Por lo tanto, uno de los mejores ejemplos de desarrollo sustentable son las plantaciones forestales, dado por su carácter renovable y por la optimización que entrega en el uso del suelo en comparación a los cultivos anuales. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el manejo forestal debe integrar manejos ecológicos, para así acercarse al objetivo de sustentabilidad moderna (Armesto *et al.*, 1995; Arroyo *et al.*, 1999), y que a la vez respete la integridad del ambiente, mediante una restauración ecológica, apoyada en la investigación básica y aplicada al manejo de recursos naturales renovables (Romero, 1992).

Los bosques mediterráneos de *Nothofagus* han sido degradados hasta su extremo a través del “floreo” (corta de los mejores especímenes) y hoy han sido reemplazados por plantaciones masivas de pinos y eucaliptos, por ello es urgente fomentar su protección y restauración (Lara *et al.*, 1995). Hay que considerar que la mayoría de las especies del género *Nothofagus* son de rápido crecimiento y productoras de maderas de alta calidad, es por esta razón que existe

actualmente interés por parte de los empresarios forestales en realizar plantaciones, a fin de diversificar los productos en los mercados internacionales (Donoso y Lara, 1996).

Del género *Nothofagus* se han descrito unas 40 especies distribuidas en Sur América, Australia, Nueva Zelanda, Nueva Caledonia y Nueva Guinea. Una de estas especies corresponde a *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (Roble), el cual pertenece a la familia de las Fagáceas, y abunda en gran parte de las regiones Central y Sur de Chile, formando parte de varios de los tipos forestales definidos por Donoso (1981): tipo forestal Roble-Hualo, tipo forestal Ciprés de la Cordillera, tipo forestal Roble- Raulí-Coigüe y tipo forestal Lengua.

Nothofagus obliqua, se distribuye desde la provincia de Colchagua (33° 5' S) hasta Puerto Montt (41° 30' S) por la Cordillera de los Andes y desde el sur del río Aconcagua hasta Puerto Montt por la Cordillera de la Costa (Donoso, 1979). De Malleco al Sur, la frecuencia del Roble en la Depresión Intermedia se incrementa presentándose hasta los 600 m.s.n.m. Al Norte del río Bío-Bío desaparece de la Depresión Intermedia y se encuentra formando bosques principalmente en la Cordillera de los Andes (Carrillo, 2001; Loewe *et al.*, 1998).

Esta especie es uno de los *Nothofagus* de mayor interés desde el punto de vista silvicultural, especialmente en relación con los renovales, y su potencial de crecimiento al establecerlas en plantaciones (Donoso *et al.*, 1999), así como también para la reforestación o aforestación de suelos degradados o sobre explotados.

La existencia de asociaciones micorrízicas con especies forestales de interés comercial, ha sido ampliamente estudiada en las últimas décadas, ya que este tipo de simbiosis, permite la obtención de buena calidad de plantas forestales con fines de producción, esto se demuestra comparando el crecimiento de plántulas micorrizadas con plántulas no micorrizadas (Donoso, 1997), representando de esta forma una herramienta de trabajo útil que pueda aportar soluciones a

la actual problemática sobre producción vegetal (Peñuelas y Ocaña, 1996). Es por esta razón que se ha acudido a inoculaciones micorrízicas en plantas forestales de interés comercial, para facilitar de esta forma un manejo sustentable, donde las prácticas aplicadas puedan prevenir o reducir los impactos negativos sobre el medio ambiente, conservando la diversidad biológica y a la vez manteniendo los recursos de suelo y agua, en los lugares destinados a la forestación.

Las micorrizas, son asociaciones simbióticas mutualistas entre un determinado hongo del suelo y las raíces de una planta (Azcón-G. y Barea, 1980; Yu TEJC *et al.*, 2001; Brundrett, 2002), esto conlleva a una serie de ventajas, tanto para la planta hospedera como para el hongo simbiótico. El hongo además de aumentar el área de absorción de la planta, permite el transporte de nutrientes (Alvarez *et al.*, 2004; Alvarez *et al.*, 2005) y agua, más aún, otorga una excelente protección frente al estrés ambiental y defensas contra enfermedades y parásitos (Godoy y Mayr, 1989; Carrillo *et al.*, 1992). Algunos tipos de simbiosis permiten amortiguar la toxicidad de algunos elementos tóxicos (Al, Cd, Cu, Mb, Ni, Zn) (Turnau *et al.*, 1996).

El hongo por su parte recibe azúcares como producto de la fotosíntesis y un nicho ecológico donde prosperar (raíces de los vegetales) (Harley y Smith, 1983).

Por lo tanto, se concluye que las micorrizas son una parte integral de la planta con un importante papel en el crecimiento y desarrollo del vegetal (Pereira *et al.*, 1998).

De las diversas asociaciones micorrízicas destacan las micorrizas ectotróficas y las micorrizas endotróficas, la primera se presenta sólo en un 3-5% de los vegetales, sin embargo, su importancia forestal es enorme, pues se asocia con la mayoría de especies de coníferas como la familia Cupressaceae y Pinaceae, también se asocia a especies de frondosas como la familia Betulaceae, Fagaceae, Mirtaceae, Ulmaceae, entre otras (Harley y Smith, 1983), ocupando ambientes templados o mediterráneos.

Las micorrizas ectotróficas se caracterizan por formar un manto y conformar lo que se conoce como “red de Hartig” (las hifas rodean las células del tejido epidérmico y cortical de la raíz sin penetrar a las células y sin atravesar la endodermis) (Barker *et al.*, 1998; Perez-Moreno y Read, 2004), es aquí donde existe el intercambio de nutrientes principalmente fósforo (P) y nitrógeno (N) (Brunner, 2001), este último, principal limitante del crecimiento en los sistemas forestales, el cual es absorbido en mayor medida cuando la simbiosis es de tipo ectomicorrízica.

Los hongos que forman estas asociaciones pertenecen primariamente a la clase Basidiomycetes y en menor medida a los Ascomycetes y Zygomycetes (Valenzuela, 1998; Brundrett, 2002; Pérez-Moreno y Read, 2004), los cuales a través de su micelio externo pueden formar cuerpos fructíferos, tanto en la superficie del suelo como subterráneos (Brundrett, 2002).

Por otra parte, se estima que el 90% de las plantas poseen micorrizas endotróficas, este tipo de micorriza se encuentra en la mayoría de las familias de angiospermas y en algunas gimnospermas (Pérez-Moreno y Read, 2004), como también en pteridofitas, ciertas especies de musgos, licopodios y psilotales (Bago *et al.*, 2000). Este tipo de simbiosis se caracteriza por la presencia de hifas inter-intracelular, capaz de formar vesículas o arbusculos en el interior de las células corticales de la raíz, conformando lo que se conoce como micorriza vesículo-arbuscular (VA). Esta es una de las simbiosis más abundantes y mejor conocidas a nivel mundial, ya que se encuentra en todos los tipos de climas e incluye una gran variedad de plantas hospederas (Powell y Bagyaray, 1984). Estas micorrizas colonizan plantas cuando la disposición de fósforo es baja, y sobre todo en suelos pobres en contenido de materia orgánica (Vogt *et al.*, 1997).

Existen además otras cinco asociaciones micorrízicas, entre ellas, las micorrizas Ericoides, Arbutoides, Orquidoides, Monotropoides y las Ectoendomicorrizas.

Las Micorrizas Ericoides se encuentran en plantas del orden Ericales; el hongo coloniza las delgadas raicillas terminales de la planta, es aquí donde las hifas septadas penetran el córtex y dentro de las células forman un entretejido de micelio parecido a un ovillo. Los hongos capaces de formar esta simbiosis corresponden a los Ascomycetes, Deuteromycetes y en algunos casos a Basidiomycetes (Riquelme, 1991; Magaña, 1999).

Las Micorrizas Arbutoides poseen un manto externo e hifas septadas que penetran el córtex formando ovillos dentro de las células. Este tipo de micorrizas la desarrollan los hongos Basidiomycetes en plantas Ericáceas, con o sin carácter autótrofo (Riquelme, 1991; Magaña, 1999).

Las Micorrizas Orquidoides corresponden a una simbiosis hongo-planta que puede establecerse en el embrión de una semilla o en las raíces de una planta adulta. Todas las Orquidáceas, en alguna fase de su vida son infectadas con hongos bajo condiciones naturales (Magaña, 1999). Los hongos formadores de este tipo de micorriza corresponden a las clases Basidiomycetes, los cuales no desarrollan manto ni red de Hartig, sino que las hifas septadas forman ovillos intracelulares en las raicillas de las plantas Orquidáceas (Riquelme, 1991; Magaña, 1999).

Las Micorrizas Monotropoides presentan hifas septadas con colonización intracelular, desarrollan manto y red de Hartig, estas micorrizas se asocian con plantas de la familia Monotropaceae, cuya característica es la carencia de clorofila. Los hongos que forman este tipo de micorriza corresponden a los Basidiomycetes (Riquelme, 1991; Magaña, 1999).

Las Ectoendomicorrizas presentan hifas septadas que colonizan las células radicales a nivel intracelular. Pueden desarrollarse con o sin manto, pero siempre poseen red de Hartig. Esta simbiosis se realiza entre hongos Basidiomycetes o Ascomycetes con plantas Gimnospermas o

Angiospermas (Magaña, 1999). Estas micorrizas pueden ser importantes para la vegetación de sitios desequilibrados y en situaciones de postfuego (Yu Tejc *et al.*, 2001).

En los bosques del sur de Chile uno de los hongos que forma micorrizas con especies arbóreas de las familias Fagáceas, Mirtáceas y Pináceas corresponde a *Descolea antarctica* Singer (Valenzuela, 1998), este se distribuye en el Sur de América, Nueva Zelanda, Australia, India y Japón (Valenzuela *et al.*, 1992). Es una especie perteneciente a los Agaricales *s.l.*, familia Bolbitaceae.

Morfológicamente *D. antarctica* posee un pileo (sombrero) campanulado a umbonado-expandido de color pardo oscuro a castaño ocráceo, estípites con un anillo membranoso y estriado de color blanquecino o castaño pálido, láminas de color castaño y sus basidiocarpos (callampas) son blandos y putrescibles (Singer, 1969; Valenzuela, 1998).

En Chile, *D. antarctica* se encuentra asociada a *Nothofagus* spp., aparece citada desde Santiago hasta Magallanes (Horak, 1979 citado por Valenzuela *et al.*, 1992) y es común encontrarlo en lugares alterados, como parques, viveros, orillas del camino, etc. Valenzuela (1998) indica que *D. antarctica*, es una especie saprófita que fructifica en humus y restos leñosos y se comporta como un micorrizógeno facultativo de especies de *Nothofagus*.

Barra (2004) en un estudio anterior estableció a nivel de invernadero que *D. antarctica* era capaz de micorrizar plántulas de *N. obliqua* y que esta micorrización se presentaba aún cuando el suelo donde se cultivaban las plántulas de *N. obliqua* hubiera sido fertilizado con una fuente de nitrógeno, lo que demostraría que este hongo podría ser un potencial micorrizógeno a utilizar en viveros forestales.

En base a los antecedentes antes mencionados se enuncia la siguiente hipótesis:

Hipótesis de Trabajo

La inoculación artificial de plántulas de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (Roble) con cepas del hongo ectomicorrízico *Descolea antarctica* Singer en condiciones de vivero, se traducirá en la obtención de plántulas de mayor tamaño, biomasa aérea y radicular.

Objetivo General

Realizar en condiciones de invernadero inoculaciones con dos cepas del hongo ectomicorrízico *D. antarctica*, en semillas germinadas de *N. obliqua* y determinar al cabo de su permanencia en vivero, el tamaño, biomasa aérea y radicular para comparar con plántulas testigos.

Objetivos Específicos

1. Cultivar las cepas del hongo ectomicorrízico *D. antarctica* para producir la masificación del micelio en el sustrato vermiculita.
2. Producir plántulas de *N. obliqua* inoculadas con el hongo micorrízico en condiciones de invernadero.
3. Cultivar las plántulas micorrizadas en condiciones de vivero y al cabo de cinco meses determinar el tamaño, biomasa aérea y radicular de las plántulas, comparando con testigos.

4. Calcular el índice de calidad en plántulas testigo e inoculadas con cepas de *D. antarctica*.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Biológicos

Se utilizaron dos cepas provenientes de basidiocarpos morfológicamente distintos (D1 y D2) pero de la misma especie *Descolea antarctica* Sing. y semillas de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. provenientes del Fundo “La Colonia” Lautaro IX Región (cosecha 2003).

3.1.2 Reactivos

Los reactivos utilizados en la etapa experimental son los siguientes:
Acido giberélico, agar extracto de malta al 2%, caldo malta al 2%, detergente, etanol al 95%, hipoclorito de sodio al 10%.

3.1.3 Equipos

Agitador Nuova Stir Plate Equilab Thermolyne, autoclave Orsa, balanza analítica Sartorius-Leitz, balanza Hanson modelo 1460, cámara de cultivo Kotterman GMB Type S430, cámara de flujo laminar Class II A/B3 Biological Safety Cabinet modelo 1285 REL # 4, cámara de incubación Imperial III incubator Lab-Line modelo N° 306-1, estufa de secado Memmert modelo 600, lupa estereoscópica Zeiss Stemi SV 11.

3.1.4 Otros

Agua destilada, algodón cadet, asa de siembra, bandejas plásticas, bolsas de papel, bolsas plásticas, cinta adhesiva, cubetas, espátula, estacas, gasa, huincha de metro, lápiz marcador, malla raschel, matraces Erlenmeyer de 1000 mL, mechero Bunsen, pala de jardinería, papel absorbente, papel de envolver, pie de metro, pinzas, pita de hilo, pizceta, placas Petri, probeta de 500 mL, regla, tamiz, tubo de ensayo, vasos precipitados y vermiculita.

3.2 Métodos

3.2.1 Ubicación de los ensayos

El ensayo se realizó en el vivero del Centro de Producción y Experimentación Forestal (CEFOR), perteneciente a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile, ubicado a 14 Km. al Norte de la ciudad de Valdivia, Décima Región de Chile.

El estudio tuvo una duración de cuatro meses y dieciocho días, desarrollado desde el 26 de octubre de 2004 (trasplante de plántulas de *N. obliqua* en vivero), hasta marzo 16 de 2005 (cosecha).

3.2.2 Cultivo de las cepas del hongo ectomicorrízico *Descolea antarctica*

Para la obtención del micelio masificado de las cepas de *D. antarctica* se utilizaron 28 matraces Erlenmeyer de 1000 mL, a cada matraz se le agregaron 70 g de vermiculita y 400 mL de

caldo malta al 2%, estos fueron tapados con algodón envuelto en gasa y sobre el algodón se cubrió con papel de envolver, y el conjunto fue atado con una pita de hilo. Posteriormente, los matraces fueron esterilizados en autoclave (121° C y 1 atm. de presión) por 30 minutos.

Finalizado el período de esterilización, los matraces conteniendo el sustrato (mezcla de vermiculita más caldo malta al 2%) se dejaron reposando por 24 horas, tras lo cual y en forma aséptica en cámara de flujo laminar se procedió a inocular el sustrato con las cepas del hongo ectomicorrízico *D. antarctica*. Para ello, a partir de una placa Petri que contenía la cepa respectiva, y con ayuda de un sacabocado se obtuvieron 3 discos de agar con micelio (cada uno de 1,5 cm de diámetro). Estos discos se retiraron de la placa Petri con un asa de siembra estéril y se depositaron en forma equidistante dentro del matraz respectivo. Los matraces inoculados con las cepas fueron incubados a 23° C durante un mes. Por lo tanto, 14 matraces fueron inoculados con la cepa D1 y los 14 matraces restantes, con la cepa D2 de *D. antarctica*.

