

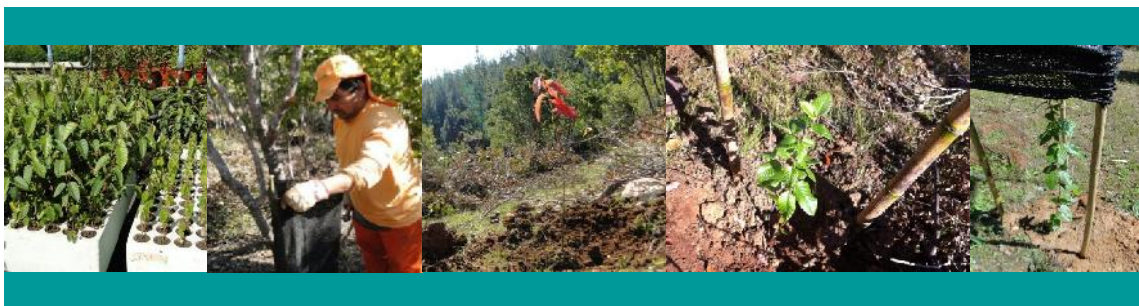


Fondo de
Investigación
del Bosque Nativo

TRANSNET
GRUPO CGE

017 / 2012

Valoración de prácticas silviculturales para la regeneración de bosques de preservación de Ruíl.





017/2012

Valoración de prácticas silviculturales para la regeneración de bosques de preservación de Ruíl.

financiado por

Fondo de Investigación del Bosque Nativo

Investigador Responsable

Iván Quiroz M.¹, Dr.

Co-investigadores

José Hernández C., Dr.²; Matías Pincheira P.³, MSc.; Rafael Rubilar P.⁴, Ph.D.¹, Manuel Acevedo T.¹, Dr.; Eduardo Cartes R.¹, Dr(c); Marta González MSc.(c); O Hernán Soto G.¹, Tec. For.

Institución Patrocinante

Instituto Forestal (INFOR)

Institución Asociada

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.

Transnet S.A.

Mayo, 2015

Concepción, Chile.

¹ Instituto Forestal sede Biobío, Concepción, Chile.

² Actualmente en Banco Base de Semilla, INIA Intihuasi, Vicuña, Chile.

³ Actualmente en Forestal Mininco S.A., Los Ángeles, Chile.

⁴ Departamento de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a FORESTAL ARAUCO ZONA NORTE (Ex Forestal CELCO), quienes apoyaron en el desarrollo del proyecto, facilitando superficie en el Fundo Pudú y además colaborando activamente en la instalación de la unidad de investigación en terreno.

Nuestros agradecimientos a Carolina Rojas Bustos y Juan Carlos Sepulveda Avendaño Jefe Unidad de Agua y Biodiversidad.

TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos.....	i
Tabla de Contenido	2
Índice de Tablas	3
Índice de Gráficos.....	5
Índice de Figuras.....	7
Resumen	9
1. Introducción	11
2. Marco teórico.....	12
3. Objetivos	24
4. Metodología.....	25
5. Resultados	59
6. Discusión de resultados.....	94
7. Conclusiones y/o Recomendaciones	98
Bibliografía	100
Anexo 1	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie total calculada y número total de fragmentos para el año 1991 versus año 2003 para bosques de ruil. (Palma, 2004, citado por Olivares et al., 2005).	13
Tabla 2. Descripción de tratamientos para ensayo establecido en terreno y cantidad de plantas por unidad experimental, Predio Pudú.....	33
Tabla 3. Cantidad de plantas utilizadas según factor y variables en el ensayo de ruil – La Montaña.	44
Tabla 4. Variables químicas del sitio de ensayo ruil – La Montaña.	45
Tabla 5. Caracterización inicial en DAC y longitud de tallo en las plantas establecidas en terreno según tratamiento, en Predio La Montaña.	47
Tabla 6. Resumen de medias repetidas sobre base mensual mostrando la significancia (valores p) de los factores testeados sobre el crecimiento en longitud de tallo de las plantas de ruil en vivero.	60
Tabla 7. Significancia estadística (valores p) de los factores testeados sobre los componentes de biomasa final de las plantas de ruil en vivero.	62
Tabla 8. Significancia estadística de los factores testeados sobre los índices de calidad de plantas de ruil en vivero.....	64
Tabla 9. Caracterización inicial en diámetro a la altura del cuello (DAC) y longitud de tallo (LT) de las plantas establecidas en terreno según esquema de producción de planta y nivel de protección artificial.	70
Tabla 10. Resumen de significancia estadística (Valor $p > F$) para los efectos fijos bloque (B), tiempo (T), protección artificial (P) y fertilización (F) sobre la supervivencia, diámetro de cuello (DAC) y Longitud de tallo (LT) para plantas de ruil transcurrida la primera temporada en terreno (noviembre 2013 - abril 2014).	72
Tabla 11. Supervivencia, diámetro de cuello (DAC;mm) y longitud de tallo (LT; cm), en plantas de ruil en el Predio La Montaña, al momento de la fertilización.	78
Tabla 12. Características de semillas y del proceso de germinación para <i>N. alessandrii</i> de diferentes procedencias.....	83
Tabla 13. Costos estimados para la producción de <i>N. alessandrii</i> , para la estimación del costo por planta.	85
Tabla 14. Resumen de rendimientos por actividad a realizar en el enriquecimiento de <i>N. alessandrii</i>	87
Tabla 15. Resumen de costos por insumos por actividad a realizar en el enriquecimiento de <i>N. alessandrii</i> en bosque de preservación.....	88
Tabla 16. Costos estimados para operaciones de cuadrilla de trabajo tipo para actividades de enriquecimiento de <i>N. alessandrii</i> en bosques de preservación.	89

Tabla 17. Resumen de costos por insumos por actividad a realizar en el enriquecimiento de <i>N. alessandrii</i> en bosque de preservación.....	90
Tabla 18. Comparación en estimación entre el costo estimado de las actividades a realizar en actividades de enriquecimiento de <i>N. alessandrii</i> y monto máximo bonificación actual (periodo 2014) para actividades en bosques de preservación según la Ley 20.283.	93
Tabla 19. Atributos morfológicos de plantas de raulí según NCh 2957/5 del 2006.	118
Tabla 20. Atributos fisiológicos de plantas forestales según NCh 2957 del 2006.	119
Tabla 21. Criterios morfológicos cuantitativos para las especie roble y coigüe.	120
Tabla 22. Criterios morfológicos cuantitativos para la especie hualo.	120
Tabla 23. Criterios morfológicos cuantitativos para las especie quillay.	120
Tabla 24. Criterios morfológicos cuantitativos para la especie canelo.	121
Tabla 25. Criterios morfológicos para plantas de ruil según bibliografía....	122
Tabla 26. Viveros forestales visitados en la región del Maule.	125
Tabla 27. Atributos morfológicos sugeridos para la especie ruil.	126

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Dinámica de crecimiento en longitud de tallo (cm) durante el transcurso del ensayo para los tratamientos de fertilización nitrogenada para cada volumen de contenedor usado.	61
Gráfico 2. Crecimiento en longitud de tallo en respuesta al tipo de contenedor y tratamiento de fertilización nitrogenado.	61
Gráfico 3. Diámetro de cuello promedio al finalizar el proceso de viverización, en respuesta al tipo de contenedor y concentración de nitrógeno suministrado al medio.	62
Gráfico 4. Distribución de biomasa promedio de componentes (g) al finalizar el proceso de viverización, de acuerdo al volumen de contenedor y tratamiento de fertilización nitrogenado suministrado.	63
Gráfico 5. Distribución relativa de biomasa por componentes al finalizar el proceso de viverización, de acuerdo al volumen de contenedor y tratamiento de fertilización nitrogenada.	64
Gráfico 6. Índices de calidad de plantas promedio de ruil, en respuesta a la concentración de nitrógeno del medio de crecimiento y el tamaño del contenedor al finalizar el proceso de viverización (junio 2013).	65
Gráfico 7. Concentración foliar de macro-elementos (%) en respuesta a los tratamientos de fertilización nitrogenados finalizado el proceso de viverización en plantas de ruil producidas en 130 ml de volumen radicular.	67
Gráfico 8. Concentración foliar de micro-elementos (ppm) en respuesta a los tratamientos de fertilización nitrogenados finalizado el proceso de viverización en plantas de ruil producidas en 130 ml de volumen radicular.	68
Gráfico 9. Respuesta en supervivencia de plantas, como respuesta a niveles de protección artificial al establecimiento y esquemas de fertilización durante la producción de plantas de ruil.	72
Gráfico 10. Respuesta en longitud de tallo a tratamientos de fertilización en viveros y tamaño de contenedor durante la producción de plantas, al establecimiento en campo.	73
Gráfico 11. Evolución del contenido volumétrico de agua en suelo durante la primera temporada de crecimiento (noviembre 2013 - abril 2014) para plantas de ruil desarrolladas bajo condición con y sin malla de protección.	74
Gráfico 12. Variación de la temperatura máxima diaria y humedad relativa para las condiciones con y sin malla, y diferencias entre la condición con y sin malla para la temperatura máxima diaria y humedad relativa.	75
Gráfico 13. Evolución de la temperatura media diaria promedio para los meses correspondientes a la primera temporada de crecimiento (noviembre 2013 - abril 2014) para plantas de ruil desarrolladas bajo condición con y sin malla de protección.	76