Una vez que se observó un buen porcentaje de masificación del micelio, los matraces fueron retirados de la cámara de incubación y llevados al invernadero del Instituto de Botánica de la Universidad Austral de Chile.

3.2.3 Tratamiento de las semillas de *Nothofagus obliqua*

Para separar las semillas de *N. obliqua* viables de las no viables se realizó la prueba de flotación, para ello se emplearon 840 semillas, éstas se mantuvieron en un vaso precipitado con agua destilada durante 24 horas.

Posteriormente las semillas viables fueron lavadas con detergente por 2 minutos, para retirar el exceso de materia lipídica, se enjuagaron hasta eliminar el contenido de detergente. A

continuación se remojaron en etanol (95%) por 5 segundos y nuevamente se enjuagaron, luego las semillas fueron remojadas en hipoclorito de sodio al 10% por 10 minutos y posteriormente se lavaron con agua. Por último, las semillas se dejaron remojando en ácido giberélico por 24 horas (en un matraz de 200 mL se agregaron 0,0625g de ácido giberélico para su disolución y luego en un matraz se aforó hasta los 250 mL con agua destilada).

Finalmente para la germinación se prepararon placas Petri con papel absorbente humedecido donde se depositaron las semillas de *N. obliqua*, y se incubaron entre 23-25°C por 10 días. Germinadas las semillas se trasladaron al invernadero para ser sembradas e inoculadas con las cepas masificadas de *D. antarctica* (vermiculita colonizada por el micelio fúngico).

3.2.4 Tratamientos en condiciones de invernadero

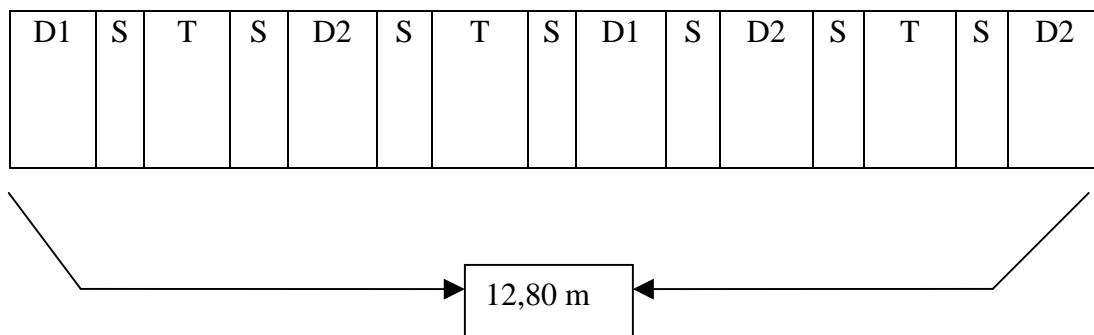
En bandejas de 37,5 cm de largo x 24,5 cm de ancho y de 7 cm de profundidad, se depositó una capa de suelo trumao previamente tamizado y esterilizado en autoclave (a 121 ° C y 1 atm. de presión durante 30 mín.), luego se agregó el contenido de un matraz (micelio masificado en la vermiculita), sobre esta capa se depositó otra capa de suelo y a continuación se hicieron perforaciones que no sobrepasara 1cm de profundidad o bien que no sea el doble del tamaño de la semilla germinada para comenzar la siembra. Como testigos se utilizaron bandejas que contenían suelo trumao esterilizado, más semillas testigo. Cada bandeja contenía 35 semillas, por lo tanto, 8 bandejas correspondieron al tratamiento con cepa D1 de *D. antarctica*, otras 8 bandejas al tratamiento con cepa D2 de *D. antarctica* y 8 bandejas para el tratamiento testigo, utilizándose unas 280 semillas por tratamiento.

Las bandejas se mantuvieron en el invernadero por dos meses, con una temperatura que fluctuaba entre los 11,8-20°C y una humedad relativa del aire que varió entre los 70-88%.

3.2.5 Tratamiento en condiciones de vivero

Al cumplirse el período de dos meses en el invernadero, las plántulas emergentes fueron trasladadas al vivero CEFOR (realizado el día 26 de octubre de 2004). En este recinto las plántulas fueron extraídas de las bandejas, manteniendo la raíz cubierta de tierra más el micelio del hongo ectomicorrízico, en el caso de las plántulas testigo las raíces solo iban cubiertas con tierra, de esta forma se evita el estrés postrasplante. Luego las plántulas fueron sembradas en una platabanda a una distancia sobre hilera de 10 cm y entre hilera de 20 cm, originándose una densidad de siembra de 60 plántulas/m² (la platabanda mide 12,80 m de largo y 1,35 m de ancho). De esta forma se delimitaron 8 cuadrantes (Fig. 1) distribuidos en bloques al azar, dos cuadrantes correspondientes al tratamiento de las plántulas con D1, tres cuadrantes para el tratamiento de las plántulas con D2 y tres cuadrantes para los tratamientos con plántulas testigo. Cada tratamiento fue separado por un sector de suelo de 50 cm de largo.

Figura 1. Disposición de los tratamientos de la platabanda utilizada en el vivero CEFOR.



D1: tratamiento de plántulas de *N. obliqua* con cepa D1 de *D. antarctica*. D2: tratamiento de plántulas de *N. obliqua* con cepa D2 de *D. antarctica*. T: tratamiento de plántulas de *N. obliqua* testigo. S: separación (50 cm) entre tratamientos.

Luego de sembradas las plántulas, toda la platabanda fue cubierta con una malla raschel, la cual permitía el paso de luz en un 50%, esta malla se mantuvo durante todo el período del ensayo para proteger las plántulas de la masiva radiación solar que se muestra durante los primeros meses de verano. En este lugar las plántulas permanecieron un período de cuatro meses y dieciocho días, con los respectivos cuidados culturales necesarios para un óptimo crecimiento.

Al término del período en condiciones de vivero, se extrajeron en total 180 plántulas al azar, esta extracción fue realizada para cada tratamiento (60 plántulas micorrizadas con cepa D1, 60 plántulas micorrizadas con cepa D2 y 60 plántulas testigo).

3.2.6 Evaluación de los ensayos

Se determinó el índice de calidad de las plántulas, mediante variables morfológicas y con los valores obtenidos se estimaron índices morfológicos que se indican a continuación.

Índice de calidad de las plántulas:

- Altura o largo del tallo (cm): medida tomada desde el cuello hasta el ápice caulinar de la planta, determinada con una regla graduada, expresando sus valores en centímetros.

- 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. Éste fue determinado con un pie de metro y expresado en milímetros.

- Largo de la raíz (cm): medida tomada desde el cuello de la planta hasta el extremo de la raíz principal, fue determinada con una regla graduada, expresando sus valores en centímetros.

- Peso fresco tallo-raíz: medida obtenida separando la parte aérea de la radicular, para luego pesarlas independientemente 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, expresando sus valores en gramos.

- Peso seco del tallo y raíz: medida obtenida, al poner en una bolsa de papel la parte aérea y radicular de la plántula en forma separada, posteriormente depositadas en una estufa a 60° C por 24 horas hasta obtener un peso constante, luego fueron pesadas 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, y los valores fueron expresados en gramos.

Índices morfológicos:

- Relación largo tallo/largo raíz: medida obtenida del cociente entre el largo del tallo (LT) en centímetros y el largo de la raíz (LR) en centímetros.

- Relación diámetro del cuello/Largo tallo: medida obtenida del cociente entre el diámetro del cuello (DAC) en milímetros y el largo del tallo (LT) en centímetros.

- Relación peso seco tallo/peso seco raíz: medida obtenida del cociente entre el peso seco del tallo (PST) en gramos y el peso seco de la raíz (PSR) en gramos.

- Cociente de vigorosidad: medida obtenida del cociente entre el largo del tallo (LT) en centímetros y el diámetro del cuello (DAC) en milímetros.

- Índice de calidad de Dickson: medida resultante del cociente entre el peso seco total de la planta y la suma de las relaciones largo del tallo/DAC y peso seco tallo/peso seco raíz.

- Índice de calidad de Ritchie: medida resultante del cociente entre la suma del peso seco del tallo y el peso seco de la raíz, y la suma de las relaciones largo del tallo/DAC y peso fresco tallo/peso fresco raíz.

Las características morfológicas son los atributos físicos o visuales que son determinables en una plántula (Duryea, 1984). Debido a que los indicadores morfológicos son relativamente más fáciles de controlar y medir que los fisiológicos, por ello tradicionalmente han sido utilizados para especificar la calidad de las plántulas (González, 1993). La calidad de las plántulas puede ser evaluada utilizando diversas técnicas o procedimientos, con el objetivo de predecir su potencial de supervivencia y crecimiento. Los indicadores morfológicos, que se consideran válidos al diagnosticar la calidad de las plantas cuando éstas presentan iguales estatus fisiológicos (por ejemplo: plantas producidas en un mismo vivero), han sido utilizados como indicadores de la calidad de plántulas, entre ellos se encuentran el diámetro del cuello, altura del tallo, peso seco aéreo y radicular, largo raíz, relación tallo/raíz, relación diámetro del cuello/altura y cociente de vigorosidad (González, 1993; Strauch, 2001). Por su parte, un índice morfológico es una combinación de dos o más parámetros morfológicos. Ellos son generalmente diseñados para describir un atributo abstracto de una plántula, tal como balance y vigorosidad o bien para determinar la importancia relativa de la combinación de los parámetros morfológicos en un índice que exprese más estrechamente el funcionamiento en terreno de algún parámetro individual (Thompson, 1985).

3.2.6.1 Largo del tallo o altura

Corresponde a la medida tomada desde el cuello hasta la base de su ápice y se expresa en centímetros. La altura refleja la cantidad de follaje, el cual esta correlacionado con la capacidad fotosintética y con el área de transpiración de las plántulas. Se puede señalar, que mientras el estatus fisiológico de las plántulas sea el mismo, plántulas de mayor tamaño crecen mejor, pero a menudo no sobreviven tan bien como el material más pequeño (Thompson, 1985). Esto podría sugerir una buena correlación con el crecimiento, pero una impredecible relación con la supervivencia, especialmente en sitios secos (Gonzáles, 1993).

3.2.6.2 Largo de Raíz

Es la medida tomada desde el cuello hasta el extremo de la raíz principal y se expresa en centímetros. En la primera etapa de vivero, las plántulas requieren de un abundante suministro de agua para la formación de un buen sistema radicular, el cual es un importante factor, tanto para la supervivencia, como en el crecimiento inicial en terreno, ya que el establecimiento depende de la tasa a la cual las raíces son capaces de explorar y utilizar su medio ambiente (Minko y Craig, 1967 *citado* por Gonzáles, 1993).

3.2.6.3 Diámetro del cuello (DAC)

Corresponde a la medida tomada a nivel del cuello expresado en milímetros, el cual comprende a la zona donde se produce una clara diferencia de color entre el tallo y la raíz

(Strauch, 2001). El diámetro del cuello se ha observado como el mejor predictor individual de la supervivencia y crecimiento en terreno de las plántulas, por lo tanto, una planta de calidad debería poseer el mayor diámetro que confiera un aceptable nivel de potencial de supervivencia en las plántulas, para un sitio determinado (Thompson, 1985).

3.2.6.4 Peso seco del tallo y raíz

Los pesos comúnmente son usados para calcular la relación tallo-raíz e indicador de calidad. En general, una planta de calidad podría ser aquella que posea un mejor peso como sea posible, para producir el mayor crecimiento mientras mantenga el balance del tallo y raíces necesarias para sobrevivir en un sitio dado (Thompson, 1985).

3.2.6.5 Relación tallo-raíz

La relación tallo-raíz, es considerada como una medición del balance entre el área de transpiración (tallo) y el área de absorción (raíz) de agua de una plántula. Tanto el peso o desplazamiento de volumen del tallo o raíces son utilizados para obtener la relación. Esta relación ha sido de gran valor en la corrección del tamaño de las plántulas y la predicción del potencial de supervivencia en terreno. Esto podría ser de particular importancia en sitios secos, y también en determinar cuando las plántulas comienzan a alargarse y quedar fuera de balance (Thompson, 1985).

3.2.6.6 Relación DAC/ altura

Para plantas que serán llevadas a terreno, la relación óptima debería ser 1:66 para obtener relaciones más estrechas y con ello, plantas de mejor calidad, lo más aconsejable es sembrar a una menor densidad (Strauch, 2001).

3.2.6.7 Cuociente de vigorosidad

El vigor de la planta está definido como la relación entre la altura del tallo en centímetros y el diámetro del cuello (DAC) en milímetros (h/d). Puesto que la vigorosidad está basada en la altura y el DAC, los factores que afectan a estas variables pueden afectar a su vez la vigorosidad de las plantas. Por lo tanto, amplios espaciamientos de siembra y acondicionamiento podrían resultar en un mayor vigor de plántulas (Menzies, 1988).

3.2.6.8 Índice de calidad de Dickson

Durante las últimas décadas, este índice ha sido utilizado exitosamente para seleccionar las plántulas plantables de las no plantables, así como también ha servido para reflejar el éxito de la plantación de varios tipos de materiales (Gonzáles, 1993). Su expresión matemática es la siguiente:

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

3.2.6.9 Índice de calidad de Ritchie

Este índice ha sido utilizado 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.

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

3.2.7 Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó usando el Test de ANOVA con un nivel de confianza del 95% y para una mejor discriminación de los tratamientos se utilizó el Test de Tukey, con un nivel de significancia de $p \leq 0,05$, para ello se dispuso de un programa estadístico SPSS versión 11.0 Inc., 2001. El análisis fue realizado por un Modelo General Linear Univariado, para ello se utilizaron las siguientes variables morfológicas: diámetro del cuello, largo del tallo, largo de la raíz, largo total, peso fresco tallo, peso fresco raíz, peso fresco total, peso seco tallo, peso seco raíz, peso seco total, e índices morfológicos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Parámetros morfológicos de plántulas de *N. obliqua* testigos e inoculadas con cepas de *D. antarctica*

En el Cuadro 1, se indican los valores medios para las variables morfológicas, diámetro del cuello, largo tallo, largo raíz y largo total, realizado para un total de 180 plántulas de *N. obliqua*, 60 plántulas testigos (sin tratamiento fúngico), 60 plántulas inoculadas con cepa D1 de *D. antarctica* y 60 plántulas inoculadas con cepa D2 de *D. antarctica*.

Cuadro 1. Valores promedios determinados para los parámetros morfológicos obtenidos en plántulas de *N. obliqua* testigos e inoculadas con las cepas de *D. antarctica*.

Tratamientos	Parámetros morfológicos			
	DAC (mm)	Largo (cm)		
		Tallo	Raíz	*Total
T	2,7 a	35,67 a	22,67 a	58,34 a
D1	2,8 a c	30,33 b	19,55 b	49,88 b
D2	3,1 b c	32,29 b	19,37 b	51,66 b

T: Plántulas testigos. D1: Plántulas inoculadas con cepa 1 de *D. antarctica*. D2: Plántulas inoculadas con cepa 2 de *D. antarctica*. DAC: Diámetro del cuello. *: Largo tallo + largo raíz. Los valores corresponden a la media de n = 60 plántulas por tratamiento. Los valores con letra distinta en la columna difieren significativamente (Test de Tukey-HSD p = 0,05).

4.1.1 Diámetro del cuello (DAC)

Al realizar el análisis de varianza para un nivel de confianza del 95%, entendiendo que los tratamientos son las variables independientes y el DAC es la variable dependiente o respuesta, se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, por lo cual, fue necesario realizar un test de comparaciones múltiples de Tukey, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, el cual demostró que existe diferencia estadísticamente significativa entre las plántulas testigo y las plántulas inoculadas con D2. Por el contrario no hubo diferencia estadística entre las plántulas del tratamiento con D1 con respecto al tratamiento con D2.

En el Cuadro 1, se observa que el valor promedio para la variable DAC en las plántulas testigo es de 2,7 mm, en cambio para las plántulas inoculadas con D2 se determinó un valor de 3,1 mm, representando una diferencia de un 13% respecto de las plántulas testigo. En cuanto a las plántulas inoculadas con D1, ellas obtuvieron un valor de 2,8 mm, lo que representa una diferencia de un 10% con respecto a las inoculadas con D2. (Detalle del análisis estadístico en Anexo 1)

Los resultados antes señalados difieren de los obtenidos por Barra (2004), quien en ensayos de inoculación micorrízica en plántulas de *N. obliqua* con las cepa D1 y D2 de *D. antarctica* bajo fertilización nitrogenada en condiciones de invernadero (13 semanas), obtuvo para su mejor testigo (sin inoculación micorrízica y sin fertilizantes) un promedio de 1,933 mm., y para su mejor tratamiento (plántulas de *N. obliqua* inoculadas con la cepa D2 de *D. antarctica* y fertilizada con 100Kg/ha de “Super Nitro”) obtuvo un valor de 1,721 mm. Por su parte, Carrillo (2001), en ensayos de cultivo de plántulas de *N. obliqua* no micorrizadas pero fertilizadas con Osmocote minipril 19-6-10 en condiciones de invernadero (6 meses), obtuvo un DAC promedio

de 1,86 mm para las plántulas testigo (sin fertilizar) y para su mejor tratamiento (6 Kg/m³ de fertilizante en sustrato de corteza de pino compostada) un valor de 2,26 mm. Los valores obtenidos para la variable DAC en los ensayos realizados por los autores antes citados difieren a los obtenidos en el presente ensayo, probablemente, debido a las condiciones de tratamiento (vivero), el cual no asegura condiciones homogéneas. Por el contrario, Strauch (2001), en ensayos para determinar costos asociados al proceso de desarrollo de plántulas de *N. obliqua* en vivero (6 meses), obtuvo valores de DAC que fluctuaron entre 2,8 y 10,3 mm., con un promedio de 6,23 mm. Por otra parte, Carvallo (1996) en ensayos de vivero (4 meses) con inoculación simple y combinada de los hongos *Pisolithus tinctorius* y *Laccaria laccata* en plántulas de *N. obliqua*, obtuvo un DAC promedio de 2,35 mm para plántulas testigo y un valor de 5,58 mm para el mejor tratamiento (*P. tinctorius* y *L. laccata* con fertilización el que consistió en 10 g x m² de Salitre sódico, 24 g x m² de Superfosfato triple y 15 g x m² de Sulfato de Potasio). Los resultados obtenidos en el presente ensayo semejan a los obtenidos por el último autor indicado, pues todos los valores determinados concuerdan con un alto valor para el mejor tratamiento y un menor valor para el testigo.

De acuerdo a Menzies (1988), las plántulas de mayor DAC, generalmente están asociadas a un mayor sistema de biomasa área y radicular, el cual le confiere a la planta un aceptable nivel de supervivencia para el crecimiento en terreno.

4.1.2 Largo tallo (cm)

En el presente estudio para la variable largo del tallo, se determinaron diferencias estadísticamente significativas de las plántulas testigos con respecto a las tratadas con las cepas

D1 y D2 de *D. antarctica*. En el Cuadro 1, se observa que la mayor altura promedio se registró para las plántulas testigo con un valor de 35,67 cm, y la menor altura promedio se presentó en las plántulas inoculadas con la cepa D1 con un valor de 30,33 cm., representando una diferencia de un 15% con respecto al testigo. El tratamiento con D2 (32,29 cm.) no difiere estadísticamente del tratamiento con D1.

Los resultados antes señalados semejan a los de Barra (2004), quien obtuvo para su mejor testigo (suelo natural más plántulas de *N. obliqua*) un valor de 15,497 cm. y para su mejor tratamiento (suelo natural con plántulas de *N. obliqua* inoculada con cepa D2 de *D. antarctica* y fertilizada con 100 Kg/ha de “Super Nitro”) un valor de 12,987 cm., registrando una diferencia de un 16,19 %, la semejanza radica en que las plántulas testigo de Barra (2004) y las del presente ensayo, tuvieron un valor superior a las plantas sometidas a tratamientos. Por el contrario, Carvallo (1996), determinó para la variable largo del tallo un valor promedio de 17,08 cm., para plántulas testigo (sin inoculación micorrízica y fertilizantes) y un valor de 57,45 cm., para su mejor tratamiento (*P. tinctorius* y *L. laccata* con fertilización: 10 g x m² de Salitre sódico, 24 g x m² de Superfosfato triple y 15 g x m² de Sulfato de Potasio). En cuanto a Strauch (2001), en ensayos para determinar costos asociados al proceso de desarrollo de plántulas de *N. obliqua* en vivero, determinó alturas entre los 21 y 85,60 cm., con un valor promedio de 48,64 cm. Los resultados señalados difieren a lo obtenido en el presente ensayo, puesto que esta variable morfológica está asociado comúnmente a la calidad del sitio (agua, nutrientes, etc.), debido a la interacción genotipo-ambiente, por lo que se generan variaciones en el crecimiento y tamaño de las plántulas (Strauch, 2001; Barra, 2004).

En el presente estudio se esperaba que para la variable largo del tallo el promedio de las plántulas tratadas con *D. antarctica* superaran a las testigo, pues al inocular plántulas con un

simbionte tendrían que mostrar un aumento de la biomasa aérea y radical, por los beneficios que el simbionte entrega a la planta, pero cabe señalar, que en forma natural las plántulas testigo e incluso las plántulas tratadas con D1 y D2 se inocularon con hongos micorrízicos del terreno (Fig. 2. B, C, D, E). Al respecto Stenström y Ek (1990) (citado por Peredo *et al.*, 1990), indican que hay evidencia de plantas inoculadas en vivero con hongos micorrízicos crecen menos que las plántulas testigos, sin embargo en terreno son capaces de recuperarse hasta superar a las que fueron más altas en el vivero.

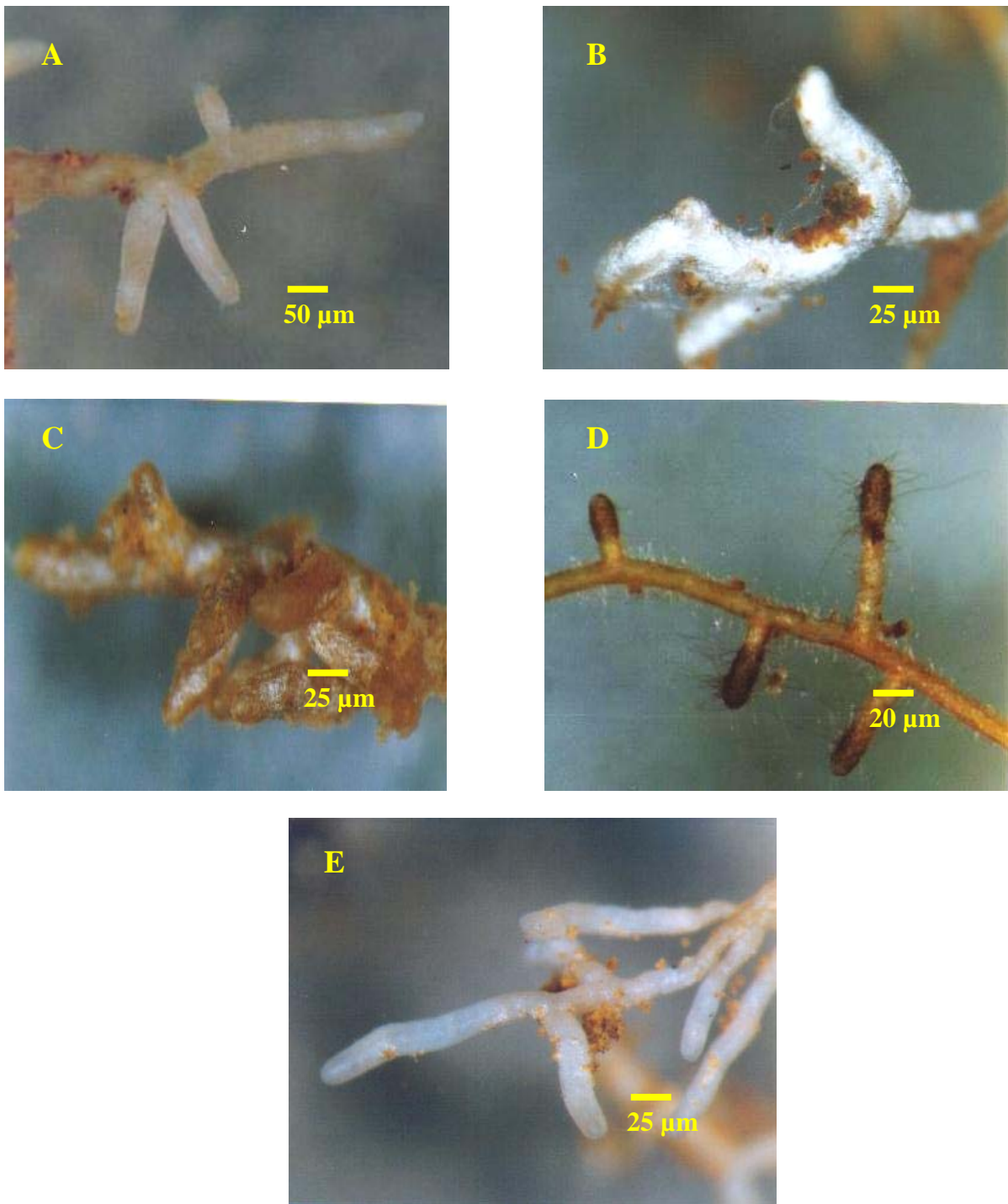


Figura 2. Fotografías de distintas micorrizas asociadas a raíces de plántulas de *Nothofagus obliqua* (testigos e inoculadas con cepas de *D. antarctica*). A) *Descolea antarctica*. B) Micorriza de micelio blanco. C) Micorriza de micelio café oscuro. D) Micorriza de morfología similar a *Cenococcum geophilum*. E) Micorriza de morfología similar a *Laccaria laccata*.

4.1.3 Largo raíz (cm)

En cuanto a la variable largo de raíz, se determinaron diferencias estadísticamente significativas de las plántulas testigo con respecto a las plántulas tratadas con D1 y D2. En el Cuadro 1, se puede observar que las plántulas testigo obtuvieron un promedio de 22,67 cm, en cambio las plántulas tratadas con la cepa D1, registraron un valor promedio de 19,55 cm, esto representa una diferencia de un 14% con respecto a las plántulas testigo. Las plántulas inoculadas con la cepa D2 obtuvieron un valor de 19,37 cm, registrándose una diferencia con respecto a las testigo de un 15%. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Barra (2004), quien para las plántulas testigo de su ensayo con suelo natural más plántulas de *N. obliqua*, obtuvo el mayor valor de 10,497 cm., mientras que el mejor de sus tratamientos (suelo natural con plántulas de *N. obliqua* inoculados con D1 y fertilizada con 100 Kg/ha de “Super Nitro”) obtuvo una media de 9,673 cm.

Por otra parte, los resultados del presente estudio difieren de los obtenidos por Strauch (2001), quien en ensayos para determinar costos asociados al proceso de desarrollo de plántulas de *N. obliqua* en vivero, determinó valores que oscilaron entre 13,10 y 23,10 cm., con un valor promedio de 17,73 cm. Por su parte Carvallo (1996) obtuvo un valor promedio de 11,63 cm., para su testigo (plántulas sin inoculación micorrízica y sin fertilización) y su mejor de 5 tratamientos obtuvo un valor de 18,15 cm. (plántulas micorrizadas con *P. tinctorius* y *L. laccata* y fertilizada con 10 g x m² de Salitre sódico, 24 g x m² de Superfosfato triple y 15 g x m² de Sulfato de Potasio).

Los tratamientos con D1 y D2 estaban realmente micorrizados por *D. antarctica* (Fig. 2 A), pero es de suma importancia señalar que durante el presente bioensayo realizado en

condiciones de invernadero, se observaron diferencias, probablemente debidas a que las plántulas inoculadas con las cepas de *D. antarctica*, desde un comienzo tuvieron problemas con el desarrollo radicular, al parecer estas plántulas gastaron más energía tratando de evadir la penetración del hongo micorrízico, siendo mayormente afectado las tratadas con D1, evidenciándose un bajo nivel de desarrollo y crecimiento de la biomasa aérea y radical, además, como consecuencia sufrieron un mayor número de pérdida de plántulas que las inoculadas con D2 al infectarse con hongos provocadores de *Damping-off*.

4.1.4 Largo total (cm)

Al analizar el largo total para las plántulas de los distintos tratamientos, se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre las plántulas testigo con respecto a las plántulas inoculadas con las cepas D1 y D2. Al testigo se le determinó un valor mayor (58,34 cm.) en comparación a los otros tratamientos (D1=49,88 y D2=51,66).

Los resultados del presente ensayo concuerdan con los de Barra (2004), quien en plántulas de *N. obliqua* obtuvo un valor promedio de 25,993 cm. para su mejor testigo (sin inoculación micorrízica) y su mejor tratamiento (suelo natural con plántulas de *N. obliqua* inoculadas con cepa 1 de *D. antarctica* y fertilizada con 100 kg/ha de “Super Nitro”) obtuvo un valor promedio de 22,537 cm. La similitud entre ambos ensayos está dada por el mayor valor obtenido por el testigo en contraste al menor valor obtenido para su tratamiento con *D. antarctica*. Por el contrario, los resultados del presente ensayo difieren a los obtenidos por Carvalho (1996), quien registró para la variable largo total un valor promedio de 28,71 cm. en las plántulas testigo (sin inoculación micorrízica y sin fertilización) y para su mejor tratamiento (plántulas con inoculación

combinada de *P. tinctorius* y *L. laccata* fertilizadas con 10 g x m² de Salitre sódico, 24 g x m² de Superfosfato triple y 15 g x m² de Sulfato de Potasio) obtuvo un valor de 75,6 cm. Las diferencias observadas del presente estudio y el realizado por Carvalho (1996), podrían deberse al período de inoculación de las plántulas, ya que este autor las inoculó en un tiempo propicio, cuando las plántulas tienen formada la gran mayoría de las raíces laterales, en contraste al presente ensayo en que la inoculación fue hecha en semillas germinadas, provocando de esta forma un stress post-inoculación que tuvo como consecuencia un retraso en el crecimiento inicial de las plántulas, lo cual está expresamente mostrado en los bajos valores obtenidos por D1.

4.2 Parámetros de peso fresco y seco obtenidos de plántulas de *N. obliqua* testigos e inoculadas con cepas de *D. antarctica*

En el Cuadro 2, se muestran los valores promedios para las variables morfológicas, peso fresco tallo, peso fresco raíz, peso fresco total, peso seco tallo, peso seco raíz y peso seco total de plántulas de *N. obliqua* testigos e inoculadas con cepas de *D. antarctica*.