Gráfico 14. Porcentaje de supervivencia de plantas de ruil para las unidades experimentales sin malla de protección artificial.	77
Gráfico 15. Relación entre Índice de radiación global (IRG) (izquierda) e índice de área foliar (IAF) (derecha) con la supervivencia de plantas de ruil para las unidades experimentales sin malla de protección artificial.....	78
Gráfico 16. Respuesta en supervivencia en ensayo de campo, transcurridas 2 temporadas de crecimiento tras fertilización. Barras indican error estándar (n=3).....	79
Gráfico 17. Respuesta en el incremento corriente del diámetro de cuello relativo al tamaño inicial en plantas de ruil fertilizadas y no fertilizada, transcurridas 2 temporadas de crecimiento tras fertilización. Barras indican error estándar (n=3). **: $P < 0,01$	80
Gráfico 18. Respuesta en el incremento corriente de la longitud de tallo relativo al tamaño inicial en plantas de ruil fertilizadas y no fertilizada, transcurridas 2 temporadas de crecimiento tras fertilización. Barras indican error estándar (n=3). *: $P < 0,05$	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Crecimiento de plantas de ruil, transcurrido un año de ser establecidas en terreno.	22
Figura 2. Preparación de mezclas de sales para fertilización.	26
Figura 3. Labores de fertilización con regadera durante el transcurso del ensayo.	26
Figura 4. Monitoreo de humedad de sustrato durante la producción de plantas.	27
Figura 5. Medición de longitud de tallo durante el periodo de producción de plantas.	27
Figura 6. Determinación de biomasa.	28
Figura 7. Condición de cobertura vegetal del sitio seleccionado para el establecimiento de la fase de campo.	30
Figura 8. Imagen aérea del Fundo Pudú.	31
Figura 9. Plano de localización de Predio Pudú.	31
Figura 10. Delimitación inicial del sitio de establecimiento.	32
Figura 11. Diseño de ensayo de ruil instalado en terreno, Predio Pudú.	34
Figura 12. Actividad de habilitación mediante selección de vástagos.	35
Figura 13. Sitio post habilitación y homogenización de cobertura natural. .	36
Figura 14. Vista de cercado perimetral de área de establecimiento, en predio Pudú.	36
Figura 15. Transporte de plantas y distribución en terreno.	37
Figura 16. Registro de faena de preparación de casillas y plantación, en Predio Pudú.	38
Figura 17. Medición de diámetro a la altura de cuello (DAC; 0,01 mm) y longitud de tallo (LT; 0,1 cm), de cada planta establecida con y sin malla de protección.	39
Figura 18. Instalación de sensores de contenido volumétrico de agua, humedad relativa dispuesto fuera de malla de protección y almacenador de datos dispuesto en campo.	40
Figura 19. Secuencia de acciones para las instalación de mallas de protección artificial.	41
Figura 20. Plano de localización predio La Montaña.	43
Figura 21. Plano de distribución de tratamientos en campo.	44
Figura 22. Estado actual de ensayo de restauración de ruil – Predio La Montaña (Fecha de fotografía: 25-09-2013).	46