Cuadro 2. Valores promedios obtenidos para las variables peso fresco y peso seco en plántulas de *N. obliqua* testigos e inoculadas con las cepas de *D. antarctica*.

Tratamientos	Parámetros Morfológicos					
	Peso fresco (g)			Peso seco (g)		
	Tallo	Raíz	*Total	Tallo	Raíz	**Total
T	5,01 a	1,90 a	6,91 a	1,49 a	0,51 a	2 a
D1	3,66 b	1,57 b	5,23 b	1,06 b	0,39 b	1,45 b
D2	4,97 a	1,90 a	6,87 a	1,44 a	0,45 a	1,89 a

T: Plántulas testigos. D1: Plántulas inoculadas con cepa 1 de *D. antarctica*. D2: Plántulas inoculadas con cepa 2 de *D. antarctica*. *: Peso fresco tallo + peso fresco raíz. **: Peso seco tallo + peso seco raíz. Los valores corresponden a la media de n = 60 plántulas por tratamiento. Los valores con letra distinta en la columna difieren significativamente (Test de Tukey-HSD p = 0,05).

4.2.1 Peso fresco tallo (g)

En el Cuadro 2, se observa que para la variable peso fresco del tallo, el testigo difiere significativamente del tratamiento con D1, y que a la vez, existe diferencia significativa entre los tratamientos D1 y D2, puesto que el promedio de las plántulas testigo registró un valor de 5,01 g en comparación a tratamiento con D1 que presentó un valor de 3,66 g y este tratamiento tiene una diferencia de un 26,35% con respecto al tratamiento con D2 (4,97 g).

Barra (2004), en un estudio semejante, obtuvo un valor promedio de 0,733 g para su mejor testigo (sin inoculación micorrízica) y para su mejor tratamiento (plántulas inoculadas con la cepa 2 de *D. antarctica* más 100 Kg/ha de fertilizante “Super Nitro”) un valor de 0,5 g., determinando de esta forma que el testigo obtiene un valor mayor a los tratamientos. Por otra

parte, Carvallo (1996), obtuvo para la variable peso fresco tallo un valor de 1,30 g para su testigo (sin inoculación y sin fertilizante), su mejor tratamiento (inoculación combinada de *P. tinctorius* y *L. laccata* fertilizada con 10 g x m² de Salitre sódico, 24 g x m² de Superfosfato triple y 15 g x m² de Sulfato de Potasio) obtuvo un valor de 13,02 g., nuevamente este autor obtiene buenos resultados para sus tratamientos en relación a su testigo, puesto que este parámetro está estrechamente relacionado con el diámetro del cuello (DAC), por lo tanto, a mayor DAC mayor será el peso fresco del tallo.

4.2.2 Peso fresco raíz (g)

En el Cuadro 2, se observa que para la variable peso fresco raíz, las plántulas testigo mostraron diferencia estadísticamente significativas con respecto al tratamiento con D1, y a la vez, existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos representados por D1 y D2.

El mejor promedio corresponde a los tratamientos con D2 y testigo, presentando igual valor de 1,90 g, por el contrario, el tratamiento con D1 presentó un valor muy bajo de 1,57 g, representando de ésta forma una diferencia de un 17,36 % con respecto al tratamiento D2 y testigo.

Los resultados señalados anteriormente difieren de los obtenidos por Barra (2004), quien en un estudio anterior presentó para plántulas de *N. obliqua* un valor promedio de 0,4 g para su mejor testigo (plántulas de *N. obliqua* fertilizadas con 300 Kg/ha de Super Nitro”) y un valor de 0,567 g para su mejor tratamiento (plántulas de *N. obliqua* inoculadas con cepa 2 de *D. antarctica* y fertilizada con 100 Kg/ha de “Super Nitro”). Por su parte, Carvallo (1996), registró un valor

promedio de 0,53 g para su testigo (sin inoculación micorrízica y sin fertilizantes) y un valor de 3,07 g para su mejor tratamiento (plántulas de *N. obliqua* inoculadas con *P. tinctorius* y *L. laccata* y a la vez fertilizadas con 10 g x m² de Salitre sódico, 24 g x m² de Superfosfato triple y 15 g x m² de Sulfato de Potasio). De acuerdo a los resultados de Carvallo (1996), los tratamientos obtuvieron mejores resultados que el testigo, sin embargo, en el presente estudio uno de los tratamientos (D2) presentó igual resultado que el testigo, esto podría deberse a que las plántulas testigos se inocularon en forma natural con micorrizas que existían en el vivero y por lo tanto, estas plántulas crecieron en forma similar al tratamiento.

4.2.3 Peso fresco total (g)

En el presente estudio para la variable peso fresco total, se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre las plántulas testigo y tratadas con D1, asimismo hubo diferencia estadística entre las plántulas tratadas con D1 con respecto a las plántulas tratadas con D2. En el Cuadro 2, se puede apreciar que el testigo obtiene un valor promedio de 6,91 g siendo levemente mayor a D2, el cual obtuvo un promedio ponderado de 6,87 g, en cambio, el valor más bajo corresponde al tratamiento con D1, con un valor de 5,23 g.

Estos resultados concuerdan a los obtenidos por Barra (2004), en que el valor más alto de 1,123 g es obtenido por uno de sus testigos (sin inoculación micorrízica y sin fertilizante) y su mejor tratamiento (plántulas de *N. obliqua* inoculadas con cepa 2 de *D. antarctica* y fertilizada con 100 Kg/ha de “Super Nitro”), obtuvo un valor de 1,067 g.

4.2.4 Peso seco tallo (g)

Al analizar la variable peso seco del tallo, se establece que las plántulas testigo difieren en forma estadísticamente significativa de las plántulas tratadas con D1, y a la vez D1 difiere de las tratadas con D2. En el Cuadro 2, se observa que el testigo posee el valor mayor (1,49 g) y el menor valor esta representado por el tratamiento con D1 (1,06 g).

Barra (2004), obtuvo un valor promedio para esta variable de 0,358 g para su mejor testigo (plántulas de *N. obliqua* fertilizadas con 300 Kg/ha de “Super Nitro”) y un valor de 0,353 g para su mejor tratamiento (plántulas de *N. obliqua* inoculadas con cepa 2 de *D. antarctica* y fertilizadas con 100 Kg/ha de “Super Nitro”). Estos resultados semejan a los obtenidos en el presente ensayo, puesto que el testigo arrojó un valor promedio mayor que los tratamientos, además este parámetro está relacionado con la longitud de la parte aérea, a mayor altura mayor será el peso seco del tallo.

En estudios semejantes Carvalho (1996), obtuvo para su testigo (sin inoculación micorrízica y sin fertilizante) un valor de 0,32 g, y para su mejor tratamiento (inoculación combinada de *P. tinctorius* y *L. laccata* fertilizada con 10 g x m² de Salitre sódico, 24 g x m² de Superfosfato triple y 15 g x m² de Sulfato de Potasio) un valor de 3,46 g. Por otra parte, Strauch (2001), obtuvo valores que oscilaron entre 0,22 y 9,43 g con un promedio de 3,12 g. en ensayos para costos asociados al proceso de desarrollo en el primer período vegetativo en plántulas de *N. obliqua*. Los resultados obtenidos por estos autores difieren claramente de los mostrados en el Cuadro 2, se puede señalar que el testigo en el presente ensayo es un buen indicador de la calidad en plántulas.

4.2.5 Peso seco raíz (g)

En el Cuadro 2, se observa que para la variable peso seco promedio de la raíz, hubo diferencia estadísticamente significativas de las plántulas testigo con respecto a las plántulas del tratamiento con D1, puesto que el testigo posee un valor mucho mayor de 0,51 g con respecto a D1 (0,39 g), presentando de esta forma una diferencia de 23,52%. Sin embargo, el testigo no mostró diferencia estadística con el tratamiento D2 (0,45 g).

Los resultados antes señalados concuerdan con los obtenidos por Barra (2004), dado que el testigo obtuvo un valor mayor a los tratados con las cepas de *D. antarctica*, puesto que esta autora obtuvo un valor promedio de 0,442 g para su mejor testigo (plántulas de *N. obliqua* fertilizadas con 300 Kg/ha de “Super Nitro”) y para su mejor tratamiento (plántulas de *N. obliqua* inoculadas con cepa 2 de *D. antarctica* y fertilizada con 100 Kg/ha de “Super Nitro”) un valor 0,424 g.

Por otra parte, Carvallo (1996), obtuvo para su testigo (sin inoculación micorrízica y sin fertilizante) un valor de 0,10 g y su mejor tratamiento (plántulas de *N. obliqua* inoculadas con *P. tinctorius* y *L. laccata* y a la vez fertilizadas con 10 g x m² de Salitre sódico, 24 g x m² de Superfosfato triple y 15 g x m² de Sulfato de Potasio) obtuvo un valor de 0,65 g. Por su parte Strauch (2001), registró en ensayos para costos asociados al proceso de desarrollo de plántulas de *N. obliqua*, valores que fluctuaron entre 0,52 y 4,69 g, con un promedio de 1,85 g. Los valores mostrados anteriormente, difieren de los resultados obtenidos en el presente estudio; puesto que desde un comienzo las plántulas testigo mostraron un rápido crecimiento en altura y por ende, obtuvieron mayores valores tanto en el peso fresco como en el peso seco de la raíz.

4.2.6 Peso seco total (g)

El análisis del peso seco total (PS tallo + PS raíz), muestra que las plántulas testigo difieren estadísticamente del tratamiento D1, como así las plántulas del tratamiento D2 difieren estadísticamente con las del tratamiento D1.

En el Cuadro 2, se observa que el valor dado para las plántulas testigo es de 2 g en comparación al tratamiento con D1 (1,45 g), mostrando una diferencia de un 27,5%, y a la vez el tratamiento D2 (1,89 g) muestra una diferencia de un 23,2% con respecto al tratamiento D1.

Los resultados del presente estudio muestran una tendencia similar a los de Barra (2004), quien obtuvo un valor de 0,526 g para su mejor testigo (plántulas de *N. obliqua* fertilizada con 300 Kg/ha de “Super Nitro”) y un valor de 0,496 g para su mejor tratamiento (plántulas de *N. obliqua* inoculadas con cepa 2 de *D. antarctica* y fertilizadas con 100 Kg/ha de “Super Nitro”). La tendencia del presente estudio y el de Barra (2004) está dada por el mejor valor obtenido por el testigo en contraste a los tratamientos con cepas fúngicas inoculadas en forma artificial. La diferencia mostrada en este parámetro indica que, mientras mayor sea el diámetro del cuello mayor será el peso seco total.

De acuerdo a esta variable (peso seco total), Thompson (1985) indica que una planta de buena calidad podría ser aquella que presente el mayor peso posible para producir un mayor crecimiento, siempre que exista un adecuado balance entre tallo y raíz para su eventual sobrevivencia en un sitio dado.

4.3 Índices morfológicos para plántulas de *N. obliqua* testigos e inoculadas con cepas de *D. antarctica*

En el Cuadro 3, se observan los valores promedios de las relaciones Largo tallo/Largo raíz, Diámetro de cuello/Largo tallo, Peso seco tallo/ Peso seco raíz, y por otra parte, el cuociente de vigorosidad, los índices de Dickson y de Ritchie determinados para plántulas de *N. obliqua* testigo e inoculadas con cepa D1 y D2 de *D. antarctica*.

Cuadro 3. Valores promedios de relaciones, cuocientes e índices determinados para plántulas de *N. obliqua* testigos e inoculadas con las cepas de *D. antarctica*.

Tratamientos	Índices Morfológicos					
	Relación			Cuociente e Índices		
	LT/LR	DAC/LT	PST/PSR	Cuociente de vigorosidad	Índice de Dickson	Índice de Ritchie
T	1,61 a	1: 137 a	3,07 a b	13,71 a	0,08 a b	0,015 a b
D1	1,58 a	1:111 b	2,84 b	11,13 b	0,07 b	0,013 b
D2	1,74 a	1:108 b	3,2 a	10,76 b	0,09 a	0,017 a

T: Plántulas testigos. D1: Plántulas inoculadas con cepa 1 de *D. antarctica*. D2: Plántulas inoculadas con cepa 2 de *D. antarctica*. 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 = 60 plántulas por cada tratamiento. Los valores con letra distinta en la columna difieren significativamente (Test de Tukey- HSD, p = 0,05).

4.3.1 Relación Largo tallo/Largo raíz (LT/LR)

Al realizar el análisis de varianza, para la variable LT/LR, no se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Sin embargo, como se observa en el Cuadro 3, el tratamiento con D2 obtuvo un valor promedio mayor de 1,74 y el menor valor fue determinado para el tratamiento con D1 (1,58).

Aguilera y Fehlandt (1981), indican que una relación raíz/tallo es más favorable mientras es más cercano a 1, lo que es lógico si se piensa que esto indica que existe un mejor equilibrio entre la biomasa aérea y la biomasa radicular.

Como se señaló en el presente estudio, esta variable no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, sin embargo, el menor valor está representado por el tratamiento con D1 (1,589) mientras que el mayor valor está representado por el tratamiento con D2 (1,74), si estos valores se expresan como relación raíz/tallo según lo descrito por Aguilera y Fehlandt (1981), entonces se obtiene que, el testigo arroja un valor promedio de 0,663, el tratamiento D1 un valor de 0,659 y el tratamiento con D2 obtiene un valor de 0,629, por lo tanto, el testigo es el que más se acerca a 1, representando de esta forma a las plántulas con un mejor balance morfológico.

Los resultados antes mencionados difieren de lo obtenido por Barra (2004), puesto que el mayor valor (1,535) lo presenta uno de sus testigos (sin inoculación micorrízica y sin fertilización) y su mejor tratamiento (plántulas de *N. obliqua* inoculadas con cepa 2 de *D. antarctica* y fertilizada con 100 Kg/ha de “Super Nitro”) obtuvo un valor de 1,465 para la relación LT/LR.

Lavender (1984) indica que esta relación puede variar como resultados de factores tales como tamaño o edad de las plántulas, constitución genética, condiciones medioambientales de crecimiento y prácticas culturales.

4.3.2 Relación Diámetro del cuello/Largo tallo (DAC/LT)

Para la relación dada por el DAC/LT (Cuadro 3), se determinaron diferencias estadísticamente significativas de las plántulas testigo con respecto a las tratadas con D1 y D2. Para el testigo se determinó un valor promedio de 1:137 superior al tratamiento con D1 (1:111) y mayor que el tratamiento con D2 (1:108).

Estos resultados difieren de los de Barra (2004), quien obtuvo para su mejor testigo (sin inoculación micorrízica y sin fertilizante) un valor de 1:78 y el valor promedio más alto fue de 1:80 para plántulas de *N. obliqua* inoculadas con cepa 1 de *D. antarctica* y fertilizada con 100 Kg/ha de "Super Nitro". Esta relación indica que a menor valor del diámetro del cuello mayor será la relación DAC/LT, por lo tanto, en el presente ensayo los valores más bajos del diámetro del cuello fueron obtenidos por el testigo con un valor de 2,7 en comparación a los otros tratamientos (ver Cuadro 1).

Strauch (2001), en su trabajo con plántulas de *N. obliqua*, en ensayos para costos asociados al proceso de desarrollo en el primer período vegetativo, obtuvo un valor promedio de 1:79, sin embargo, se indica que para una óptima relación, y por lo tanto, para que una planta presente una buena calidad así como también una mejor sobrevivencia en terreno, las plántulas tendrían que tener un valor de 1:66, de acuerdo a lo mencionado anteriormente, en el presente estudio, el mejor tratamiento para la relación DAC/LT correspondería al tratamiento con D2.