Figura 23. Medición del diámetro de cuello (DAC) y longitud de tallo (LT) en plantas de ruil establecidas con fines de restauración durante febrero de 2013.	46
Figura 24. Registro de concentración de biomasa fuera de la protección de la malla, previa aplicación de fertilización.	48
Figura 25. Registro de procedimiento de retiro de mallas de protección, previa aplicación de fertilización.	48
Figura 26. Detalle de contenido fertilizante Plantacote Pluss 14-9-15.	50
Figura 27. Registro de dosificación de fertilizante en laboratorio y aplicación en campo.	50
Figura 28. Producción de bienes y servicios, según condiciones de degradación del bosque nativo.	53
Figura 29. Estado de desarrollo de plantas de ruil (abril 2013) en respuesta a los tratamientos de fertilización nitrogenada para ambos volúmenes de contenedor.	59
Figura 30. Imágenes panorámicas de estado de desarrollo de plantas de ruil creciendo bajo malla y sin malla de protección, noviembre 2013.	69
Figura 31. Imágenes panorámicas de estado de desarrollo de plantas de ruil creciendo bajo malla y sin malla de protección, marzo 2014.	71
Figura 32. Fotografías hemisféricas de menor y mayor cobertura (izquierda y derecha, respectivamente) correspondientes a unidades experimentales sin malla de protección.	77

RESUMEN

El proyecto Valorización de Prácticas Silviculturales para la Regeneración de Bosques de Preservación de Ruil, tiene por objetivo general "determinar y valorar las prácticas silviculturales que permitan la regeneración y recuperación exitosa de los bosques de *Nothofagus alessandrii* Espinosa, sinónimo *Fuscospora alessandrii* (Espinosa) Heenan & Smissen) (ruil) en su área de distribución ecológica, para ello un equipo de profesionales multidisciplinario del proyecto conformados por profesionales del Instituto Forestal y de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción y el importante apoyo logístico de empresas como Transnet y Forestal Celco se materializó en ensayos de campos, donde se pudo lograr mejorar el conocimiento de la especie como el ruil.

En tal sentido el equipo de investigadores del proyecto se planteó como tarea:

1. Determinar los estándares de calidad de planta de *N. alessandrii* (ruil) que favorezcan su desarrollo en terreno.
2. Evaluar el efecto de la cobertura natural y artificial sobre el desarrollo de plantas de *N. alessandrii* establecidas en rodales naturales de la especie.
3. Determinar el efecto de la aplicación de fertilización de apoyo sobre plantas de *N. alessandrii* establecidas con distinto volumen de contenedor y nivel de protección solar.
4. Desarrollar una tabla de bonificación para la recuperación y restauración de los bosques de preservación de *N. alessandrii*, basados en las variables de densidad, tratamiento silvicultural y estado del recurso.

El enfoque metodológico se basó en desarrollar estudios nutricionales específicos donde se controlaron las variables ambientales y de crecimiento de las plantas en vivero. Una vez analizadas en su biomasa y conformación nutricional, una parte de la producción fueron llevadas a terreno, al área donde ruil crece en forma natural (zona de Curepto Región del Maule), con el objetivo de evaluar como el tipo de planta influye en la respuesta en terreno, es decir, probarla o evaluarla en condiciones naturales o reales de crecimiento.

En el establecimiento en terreno se analizaron el tamaño del contendor, el efecto de la cobertura artificial y natural, así como los efectos de la nutrición de las plantas. Para evaluar su crecimiento en terreno se controlaron las variables morfológicas de la especie, es decir, la altura y el diámetro de cuello de las plantas, además de variables ambientales como la humedad relativa, temperatura de crecimiento y la humedad del suelo. Todas estas evaluaciones consideraron diseños estadísticos que permitieran validar los resultados obtenidos.