4.3.3 Relación Peso seco tallo/Peso seco raíz (PST/PSR)

Al analizar la relación PST/PSR, se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos D1 y D2, pero el tratamiento con D2 no difiere del testigo y el testigo tampoco difiere del tratamiento D1. En el Cuadro 3, se puede observar, que el tratamiento D1 presenta un valor promedio menor que los otros tratamientos (2,84) y el mejor valor fue determinado para el tratamiento con D2 con un valor de 3,2.

Estos resultados difieren de los de Barra (2004), quien estimó para plántulas de *N. obliqua* un valor de 1,998 para su mejor testigo (sin inoculación micorrízica y sin fertilizante) y un valor de 1,292 para plántulas de *N. obliqua* inoculadas con cepa 2 de *D. antarctica* y fertilizadas con 100 Kg/ha de “Super Nitro”.

4.3.4 Cuociente de Vigorosidad

El cuociente de vigorosidad indica la relación Largo del tallo/Diámetro del cuello. Para esta variable se determinaron diferencias estadísticamente significativas del testigo con respecto a los tratamientos con D1 y D2. Para el testigo se determinó un valor medio de 13,71, que representa una diferencia de 21,51 % con respecto al tratamiento D2 y a la vez el testigo muestra una diferencia de 18,81% con respecto al tratamiento D1.

Los resultados antes señalados difieren de los obtenidos por Barra (2004), quien obtuvo un valor de 7,774 para plántulas de *N. obliqua* sin inoculación micorrízica y sin fertilizante (testigo) y un valor de 7,965 para plántulas de *N. obliqua* inoculadas con cepa 1 de *D. antarctica* y fertilizadas con 100 Kg/ha de “Super Nitro” (mejor tratamiento), por el contrario, el valor más

bajo fue obtenido por uno de sus 3 testigos, quien registró un valor de 6,198 para plántulas de *N. obliqua* fertilizadas con 300 Kg/ha de “Super Nitro” y un valor de 6,600 para su menor tratamiento (plántulas de *N. obliqua* inoculadas con cepa 1 de *D. antarctica* y fertilizadas con 100 Kg/ha de “Super Nitro”). El cuociente de vigorosidad está estrechamente relacionado con el diámetro del cuello en la predicción de la supervivencia y establecimiento en el campo, puesto que las plantas presentarían una mejor habilidad para soportar daños mecánicos.

4.3.5 Índice de calidad de Dickson

El índice de calidad de Dickson, es la medida resultante del cuociente entre el peso seco total de la planta y la suma de las relaciones Altura total/Diámetro del cuello y Peso seco tallo/Peso seco raíz. Se determinó que existe diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento D1 y D2, sin embargo, no se determinó diferencia estadística entre el tratamiento con D1 y el testigo, tampoco entre el tratamiento D2 y el testigo.

En el Cuadro 3, se observa que el mayor valor se determinó para el tratamiento D2 (0,09) y el menor valor fue determinado para el tratamiento D1 (0,07). Por el contrario, los resultados obtenidos por Barra (2004), registraron un valor de 0,023 para plántulas de *N. obliqua* fertilizadas con 300 Kg/ha de “Super Nitro” (plántulas testigo) y un valor de 0,022 para plántulas de *N. obliqua* inoculadas con cepa 2 de *D. antarctica* y fertilizadas con 100 Kg/ha de “Super Nitro” (mejor tratamiento). Se conoce que el diámetro del cuello es un buen indicador de la calidad de la planta, por lo tanto a mayor diámetro del cuello mayor índice de Dickson. Es claro, además, que este índice es capaz de predecir la calidad basada en el ambiente nutritivo (fertilidad del suelo) en que las plántulas fueron cultivadas.

4.3.6 Índice de calidad de Ritchie

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 tallo/Diámetro del cuello y Peso fresco tallo/Peso fresco raíz.

En el Cuadro 3, se observa que existe diferencia estadística entre el tratamiento D1 y el tratamiento D2, por el contrario, los tratamientos D1 y D2 no difieren en forma significativa del testigo. El valor correspondiente al tratamiento D1 es de 0,013 representando una diferencia de un 23,52% con respecto al tratamiento D2.

Los resultados determinados en el presente estudio difieren de lo obtenido por Barra (2004), quien determinó en sus ensayos de micorrización-fertilización un valor de 0,0048 para su testigo (plántulas de *N. obliqua* fertilizadas con 300 Kg/ha de “Super Nitro”) y un valor de 0,0042 para plántulas de *N. obliqua* inoculadas con cepa 2 de *D. antarctica* y fertilizada con 100 Kg/ha de “Super Nitro” (mejor tratamiento).

El diámetro del cuello esta relacionado con el peso seco total, por ende, a mayor peso seco total mayor es el índice de Ritchie.

Finalmente es posible concluir:

- En plántulas de *Nothofagus obliqua* (Roble), inoculadas con las cepas D1 y D2 de *Descolea antarctica* se determinó micorrización.
- Estadísticamente de acuerdo a las variables morfológicas evaluadas el mejor tratamiento corresponde al testigo, sin embargo, para la variable peso fresco raíz el tratamiento D2 fue igual al testigo.
- Estadísticamente de acuerdo a las relaciones LT/LR y PST/PSR el mejor tratamiento corresponde a D2 y en cuanto a la relación DAC/LT corresponde al testigo. En cuanto al cociente de vigorosidad, el mejor tratamiento corresponde al testigo y de acuerdo a los índices morfológicos al realizado con D2.
- Estadísticamente al comparar los parámetros morfológicos de los tratamientos con las cepas D1 y D2 de *D. antarctica*, los mayores valores siempre correspondieron al tratamiento con D2.
- En condiciones de vivero, todas las plántulas de *N. obliqua* fueron micorrizadas en forma natural por hongos micorrízicos distintos a *D. antarctica*, esto influyó positivamente en el crecimiento y desarrollo de las plántulas testigo.
- El tiempo considerado para la evaluación de los tratamientos (2 meses en invernadero más 4 meses y 18 días en vivero) pudo no ser el óptimo para llegar a observar la eficiencia de la micorrización en plántulas de *N. obliqua*, por lo cual se debe considerar esta variable en próximos trabajos.
- De acuerdo a los resultados obtenidos la hipótesis planteada es rechazada.

5. LITERATURA CITADA

Aguilera, L. y Fehlandt, A. (1981). Desarrollo inicial de *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oerst., *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Bl. y *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Bl. Bajo tres grados de sombra. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Univ. Austral de Chile. 101p.

Alvarez, M., Godoy, R., Heyser, W. y Härtel, S. (2004). Surface-bound phosphatase activity in living hyphae of ectomycorrhizal fungi of *Nothofagus obliqua*. *Mycologia* 96 (3):479-487.

Alvarez, M., Godoy, R., Heyser, W. y Härtel, S. (2005). Anatomical-physiological determination of surface bound phosphatase activity in ectomycorrhizae of *Nothofagus obliqua*. *Soil Biology & Biochemistry* 37:125-132.

Armesto, J., Rozzi, R. y León-Lobos, P. (1995). Ecología de los bosques chilenos: síntesis y proyecciones. En: Armesto, J.; Villagrán, C. y Arroyo, M. K. (eds.). Ecología de los bosques nativos de Chile. Santiago, Chile. Ed. Universitaria 421p.

Arroyo, M.; Armesto, J.; Rozzi, R. y Peñaloza, A. (1999). Bases de la sustentabilidad ecológica y sus implicaciones para el manejo y conservación del bosque nativo en Chile. En: Donoso, C. y Lara, A. (eds.). Silvicultura de los bosques nativos de Chile. Santiago, Chile. Ed. Universitaria.421p.

Azcón-G. de Aguilar y Barea, J.(1980). Micorrizas. *Investigación y Ciencia*. 47: 8-16.

Bago, B., Pfeffer, P.E. y Shachar-Hill, Y. (2000). Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. *Plant Physiology* 124: 949-958.

Barker, S.J., Tagu, D. y Delp, G. (1998). Regulation of root and fungal morphogenesis in mycorrhizal symbiosis. *Plant Physiology* 116:1201-1207.

Barra, M. (2004). Ensayos de inoculación micorrízica en *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., en condiciones de invernadero. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Univ. Austral de Chile. 59p.

Brundrett, M. C. (2002). Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytologist* 154 (2):275.

Brunner, I. (2001). Ectomycorrhizas: their role in forest ecosystems under the impact of acidifying pollutants. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics* 4 (1): 13-27.

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. Ingeniería Forestal. Valdivia. Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 88p.

Carrillo, R.; Godoy, R. y Peredo, H. (1992). Simbiosis micorrícica en comunidades boscosas del Valle Central en el Sur de Chile. *Bosque* 13(2):57-67.

Carvallo, L. (1996). Ensayos de inoculación simple y combinada en vivero. Tesis Prof. Biología-Química y Ciencias Naturales. Facultad de Filosofía y Humanidades. Univ. Austral de Chile. Valdivia. 54p.

Donoso, C. (1979). Variación y tipo de diferenciación en poblaciones de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.). *Bosque* 3 (1):1-14.

Donoso, C. (1981). Tipos forestales de los bosques Nativos de Chile. Investigación y Desarrollo forestal. Documento de trabajo N° 38. FO: DP/CHI/76/003. Santiago CONAF. 70p.

Donoso, C. (1997). Ecología Forestal. El Bosque y su Medio Ambiente. 5ª Ed. Santiago, Editorial Universitaria. 368p.

Donoso, C. y Lara, A. (1996). Utilización de los bosques nativos de Chile: Pasado, Presente y Futuro. En: Armesto, J., Villagrán, C. y Arroyo, M. K. (eds). Ecología de los bosques nativos de Chile. Santiago, Chile. Ed. Universitaria. 421p.

Donoso, P.; Gonzáles, M.; Escobar, B.; Basso, J. y Otero, L. (1999). Viverización y Plantación de Raulí, Roble y Coigue en Chile. En. Donosos, C. y Lara, A. (eds). Silvicultura de los Bosques nativos de Chile. Santiago de Chile. Ed. Universitaria. 421p.

Duryea, M. (1984). Nursery cultural practices: Impacts on seedling quality. 143-164p. In: Duryea, M y Landis, T. (eds). Forest nursery manual. Production of bareroot seedling. Oregon State University. Corvallis, Oregon, U.S.A. 386p.

Godoy, R. y Mayr, R. (1989). Caracterización Morfológica de micorrizas vesículo arbusculares en coníferas endémicas del Sur de Chile. *Bosque* 10 (2):89-98.

Gonzáles, M. (1993). Estudio del efecto de diferentes regimenes de acondicionamiento en plantas de Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oerst) 1-0 a raíz desnuda. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Univ. Austral de Chile. 112 p.

Harley, J. y Smith, S. (1983). Mycorrhizal symbiosis. Academic Press. Londres. 483p.

Lara, A.; Donoso, C. y Aravena, J.C. (1995). La conservación del Bosque nativo en Chile: problemas y desafíos. En: Armesto, J.; Villagrán, C. y Arroyo, M. K. (eds). Ecología de los bosques nativos de Chile. Santiago, Chile. Ed. Universitaria. 421p.

Lavender, D. (1984). Plant physiology and nursery environment interactions affecting seedling growth. In: Duryea, M. y Landis, T. (eds). Forest nursery manual. Production of bareroot seedlings. Oregon State University. Corvallis, Oregon. U.S.A. 386p.

Loewe, V., Toral, M., Mery, A., Camelio, M., López, C. y Urquieta, E. (1998). Monografía *Nothofagus obliqua*. Potencialidad de Especies y Sitios para una diversificación Silvícola Nacional. Impreso por Nuenschwander & Cruz. Santiago Chile. 90p.

Magaña, S. de M. (1999). Crecimiento y supervivencia de repoblaciones forestales sobre terrenos agrícolas con *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus pinea* L. producidos en vivero sobre diferentes sustratos e inoculados con *Rhizopogon roseolus* (Corda) Th. M. Fr. Trabajo práctico Tutorado. Universitat de Lleida. <http://labpatfor.udl.es/tptpfc/DeMiguelTPT.pdf>

Menzies, M. (1988). Seedling quality and seedlings specifications of Radiata pine. In: What's new in forest research. Forest research Institute. Rotrua, New Zealand. N° 171. 4p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2003) Situación forestal en la región de América Latina y el Caribe 2002. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile 2003.
<http://www.rlc.fao.org/organos/coflac/2002/pdf/situacion02.pdf>

Peñuelas, J. L. y Ocaña, L. (1996). Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 190p.

Peredo, H., Valenzuela, E. y Alonso, O. (1990). Efecto de la micorrización en plantaciones y viveros forestales de CORFONE SA y la factibilidad de aprovechar comercialmente este

subproducto del bosque. Informe de convenio 189. Serie Técnica. Universidad Austral de Chile. 19p.

Pereira, G., Roldan, I. y Herrera, M. A. (1998). Micorrizas en especies leñosas. Edita: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección general de Información y Gestión de Ayudas. Colección: Informaciones Técnicas 57/98. 40p.

Pérez-Moreno, J. y Read, DJ. (2004). Ectomycorrhizal fungi, living ties that bind and nurture plants in nature. *Interciencia* 29 (5):239.

Powell, C. Ll. y Bagyaray, J. (1984). VA Mycorrhiza. Boca Raton, Florida. CRC Press. 234p.

Riquelme, C. (1991). Eficiencia y compatibilidad de HMVA en *Eucalyptus camaldulensis* Den y *Quillaja saponaria* Mol. Tesis Biología-Química y Ciencias Naturales. Facultad de Filosofía y Humanidades. Univ. Austral de Chile. 69p.

Romero, R. (1992). Status micotrófico de la flora vascular en comunidades boscosas de coníferas nativas. Tesis Biología-Química y Ciencias Naturales. Facultad de Filosofía y Humanidades. Univ. Austral de Chile. 75p.

Singer, R. (1969). Mycoflora Australis. Stuttgart: Verlag Von J. Cramer. 405p

Strauch, R. (2001). Desarrollo de plantas de Roble-Raulí (tipo 1-1) durante el primer período vegetativo y costos asociados al proceso. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Univ. Austral de Chile. 67p.

Thompson, B. (1985). Seedling morphological evaluation what you can tell by looking. 59-71. p
In: Duryea, M. (ed). Proceeding: Evaluating seedling quality: principle, procedure and predictive Abilities of major test. Oregon State University. Corvallis, Oregon. U.S.A. 143p.

Turnau, K.; Kottke, I. y Dexheimer, J. (1996). Toxic element filtering in *Rhizopogon roseolus/Pinus sylvestris* Mycorrhiza collected from dumps. *Mycological Research* 100:16-22.

Valenzuela, E.; Moreno, G. y Grinbergs, J. (1992). Agaricales *sensu lato* de Chile. Boletín Sociedad Micológica de Madrid, 17:81-93.

Valenzuela, E. (1998). Guía de campo para setas (Agaricales) de la Isla Teja, Valdivia. Universidad Austral de Chile. 50p.

Vogt, K.; Asbjornsen, H.; Ercelawn, A.; Montagnini, F. y Valdés, M. (1997). Roots and Mycorrhizas in Plantation Ecosystems. Capítulo 8. In: Nambiar, E.; Brown, A. (eds). Management of soil, Nutrients and water in Tropical plantation forest. ACIAR, CSIRO, CIFOR. Canberra, Australia. 247-296p.

Yu TEJC, Egger KN y Peterson RL. (2001). Ectendomycorrhizal associations characteristics and functions. *Mycorrhiza* 11 (4): 167-177.

ANEXOS

**TABLA 1. TABLAS DE DATOS CON LAS VARIABLES MORFOLÓGICAS
ANALIZADAS EN PLÁNTULAS DE *Nothofagus obliqua* INOCULADAS CON
Descolea antarctica (D 1)**

***Nothofagus obliqua* inoculado con *Descolea antarctica* (D1)**

N° Planta	Parámetros Morfológicos										Índices Morfológicos					
	DAC (mm)	Largo (cm)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relaciones			Vigor	Índice Dickson	Índice Ritchie
		Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/LT	PST/PSR			
1	2	35	17,2	52,2	4,37	1,54	5,91	1,21	0,4	1,61	2,0349	1:175	3,025	17,5	0,055279	0,00905
2	2	28,3	17,7	46	2,43	0,78	3,21	0,69	0,17	0,86	1,5989	1:142	4,0588235	14,15	0,031783	0,00595
3	2	23,2	20	43,2	2,06	1,34	3,4	0,66	0,41	1,07	1,16	1.116	1,6097561	11,6	0,046101	0,0091
4	3	24	24	48	2,57	1,39	3,96	0,81	0,38	1,19	1	1:80	2,1315789	8	0,065631	0,01454
5	3	31,4	12	43,4	3,88	1,34	5,22	1,14	0,36	1,5	2,6167	1:105	3,1666667	10,47	0,085066	0,01395
6	3	34,3	16	50,3	3,8	1,16	4,96	1,2	0,32	1,52	2,1438	1:114	3,75	11,433	0,074086	0,01292
7	2	26	21,6	47,6	2,21	1,38	3,59	0,64	0,35	0,99	1,2037	1:130	1,8285714	13	0,038629	0,00752
8	4	34,7	21,5	56,2	4,8	1,63	6,43	1,43	0,41	1,84	1,614	1:87	3,4878049	8,675	0,104916	0,02051
9	2	22,1	17,5	39,6	1,27	0,57	1,84	0,39	0,17	0,56	1,2629	1:111	2,2941176	11,05	0,025346	0,00497
10	4	41,1	25,2	66,3	5,42	2,3	7,72	1,6	0,55	2,15	1,631	1:103	2,9090909	10,275	0,110346	0,02046
11	2	24,5	19,6	44,1	2,24	0,91	3,15	0,63	0,22	0,85	1,25	1:123	2,8636364	12,25	0,034118	0,0068
12	3	29,1	16,3	45,4	3,01	2,21	5,22	1,01	0,59	1,6	1,7853	1:97	1,7118644	9,7	0,094983	0,01627
13	2	24,2	20,8	45	3,04	1,05	4,09	0,79	0,27	1,06	1,1635	1:121	2,9259259	12,1	0,04169	0,00856
14	3	37,2	17,3	54,5	6,04	1,71	7,75	1,7	0,4	2,1	2,1503	1:124	4,25	12,4	0,09368	0,01647
15	3	37,8	23,4	61,2	4,23	1,98	6,21	1,25	0,48	1,73	1,6154	1:126	2,6041667	12,6	0,075204	0,0135
16	3	30,8	16,7	47,5	2,75	0,84	3,59	0,83	0,24	1,07	1,8443	1:103	3,4583333	10,267	0,055464	0,0101
17	2	27,8	24,5	52,3	3,42	1,43	4,85	0,93	0,37	1,3	1,1347	1:139	2,5135135	13,9	0,045354	0,00919
18	2	23,7	18,7	42,4	1,87	0,97	2,84	0,5	0,23	0,73	1,2674	1:119	2,173913	11,85	0,031231	0,00606
19	3	22,5	18,8	41,3	2,63	1,5	4,13	0,82	0,37	1,19	1,1968	1:75	2,2162162	7,5	0,074455	0,0155
20	2	28,6	16,6	45,2	2,75	1,28	4,03	0,85	0,3	1,15	1,7229	1:143	2,8333333	14,3	0,045216	0,00792

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 Vigoridad.

***Nothofagus obliqua* inoculado con *Descolea antarctica* (D1)**

N° Planta	Parámetros Morfológicos										Índices Morfológicos					
	DAC (mm)	Largo (cm)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relaciones			Vigor	Índice Dickson	Índice Ritchie
		Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/LT	PST/PSR			
21	3	29,1	17,2	46,3	3,6	1,56	5,16	1,07	0,42	1,49	1,6919	1:97	2,547619	9,7	0,082865	0,015
22	3	23,9	17,6	41,5	3,42	0,87	4,29	0,91	0,2	1,11	1,358	1:80	4,55	7,9667	0,060381	0,01328
23	4	27,3	15,8	43,1	4,32	2,05	6,37	1,38	0,51	1,89	1,7278	1:68	2,7058824	6,825	0,140199	0,02686
24	2	29,4	18,5	47,9	2,43	0,92	3,35	0,7	0,22	0,92	1,5892	1:147	3,1818182	14,7	0,033909	0,00615
25	3	25,7	13,7	39,4	3,87	1,55	5,42	1,11	0,38	1,49	1,8759	1:86	2,9210526	8,5667	0,09281	0,0169
26	3	25,7	24,5	50,2	2,95	2,06	5,01	0,9	0,54	1,44	1,049	1:86	1,6666667	8,5667	0,078261	0,01653
27	3	25,1	18,4	43,5	2,71	1,16	3,87	0,81	0,3	1,11	1,3641	1:84	2,7	8,3667	0,064535	0,01291
28	3	26,5	18,2	44,7	3,98	1,6	5,58	1,08	0,41	1,49	1,456	1:88	2,6341463	8,8333	0,084977	0,01641
29	2	23,9	14,5	38,4	1,82	1,33	3,15	0,58	0,36	0,94	1,6483	1:120	1,6111111	11,95	0,045168	0,00778
30	2	23,1	18,4	41,5	2,07	1,11	3,18	0,56	0,3	0,86	1,2554	1:116	1,8666667	11,55	0,038025	0,00733
31	3	35,6	19,2	54,8	4,25	1,67	5,92	1,28	0,42	1,7	1,85417	1:119	3,04761905	11,8667	0,0797587	0,014025
32	3	25,7	18	43,7	3,64	1,37	5,01	1,02	0,31	1,33	1,42778	1:86	3,29032258	8,56667	0,0744806	0,015058
33	4	44,2	20,3	64,5	5,53	1,54	7,07	1,69	0,35	2,04	2,17734	1:111	4,82857143	11,05	0,0973581	0,01788
34	3	29,4	18,6	48	2,67	1,44	4,11	0,81	0,37	1,18	1,58065	1:98	2,18918919	9,8	0,0648737	0,011817
35	3	33,7	17,8	51,5	4,36	2,06	6,42	1,25	0,55	1,8	1,89326	1:112	2,27272727	11,2333	0,0925955	0,015727
36	3	41,1	29,4	70,5	4,81	1,98	6,79	1,35	0,46	1,81	1,39796	1:137	2,93478261	13,7	0,0684704	0,012981
37	4	33	18	51	5,34	3,1	8,44	1,52	0,73	2,25	1,83333	1:83	2,08219178	8,25	0,1516971	0,026715
38	3	39,2	24	63,2	3,19	1,68	4,87	0,94	0,44	1,38	1,63333	1:131	2,13636364	13,0667	0,059475	0,01041
39	2	30,5	16,4	46,9	3,1	1,6	4,7	0,86	0,34	1,2	1,85976	1:153	2,52941176	15,25	0,0461904	0,00777
40	3	31,8	18,3	50,1	2,69	1,54	4,23	0,77	0,37	1,14	1,7377	1:106	2,08108108	10,6	0,0606994	0,01058

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 Vigoridad.

Nothofagus obliqua inoculado con *Descolea antarctica* (D1)

N° Planta	Parámetros Morfológicos										Índices Morfológicos					
	DAC (mm)	Largo (cm)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relaciones			Vigor	Índice Dickson	Índice Ritchie
		Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/LT	PST/PSR			
41	3	30,9	20,3	51,2	4,55	1,75	6,3	1,26	0,4	1,66	1,52217	1:103	3,15	10,3	0,0821105	0,01572
42	3	35,4	20,3	55,7	6,17	1,97	8,14	1,77	0,48	2,25	1,74384	1:118	3,6875	11,8	0,1011047	0,018575
43	2	28,4	22,8	51,2	3,01	1,15	4,16	0,82	0,27	1,09	1,24561	1:142	3,03703704	14,2	0,0380626	0,007537
44	3	31,8	25	56,8	3,03	1,32	4,35	0,86	0,3	1,16	1,272	1:106	2,86666667	10,6	0,053211	0,010711
45	3	36,8	23,3	60,1	3,71	1,75	5,46	1,05	0,44	1,49	1,5794	1:123	2,38636364	12,2667	0,0664594	0,01194
46	2	27,2	18,8	46	2,85	1,35	4,2	0,8	0,33	1,13	1,44681	1:136	2,42424242	13,6	0,0444458	0,008182
47	3	26,8	16,2	43	3,8	1,77	5,57	1,06	0,4	1,46	1,65432	1:89	2,65	8,93333	0,0859666	0,01596
48	3	27,5	20,7	48,2	2,99	1,02	4,01	0,86	0,23	1,09	1,3285	1:92	3,73913043	9,16667	0,0550344	0,011522
49	3	33,6	18,6	52,2	6,77	3,26	10,03	1,97	0,8	2,77	1,80645	1:112	2,4625	11,2	0,1394588	0,024282
50	3	33,7	18,6	52,3	4,29	1,78	6,07	1,24	0,39	1,63	1,81183	1:112	3,17948718	11,2333	0,079077	0,014206
51	3	33,3	25,2	58,5	4,79	2,01	6,8	1,4	0,45	1,85	1,32143	1:111	3,11111111	11,1	0,0818182	0,016316
52	3	32,1	26,5	58,6	4,43	2,73	7,16	1,26	0,69	1,95	1,21132	1:107	1,82608696	10,7	0,0912946	0,017952
53	3	37,2	20	57,2	6,96	2,27	9,23	1,94	0,52	2,46	1,86	1:124	3,73076923	12,4	0,1079069	0,01936
54	3	40,2	22,2	62,4	5,6	1,57	7,17	1,66	0,37	2,03	1,81081	1:134	4,48648649	13,4	0,08028	0,014756
55	2	29,9	18,5	48,4	3,79	1,21	5	1,05	0,28	1,33	1,61622	1:150	3,75	14,95	0,047585	0,008714
56	3	25,2	20	45,2	3,4	1,54	4,94	1,03	0,38	1,41	1,26	1:84	2,71052632	8,4	0,0793151	0,016356
57	3	27,7	18	45,7	2,75	1,3	4,05	0,84	0,34	1,18	1,53889	1:92	2,47058824	9,23333	0,0666519	0,012494
58	3	37,4	16,5	53,9	3,59	2,17	5,76	1,04	0,53	1,57	2,26667	1:125	1,96226415	12,4667	0,0787799	0,012429
59	3	24,9	19,5	44,4	3,46	1,04	4,5	0,99	0,22	1,21	1,27692	1:83	4,5	8,3	0,0626943	0,014016
60	3	29,6	19,8	49,4	3,98	1,63	5,61	1,15	0,43	1,58	1,49495	1:99	2,6744186	9,86667	0,082545	0,015627
Promedio	2,8	30,33	19,55	49,88	3,6577	1,568	5,2258	1,062	0,387	1,449	1,5813	1:111	2,8399119	11,126	0,071152	0,0133

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 Vigoridad.

**TABLA 2. TABLAS DE DATOS CON LAS VARIABLES MORFOLÓGICAS
ANALIZADAS EN PLÁNTULAS DE *Nothofagus obliqua* INOCULADAS CON
Descolea antarctica (D 2)**

<i>Nothofagus obliqua</i> inoculado con <i>Descolea antarctica</i> (D2)																
N° Planta	Parámetros Morfológicos										Índices Morfológicos					
	DAC (mm)	Largo (cm)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relaciones			Vigor	Índice Dickson	Índice Ritchie
		Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/LT	PST/PSR			
1	2	21	16,6	37,6	2,88	0,86	3,74	0,76	0,23	0,99	1,26506	1:105	3,30434783	10,5	0,04478757	0,0091372
2	3	31	24,8	55,8	3,99	1,32	5,31	1,16	0,35	1,51	1,25	1:103	3,31428571	10,3333	0,06890482	0,0141976
3	3	36,3	17,2	53,5	4,79	1,7	6,49	1,41	0,47	1,88	2,110465	1:121	3	12,1	0,09024	0,0151836
4	3	27,1	18,3	45,4	2,86	1,36	4,22	0,83	0,3	1,13	1,480874	1:90	2,76666667	9,03333	0,06312849	0,0122246
5	3	29,2	27,2	56,4	3,86	1,47	5,33	1,03	0,33	1,36	1,073529	1:97	3,12121212	9,73333	0,06204036	0,0136056
6	3	29,5	17,3	46,8	5,23	1,74	6,97	1,4	0,4	1,8	1,705202	1:98	3,5	9,83333	0,09424084	0,0177622
7	2	26,2	18,5	44,7	2,32	1,92	4,24	0,71	0,42	1,13	1,416216	1:131	1,69047619	13,1	0,04700406	0,0085471
8	4	26,8	24,2	51	4,53	2,11	6,64	1,29	0,54	1,83	1,107438	1:67	2,38888889	6,7	0,12088073	0,0264654
9	3	31,7	12,5	44,2	5,61	1,91	7,52	1,53	0,46	1,99	2,536	1:106	3,32608696	10,5667	0,1101918	0,0183235
10	3	32	14,6	46,6	6,55	2,12	8,67	1,82	0,52	2,34	2,191781	1:107	3,5	10,6667	0,12294221	0,02132
11	3	31	21	52	4,6	1,52	6,12	1,31	0,39	1,7	1,47619	1:103	3,35897436	10,3333	0,08215613	0,0159835
12	3	33,8	11,5	45,3	4,29	1,58	5,87	1,06	0,34	1,4	2,93913	1:113	3,11764706	11,2667	0,07684856	0,0121336
13	3	29,1	17,5	46,6	3,46	1,94	5,4	1,02	0,44	1,46	1,662857	1:97	2,31818182	9,7	0,08178577	0,0147798
14	3	27,2	18,6	45,8	5,21	1,78	6,99	1,43	0,45	1,88	1,462366	1:91	3,17777778	9,06667	0,10192771	0,0200868
15	2	32,2	9,5	41,7	2,63	1,64	4,27	0,86	0,42	1,28	3,389474	1:161	2,04761905	16,1	0,05590101	0,0078719
16	2	14,2	13,7	27,9	1,66	0,96	2,62	0,45	0,22	0,67	1,036496	1:71	2,04545455	7,1	0,0418869	0,0092123
17	4	44	17	61	7,41	2,49	9,9	2,11	0,61	2,72	2,588235	1:110	3,45901639	11	0,14538445	0,0240759
18	3	21	23	44	3,1	1,07	4,17	0,86	0,26	1,12	0,913043	1:70	3,30769231	7	0,06231098	0,0153641
19	3	35,1	18,4	53,5	7,24	2,1	9,34	2,05	0,57	2,62	1,907609	1:117	3,59649123	11,7	0,12225952	0,0217522
20	3	31,2	16,3	47,5	6,02	1,73	7,75	1,6	0,43	2,03	1,91411	1:104	3,72093023	10,4	0,10381368	0,0188873

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.

***Nothofagus obliqua* inoculado con *Descolea antarctica* (D2)**

N° Planta	Parámetros Morfológicos									Índices Morfológicos						
	DAC (mm)	Largo (cm)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relaciones			Vigor	Índice Dickson	Índice Ritchie
		Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/LT	PST/PSR			
21	2	22,5	20	42,5	2,75	1,75	4,5	0,7	0,37	1,07	1,125	1:113	1,89189189	11,25	0,0462365	0,0093801
22	3	37,2	19,1	56,3	4,56	1,8	6,36	1,33	0,49	1,82	1,947644	1:124	2,71428571	12,4	0,08472622	0,0143836
23	2	24,5	11,3	35,8	3	1,2	4,2	0,84	0,3	1,14	2,168142	1:123	2,8	12,25	0,05507246	0,00912
24	4	39	22,2	61,2	9,65	2,36	12,01	2,82	0,66	3,48	1,756757	1:98	4,27272727	9,75	0,17779842	0,0342557
25	3	38,4	19,5	57,9	6,21	1,88	8,09	1,69	0,43	2,12	1,969231	1:128	3,93023256	12,8	0,09126039	0,0161458
26	3	31,5	21,7	53,2	4,7	1,77	6,47	1,33	0,4	1,73	1,451613	1:105	3,325	10,5	0,08215275	0,0160698
27	4	42,1	21,8	63,9	9,7	2,81	12,51	2,75	0,65	3,4	1,931193	1:105	4,23076923	10,525	0,16826877	0,0312782
28	2	28,3	24,7	53	3,8	1,27	5,07	1,01	0,32	1,33	1,145749	1:142	3,15625	14,15	0,04484721	0,0092047
29	4	41,5	19,2	60,7	5,86	1,48	7,34	1,59	0,34	1,93	2,161458	1:104	4,67647059	10,375	0,09722202	0,0179186
30	2	22	18,2	40,2	2,6	1,13	3,73	0,71	0,27	0,98	1,208791	1:110	2,62962963	11	0,04311553	0,0087266
31	3	21,5	18	39,5	1,91	0,77	2,68	0,55	0,2	0,75	1,194444	1:72	2,75	7,16667	0,04712042	0,010115
32	2	24,8	19,5	44,3	4,18	1,6	5,78	1,03	0,35	1,38	1,271795	1:124	2,94285714	12,4	0,05499573	0,0108994
3	4	44,3	15,4	59,7	7,94	2,1	10,04	2,28	0,49	2,77	2,876623	1:111	4,65306122	11,075	0,1414849	0,0241856
34	2	20,1	10,2	30,3	2,8	1,07	3,87	0,56	0,26	0,82	1,970588	1:101	2,15384615	10,05	0,04738831	0,0079521
35	3	30,2	23,3	53,5	3,73	1,75	5,48	1,11	0,46	1,57	1,296137	1:101	2,41304348	10,0667	0,07754474	0,0152727
36	3	33,8	18,8	52,6	4,65	1,85	6,5	1,33	0,41	1,74	1,797872	1:113	3,24390244	11,2667	0,0837455	0,0151068
37	3	29,5	15,8	45,3	4,52	1,97	6,49	1,25	0,44	1,69	1,867089	1:98	2,84090909	9,83333	0,09419813	0,0167946
38	3	38,2	17	55,2	5,41	1,97	7,38	1,52	0,38	1,9	2,247059	1:127	4	12,7333	0,08482143	0,0146064
39	3	26,5	16,8	43,3	3,9	1,53	5,43	1,08	0,34	1,42	1,577381	1:88	3,17647059	8,83333	0,0806369	0,0156246
40	3	31,4	27,8	59,2	5,55	2,04	7,59	1,55	0,49	2,04	1,129496	1:105	3,16326531	10,4667	0,0890962	0,0189967

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 Vigoridad.

Nothofagus obliqua inoculado con *Descolea antarctica* (D2)

N° Planta	Parámetros Morfológicos									Índices Morfológicos						
	DAC (mm)	Largo (cm)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relaciones			Vigor	Índice Dickson	Índice Ritchie
		Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/LT	PST/PSR			
41	2	21,3	21,2	42,5	2,36	0,93	3,29	0,61	0,22	0,83	1,004717	1:107	2,77272727	10,65	0,03455061	0,0076121
42	4	35,6	20,4	56	7,54	1,77	9,31	2,1	0,42	2,52	1,745098	1:89	5	8,9	0,13263158	0,0270213
43	3	26,1	24	50,1	2,91	1,68	4,59	0,8	0,35	1,15	1,0875	1:87	2,28571429	8,7	0,06057186	0,0129604
44	2	27,5	18,2	45,7	2,57	0,85	3,42	0,68	0,2	0,88	1,510989	1:138	3,4	13,75	0,03352381	0,0062623
45	2	33,7	17,3	51	3,9	1,22	5,12	1,08	0,28	1,36	1,947977	1:169	3,85714286	16,85	0,04632603	0,0079209
46	3	24,2	23	47,2	3,97	2,11	6,08	1,19	0,43	1,62	1,052174	1:81	2,76744186	8,06667	0,0875639	0,0196249
47	4	37,5	28	65,5	5,17	2,94	8,11	1,55	0,67	2,22	1,339286	1:94	2,31343284	9,375	0,11879006	0,023244
48	5	51,4	25,5	76,9	12,35	6,63	18,98	3,99	1,54	5,53	2,015686	1:103	2,59090909	10,28	0,30771955	0,0528364
49	3	30,3	22,5	52,8	6,43	1,83	8,26	2,04	0,43	2,47	1,346667	1:101	4,74418605	10,1	0,1105433	0,0236333
50	4	40,5	15,2	55,7	6,89	2,19	9,08	2,28	0,57	2,85	2,664474	1:101	4	10,125	0,15899582	0,0272999
51	3	38,6	18,5	57,1	4,1	1,65	5,75	1,35	0,38	1,73	2,086486	1:129	3,55263158	12,8667	0,07659624	0,0131909
52	4	40,2	24,5	64,7	6,62	3,87	10,49	1,95	0,83	2,78	1,640816	1:101	2,34939759	10,05	0,15007236	0,0271987
53	4	46,6	23,5	70,1	8,01	2,52	10,53	2,47	0,6	3,07	1,982979	1:117	4,11666667	11,65	0,14185599	0,025652
54	3	35,7	15,7	51,4	5,07	2,43	7,5	1,58	0,54	2,12	2,273885	1:119	2,92592593	11,9	0,10568685	0,0175082
55	3	36,3	23,5	59,8	5,06	2,32	7,38	1,61	0,52	2,13	1,544681	1:121	3,09615385	12,1	0,09249012	0,0172916
56	4	36,3	20,3	56,6	6,75	2,52	9,27	2,22	0,62	2,84	1,788177	1:91	3,58064516	9,075	0,16017466	0,0303976
57	3	44,1	19	63,1	5,89	2,15	8,04	1,9	0,53	2,43	2,321053	1:147	3,58490566	14,7	0,0987073	0,0162282
58	3	31,6	16,6	48,2	4,03	1,75	5,78	1,21	0,4	1,61	1,903614	1:105	3,025	10,5333	0,08432999	0,0149578
59	4	41,8	26	67,8	6,32	1,83	8,15	2,08	0,52	2,6	1,607692	1:105	4	10,45	0,12410501	0,0240844
60	4	41	21,5	62,5	6,68	3,31	9,99	2,1	0,73	2,83	1,906977	1:103	2,87671233	10,25	0,15295882	0,0270766
Promedio	3,05	32,29	19,37	51,7	4,971	1,9	6,87	1,44	0,45	1,89	1,73818	1:108	3,1977659	10,758	0,094476	0,017583

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 Vigoridad.

**TABLA 3. TABLAS DE DATOS CON LAS VARIABLES MORFOLÓGICAS
ANALIZADAS EN PLÁNTULAS DE *Nothofagus obliqua* SIN INOCULACIÓN
ARTIFICIAL**

<i>Nothofagus obliqua</i> sin inoculación artificial																
N° Planta	Parámetros Morfológicos									Índices Morfológicos						
	DAC (mm)	Largo (cm)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relaciones			Vigor	Índice Dickson	Índice Ritchie
		Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/LT	PST/PSR			
1	3	40,7	16,7	57,4	4,98	2,48	7,46	1,59	0,63	2,22	2,437126	1:136	2,523809524	13,5667	0,1025066	0,016125
2	2	28,5	21,5	50	2,67	2,17	4,84	0,83	0,69	1,52	1,325581	1:143	1,202898551	14,25	0,05800885	0,010575
3	2	30,7	23	53,7	2,91	1,53	4,44	0,91	0,45	1,36	1,334783	1:154	2,022222222	15,35	0,0471041	0,008751
4	2	30,8	18,7	49,5	2,31	1,31	3,62	0,77	0,45	1,22	1,647059	1:154	1,711111111	15,4	0,0461054	0,007832
5	3	35,5	13,8	49,3	5,32	1,54	6,86	1,55	0,39	1,94	2,572464	1:118	3,974358974	11,8333	0,09506219	0,015929
6	3	37,2	23,5	60,7	4,35	1,86	6,21	1,33	0,53	1,86	1,582979	1:124	2,509433962	12,4	0,08178424	0,014722
7	4	40,8	18,5	59,3	10,66	3,83	14,49	3,53	1,17	4,7	2,205405	1:102	3,017094017	10,2	0,26342199	0,044854
8	3	35,7	28	63,7	3,64	1,74	5,38	1,17	0,6	1,77	1,275	1:119	1,95	11,9	0,07634795	0,014617
9	3	36,3	21,5	57,8	5,12	2,02	7,14	1,71	0,68	2,39	1,688372	1:121	2,514705882	12,1	0,10972679	0,019347
10	3	34,5	20	54,5	6,67	3,27	9,94	2,27	1,07	3,34	1,725	1:115	2,121495327	11,5	0,16462802	0,028537
11	4	53,2	28	81,2	10,48	3,48	13,96	3,33	1,27	4,6	1,9	1:133	2,622047244	13,3	0,20068016	0,033821
12	4	50,7	21	71,7	8,43	4,3	12,73	2,75	1,62	4,37	2,414286	1:127	1,697530864	12,675	0,22270318	0,033952
13	4	48	20	68	7,57	2,85	10,42	2,46	1,09	3,55	2,4	1:120	2,256880734	12	0,18434969	0,028943
14	3	39,5	20,2	59,7	5,71	2,62	8,33	1,72	0,91	2,63	1,955446	1:132	1,89010989	13,1667	0,12069696	0,019649
15	3	48,2	33,7	81,9	7,84	2,98	10,82	2,36	0,78	3,14	1,430267	1:161	3,025641026	16,0667	0,10354274	0,019229
16	2	40,1	26	66,1	3,94	1,56	5,5	1,13	0,44	1,57	1,542308	1:201	2,568181818	20,05	0,04407861	0,007733
17	3	49,1	21,5	70,6	7,49	2,54	10,03	2,26	0,75	3,01	2,283721	1:164	3,013333333	16,3667	0,11338523	0,018066
18	3	40,9	21,5	62,4	6,56	2,21	8,77	1,94	0,54	2,48	1,902326	1:136	3,592592593	13,6333	0,10167021	0,017803
19	2	33,3	19,9	53,2	4,42	1,41	5,83	1,33	0,36	1,69	1,673367	1:167	3,694444444	16,65	0,05578581	0,009963
20	3	35,4	22,2	57,6	6,05	2,22	8,27	1,83	0,57	2,4	1,594595	1:118	3,210526316	11,8	0,10709253	0,01988

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 Vigoridad.

<i>Nothofagus obliqua</i> sin inoculación artificial																
N° Planta	Parámetros Morfológicos									Índices Morfológicos						
	DAC (mm)	Largo (cm)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relación			Vigor	Índice Dickson	Índice Ritchie
		Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/LT	PST/PSR			
21	2	38	21,2	59,2	3,6	1,22	4,82	0,97	0,31	1,28	1,792453	1:190	3,129032258	19	0,03910901	0,006634
22	2	31,8	21,5	53,3	4,06	1,31	5,37	1,14	0,34	1,48	1,47907	1:159	3,352941176	15,9	0,0493285	0,00913
23	2	24,2	25,3	49,5	2,33	0,99	3,32	0,66	0,29	0,95	0,956522	1:121	2,275862069	12,1	0,03515152	0,007701
24	3	38	19,5	57,5	4,57	1,62	6,19	1,29	0,45	1,74	1,948718	1:127	2,866666667	12,6667	0,07897126	0,013438
25	2	35,3	20,7	56	3,32	1,14	4,46	0,98	0,29	1,27	1,705314	1:177	3,379310345	17,65	0,04047253	0,007079
26	2	33	20,9	53,9	4,42	1,72	6,14	1,26	0,4	1,66	1,578947	1:165	3,15	16,5	0,0551495	0,009906
27	2	27,4	22,8	50,2	2,71	1,42	4,13	0,8	0,29	1,09	1,201754	1:137	2,75862069	13,7	0,03912613	0,007847
28	2	29,6	27,2	56,8	3,53	1,66	5,19	1,02	0,37	1,39	1,088235	1:148	2,756756757	14,8	0,04461312	0,009259
29	2	26,8	25	51,8	2,92	1,68	4,6	0,86	0,42	1,28	1,072	1:134	2,047619048	13,4	0,04579997	0,00943
30	2	28,2	26,3	54,5	3,21	1,45	4,66	1	0,41	1,41	1,072243	1:141	2,43902439	14,1	0,0474923	0,009845
31	3	38,7	24,3	63	5,19	1,64	6,83	1,48	0,36	1,84	1,592593	1:129	4,111111111	12,9	0,07327434	0,013922
32	1	27,3	20,5	47,8	1,65	0,53	2,18	0,47	0,14	0,61	1,331707	1:273	3,357142857	27,3	0,01192404	0,002209
33	4	41,7	26,5	68,2	10,48	3,02	13,5	2,93	0,67	3,6	1,573585	1:104	4,373134328	10,425	0,16804264	0,03342
34	2	28,7	15,3	44	2,21	1,19	3,4	0,65	0,3	0,95	1,875817	1:144	2,166666667	14,35	0,03931034	0,006536
35	2	24,8	17	41,8	2,51	1,07	3,58	0,69	0,23	0,92	1,458824	1:124	3	12,4	0,03849372	0,007282
36	3	33,2	22,3	55,5	5,03	1,55	6,58	1,44	0,37	1,81	1,488789	1:111	3,891891892	11,0667	0,08083283	0,015889
37	2	34,7	21,3	56	4,97	2,26	7,23	1,39	0,49	1,88	1,629108	1:174	2,836734694	17,35	0,06096625	0,0107
38	4	54,5	23,5	78	9,42	2,79	12,21	2,78	0,61	3,39	2,319149	1:136	4,557377049	13,625	0,14091312	0,024279
39	2	26,2	26,4	52,6	3,11	1,4	4,51	0,78	0,27	1,05	0,992424	1:131	2,888888889	13,1	0,03597259	0,007882
40	3	39,7	22	61,7	7,5	2,46	9,96	2,12	0,54	2,66	1,804545	1:132	3,925925926	13,2333	0,10860426	0,019648

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 Vigoridad.

<i>Nothofagus obliqua</i> sin inoculación artificial																
N° Planta	Parámetros Morfológicos										Índices Morfológicos					
	DAC (mm)	Largo (cm)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Relación			Vigor	Índice Dickson	Índice Ritchie
		Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	Tallo	Raíz	Total	LT/LR	DAC/LT	PST/PSR			
41	2	23,2	23,2	46,4	3,22	1,42	4,64	0,86	0,27	1,13	1	1:116	3,185185185	11,6	0,04282706	0,009555
42	3	36,4	26,6	63	6,02	1,74	7,76	1,75	0,41	2,16	1,368421	1:121	4,268292683	12,1333	0,08548263	0,017309
43	3	43,2	25,4	68,6	7,51	2,68	10,19	2,23	0,59	2,82	1,700787	1:144	3,779661017	14,4	0,10583072	0,01921
44	3	36,1	33,6	69,7	4,03	1,98	6,01	1,21	0,43	1,64	1,074405	1:120	2,813953488	12,0333	0,06296241	0,013402
45	3	34,2	25,2	59,4	4,95	2,11	7,06	1,41	0,44	1,85	1,357143	1:114	3,204545455	11,4	0,08041889	0,015901
46	3	35,7	23,6	59,3	4,39	2,11	6,5	1,29	0,54	1,83	1,512712	1:119	2,388888889	11,9	0,08259779	0,015114
47	2	24,2	24,5	48,7	3,52	1,65	5,17	1,05	0,39	1,44	0,987755	1:121	2,692307692	12,1	0,05324989	0,011695
48	2	22,2	20,9	43,1	1,81	0,82	2,63	0,49	0,18	0,67	1,062201	1:111	2,722222222	11,1	0,02760357	0,005918
49	2	30,6	21,2	51,8	3	1,2	4,2	0,88	0,26	1,14	1,443396	1:153	3,384615385	15,3	0,03892829	0,007331
50	2	32,4	24,3	56,7	3,13	1,22	4,35	0,9	0,3	1,2	1,333333	1:162	3	16,2	0,03827751	0,007292
51	3	40,1	20,2	60,3	3,92	1,3	5,22	1,16	0,33	1,49	1,985149	1:134	3,515151515	13,3667	0,06309509	0,010901
52	4	36,1	19,6	55,7	6,9	2,17	9,07	1,97	0,51	2,48	1,841837	1:90	3,862745098	9,025	0,13942183	0,026544
53	4	43,5	18	61,5	8,55	1,93	10,48	2,6	0,47	3,07	2,416667	1:109	5,531914894	10,875	0,14684137	0,027125
54	4	44,9	24,6	69,5	7,16	2,15	9,31	2,16	0,55	2,71	1,825203	1:112	3,927272727	11,225	0,12721647	0,023447
55	4	44,5	19,6	64,1	7,51	2,32	9,83	2,17	0,49	2,66	2,270408	1:111	4,428571429	11,125	0,13005064	0,023234
56	3	39,7	24,5	64,2	5,72	1,58	7,3	1,5	0,35	1,85	1,620408	1:132	4,285714286	13,2333	0,07202447	0,013608
57	2	31	32,6	63,6	3,03	1,25	4,28	0,81	0,27	1,08	0,95092	1:155	3	15,5	0,03103448	0,00686
58	2	27,4	21	48,4	3,63	1,61	5,24	0,97	0,37	1,34	1,304762	1:137	2,621621622	13,7	0,04995969	0,009623
59	2	32,9	20	52,9	3,45	1,11	4,56	0,96	0,26	1,22	1,645	1:165	3,692307692	16,45	0,04047467	0,007279
60	3	30,7	23	53,7	5,06	1,79	6,85	1,55	0,45	2	1,334783	1:102	3,444444444	10,2333	0,0937012	0,019019
Promedio	2,7	35,67	22,67	58,337	5,006	1,903	6,909	1,49	0,5067	1,997	1,61479	1:137	3,0688757	13,711	0,08407	0,01521

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 Vigoridad.

ANEXOS

**ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS VARIABLES MORFOLÓGICAS ANALIZADAS
EN LOS TRATAMIENTOS (TESTIGO, D1 Y D2).**

Anexo 1. Análisis estadístico de la variable diámetro del cuello (DAC).

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	3,900	1,950	4,058	,019
Intercepto	1462,050	1462,05 0	3042,7 14	,000
Tratamientos	3,900	1,950	4,058	,019
Error	85,050	,481		
Total	1551,000			
Error Total	88,950			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	-,250	,1266	,121	-,549	,049
	Testigo	,100	,1266	,710	-,199	,399
Descolea 2	Descolea 1	,250	,1266	,121	-,049	,549
	Testigo	,350	,1266	,017	,051	,649
Testigo	Descolea 1	-,100	,1266	,710	-,399	,199
	Descolea 2	-,350	,1266	,017	-,649	-,051

T: Tratamiento; Sig: Significancia.

Anexo 2. Análisis estadístico de la variable Largo tallo (LT).

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	874,078	437,039	9,129	,000
Intercepto	193185,72 0	193185,7 20	4035,222	,000
Tratamientos	874,078	437,039	9,129	,000
Error	8473,852	47,875		
Total	202533,65 0			
Error Total	9347,930			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	-1,957	1,2633	,271	-4,943	1,029
	Testigo	-5,335	1,2633	,000	-8,321	-2,349
Descolea 2	Descolea 1	1,957	1,2633	,271	-1,029	4,943
	Testigo	-3,378	1,2633	,022	-6,364	-,392
Testigo	Descolea 1	5,335	1,2633	,000	2,349	8,321
	Descolea 2	3,378	1,2633	,022	,392	6,364

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 3. Análisis estadístico de la variable Largo raíz (LR).

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	413,100	206,550	14,042	,000
Intercepto	75878,880	75878,880	5158,678	,000
Tratamientos	413,100	206,550	14,042	,000
Error	2603,489	14,709		
Total	78895,470			
Error Total	3016,590			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea2	,177	,7002	,966	-1,478	1,832
	Testigo	-3,122	,7002	,000	-4,777	-1,467
Descolea 2	Descolea1	-,177	,7002	,966	-1,832	1,478
	Testigo	-3,298	,7002	,000	-4,953	-1,643
Testigo	Descolea1	3,122	,7002	,000	1,467	4,777
	Descolea2	3,298	,7002	,000	1,643	4,953

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 4. Análisis estadístico de la variable Largo total (LTo).

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	2385,230	1192,61 5	16,484	,000
Intercepto	511210,971	511210, 971	7065,722	,000
Tratamientos	2385,230	1192,61 5	16,484	,000
Error	12806,099	72,351		
Total	526402,300			
Error Total	15191,329			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	-1,780	1,5530	,487	-5,451	1,891
	Testigo	-8,457	1,5530	,000	-12,127	-4,786
Descolea 2	Descolea 1	1,780	1,5530	,487	-1,891	5,451
	Testigo	-6,677	1,5530	,000	-10,347	-3,006
Testigo	Descolea 1	8,457	1,5530	,000	4,786	12,127
	Descolea 2	6,677	1,5530	,000	3,006	10,347

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 5. Análisis estadístico de la variable Peso fresco tallo (PFT).

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	70,908	35,454	9,681	,000
Intercepto	3718,355	3718,355	1015,337	,000
Tratamien tos	70,908	35,454	9,681	,000
Error	648,207	3,662		
Total	4437,470			
Error Total	719,115			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	-1,314	,3494	,001	-2,139	-,488
	Testigo	-1,349	,3494	,000	-2,174	-,523
Descolea 2	Descolea 1	1,314	,3494	,001	,488	2,139
	Testigo	-,035	,3494	,995	-,861	,791
Testigo	Descolea 1	1,349	,3494	,000	,523	2,174
	Descolea 2	,035	,3494	,995	-,791	,861

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 6. Análisis estadístico de la variable Peso fresco raíz (PFR).

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	4,427	2,214	4,291	,015
Intercepto	576,702	576,702	1117,997	,000
Tratamientos	4,427	2,214	4,291	,015
Error	91,303	,516		
Total	672,432			
Error Total	95,730			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	-,331	,1311	,034	-,640	-,021
	Testigo	-,335	,1311	,031	-,645	-,025
Descolea 2	Descolea 1	,331	,1311	,034	,021	,640
	Testigo	-,004	,1311	,999	-,314	,306
Testigo	Descolea 1	,335	,1311	,031	,025	,645
	Descolea 2	,004	,1311	,999	-,306	,314

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 7. Análisis estadístico de la variable Peso fresco total (PFTo).

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	110,769	55,384	8,747	,000
Intercepto	7223,800	7223,800	1140,900	,000
Tratamientos	110,769	55,384	8,747	,000
Error	1120,706	6,332		
Total	8455,275			
Error Total	1231,474			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	-1,644	,4594	,001	-2,730	-,558
	Testigo	-1,683	,4594	,001	-2,769	-,597
Descolea 2	Descolea 1	1,644	,4594	,001	,558	2,730
	Testigo	-,039	,4594	,996	-1,125	1,047
Testigo	Descolea 1	1,683	,4594	,001	,597	2,769
	Descolea 2	,039	,4594	,996	-1,047	1,125

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 8. Análisis estadístico de la variable Peso seco tallo (PST).

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	6,596	3,298	9,188	,000
Intercepto	319,014	319,014	888,842	,000
Tratamientos	6,596	3,298	9,188	,000
Error	63,527	,359		
Total	389,137			
Error Total	70,123			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	-,380	,1094	,002	-,638	-,121
	Testigo	-,428	,1094	,000	-,687	-,169
Descolea 2	Descolea 1	,380	,1094	,002	,121	,638
	Testigo	-,048	,1094	,899	-,307	,210
Testigo	Descolea 1	,428	,1094	,000	,169	,687
	Descolea 2	,048	,1094	,899	-,210	,307

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 9. Análisis estadístico de la variable Peso seco raíz (PSR).

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	,430	,215	4,907	,008
Intercepto	36,091	36,091	823,824	,000
Tratamientos	,430	,215	4,907	,008
Error	7,754	4,381		
Total	44,275			
Error Total	8,184			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	-,063	,0382	,232	-,153	,028
	Testigo	-,120	,0382	,006	-,210	-,029
Descolea 2	Descolea 1	,063	,0382	,232	-,028	,153
	Testigo	-,057	,0382	,297	-,147	,033
Testigo	Descolea 1	,120	,0382	,006	,029	,210
	Descolea 2	,057	,0382	,297	-,033	,147

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 10. Análisis estadístico de la variable Peso seco total (PSTo).

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	10,136	5,068	8,467	,000
Intercepto	569,707	569,707	951,734	,000
Tratamientos	10,136	5,068	8,467	,000
Error	105,952	,599		
Total	685,795			
Error Total	116,088			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	-,442	,1413	,006	-,776	-,109
	Testigo	-,548	,1413	,000	-,882	-,214
Descolea 2	Descolea 1	,442	,1413	,006	,109	,776
	Testigo	-,105	,1413	,737	-,439	,229
Testigo	Descolea 1	,548	,1413	,000	,214	,882
	Descolea 2	,105	,1413	,737	-,229	,439

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 11. Análisis estadístico de la variable relación Largo tallo/Largo raíz (LT/LR).

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	,820	,410	2,154	,119
Intercepto	486,931	486,931	2558,940	,000
Tratamientos	,820	,410	2,154	,119
Error	33,681	,190		
Total	521,432			
Error Total	34,500			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	-,157	,0796	,123	-,345	,031
	Testigo	-,034	,0796	,907	-,222	,155
Descolea 2	Descolea 1	,157	,0796	,123	-,031	,345
	Testigo	,123	,0796	,271	-,065	,312
Testigo	Descolea 1	,034	,0796	,907	-,155	,222
	Descolea 2	-,123	,0796	,271	-,312	,065

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 12. Análisis estadístico de la variable relación Diámetro del cuello/Largo tallo (DAC/LT).

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	1,510	7,550	26,090	,000
Intercepto	1,406	1,406	4858,972	,000
Tratamientos	1,510	7,550	26,090	,000
Error	5,122	2,894		
Total	1,472			
Error Total	6,632			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	-,00025	,000311	,707	-,00098	,00049
	Testigo	,00181	,000311	,000	,00107	,00254
Descolea 2	Descolea 1	,00025	,000311	,707	-,00049	,00098
	Testigo	,00205	,000311	,000	,00132	,00279
Testigo	Descolea 1	-,00181	,000311	,000	-,00254	-,00107
	Descolea 2	-,00205	,000311	,000	-,00279	-,00132

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 13. Análisis estadístico de la variable relación Peso seco tallo/peso seco raíz (PST/PSR).

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	3,942	1,971	3,246	,041
Intercepto	1658,586	1658,586	2731,563	,000
Tratamientos	3,942	1,971	3,246	,041
Error	107,473	,607		
Total	1770,001			
Error Total	111,415			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	-,357853994	,14226655	,034	-,6941149	-,0215930
	Testigo	-,228963760	,14226655	,244	-,5652247	,1072971
Descolea 2	Descolea 1	,3578539947	,14226655	,034	,0215930	,6941149
	Testigo	,1288902346	,14226655	,637	-,2073707	,4651511
Testigo	Descolea 1	,2289637600	,14226655	,244	-,1072971	,5652247
	Descolea 2	-,128890234	,14226655	,637	-,4651511	,2073707

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 14. Análisis estadístico de la variable Cuociente de Vigorosisad.

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	310,803	155,401	27,143	,000
Intercepto	25340,397	25340,39 7	4426,118	,000
Tratamientos	310,803	155,401	27,143	,000
Error	1013,360	5,725		
Total	26664,560			
Error Total	1324,163			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	,3674166666	,43685226	,678	-,6651264	1,399959
	Testigo	-2,58555555	,43685226	,000	-3,618098	-1,553012
Descolea 2	Descolea 1	-,367416666	,43685226	,678	-1,399959	,6651264
	Testigo	-2,95297222	,43685226	,000	-3,985515	-1,920429
Testigo	Descolea 1	2,58555555	,43685226	,000	1,553012	3,618098
	Descolea 2	2,95297222	,43685226	,000	1,920429	3,985515

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 15. Análisis estadístico de la variable Índice de Dickson.

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	1,638	8,192	4,412	,013
Intercepto	1,247	1,247	671,581	,000
Tratamientos	1,638	8,192	4,412	,013
Error	,329	1,857		
Total	1,592			
Error Total	,345			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	,0233242309	,00786721	,010	-,0419191	-,0047293
	Testigo	,0129186628	,00786721	,231	-,0315135	,0056762
Descolea 2	Descolea 1	,0233242309	,00786721	,010	,0047293	,0419191
	Testigo	,0104055680	,00786721	,384	-,0081893	,0290004
Testigo	Descolea 1	,0129186628	,00786721	,231	-,0056762	,0315135
	Descolea 2	,0104055680	,00786721	,384	-,0290004	,0081893

T: Tratamiento; Sig: Significancia

Anexo 16. Análisis estadístico de la variable Índice de Ritchie.

Origen	Tipo III Suma de cuadrados	Media al cuadrado	F	Sig.
Error del Modelo	5,518	2,759	5,024	,008
Intercepto	4,250	4,250	773,729	,000
Tratamientos	5,518	2,759	5,024	,008
Error	9,722	5,493		
Total	5,277			
Error Total	1,027			

Sig: Significancia

Comparación múltiple Test de Tukey HSD

		Diferencia de medias entre tratamientos	Error Estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza	
T	T				Bajo el nivel	Sobre el nivel
Descolea 1	Descolea 2	-,00428	,00135	,005	-,00748	-,00108
	Testigo	-,00191	,00135	,337	-,00511	,00129
Descolea 2	Descolea 1	,00428	,00135	,005	,00108	,00748
	Testigo	,00237	,00135	,189	-,00083	,00557
Testigo	Descolea 1	,00191	,00135	,337	-,00129	,00511
	Descolea 2	-,00237	,00135	,189	-,00557	,00083

T: Tratamiento; Sig: Significancia