Este tipo de ensayo y los resultados obtenidos en la Comuna de Curepto, lugar de establecimiento del ensayo, nos indica que el implemento que determina el éxito de la especie en campo es la malla de protección

artificial. Esta es tan relevante para la especie, que sin su protección es prácticamente imposible lograr que la especie se establezca. Este elemento fue analizado en profundidad mostrando que ella modifica el régimen de temperatura de las plantas y de la humedad relativa, lo que favorece el desarrollo de las plantas en altura y por sobre todo el nivel de sobrevivencia.

Un aspecto relevante son los costos asociados a los bosques de preservación, en particular cuando el objetivo es lograr que especies en "Peligro o Rara" (EN-R) como el Ruil se logren establecer en áreas con limitaciones en el suelo y de las condiciones hídricas, se hace necesario incorporar nuevas técnicas para su establecimiento, las cuales no han sido consideradas en las tablas de costos, en el marco de la ley 20.283. Se concluye que se debe mejorar la actual tabla de costos para el desarrollo del bosque de ruil.

1. Introducción

El ruil (*Nothofagus alessandrii* Espinosa, sinónimo *Fuscospora alessandrii* (Espinosa) Heenan & Smissen) forma parte de la asociación conocida como Bosque Maulino Costero, se encuentran cerca de 338,9 ha distribuidas en 186 fragmentos, en promedio el 95% de ellos tiene una superficie de 1,9ha, ubicados en 13 sectores (Santelices & Riquelme, 2007). En la actualidad, el paisaje es un mosaico de fragmentos de vegetación nativa esclerófila, comunidades vegetales dominadas por hualo (*Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser), inmersos en una matriz formada por plantaciones de rápido crecimiento, siendo éstas especies agresivas al poseer la capacidad de invadir con éxito los bosques de ruil (Bustamante & Castor 1998).

En 12 años, la superficie ha disminuido 7,01 ha y la fragmentación ha aumentado en más de un 1,8%, siendo el ser humano la principal causa de ello (Palma, 2004). Según Echeverría et al. (2006), sólo entre los años 1975 y 2000 la superficie ha disminuido un 67%, a causa del aumento de la superficie de plantaciones de pino (*Pinus radiata* D. Don). Ruil tiene dificultades para regenerar naturalmente debido a las actividades realizadas en el pasado (extracción de árboles) y a la invasión de especies competidoras. Junto a lo anterior, se aprecia la falta de antecedentes sobre como favorecer la regeneración artificial de esta especie.

Bajo este contexto producir plantas de calidad donde el tamaño del contenedor afecta directamente al volumen radicular de las plantas, siendo a la vez conocida la importancia de las raíces con relación al crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que no sólo constituyen al sostén, sino que cumplen variadas funciones en la fisiología tales como: la absorción de agua y nutrientes desde el suelo, el transporte de éstos a los tallos y hojas, la síntesis de hormonas vegetales, además como órgano de reserva (Kramer, 1974; Waisel et al., 1991; Salisbury & Ross, 1992).

En este sentido, la planta es un eslabón de la cadena que resulta indispensable para favorecer la regeneración de los bosques de ruil con objetivos de preservación. Dada las características de la especie en Peligro Crítico de Conservación, se requieren técnicas de producción y técnicas de establecimiento especiales, que no son de uso frecuente en las plantaciones masivas i.e.: el uso u omisión de malla de protección solar, variación en tamaño del contenedor que modifica el volumen de sustrato con que la planta es establecida en terreno, y otras tradicionales como la calidad fisiológica y morfológica de la planta.

2. Marco teórico

2.1. Problema u oportunidad

La región mediterránea posee una orografía similar en toda su extensión, desde aproximadamente la latitud 33° hasta los 36°50'S caracterizada por la Cordillera de los Andes al Este, la Cordillera de la Costa al Oeste y una depresión entre ambas conocida como Depresión Intermedia, Llano Central o Valle Longitudinal (Donoso, 1982). La vegetación presente en la zona se encuentra definida en los "Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile" (Donoso, 1981) y en la Reseña ecológica de los Bosque Mediterráneos de Chile (Donoso, 1982). Para efectos de este trabajo, se entenderá la clasificación que es utilizada por CONAF en su Reglamento DS 286/1982.

Los bosques de esta zona, son los que han sufrido más intensamente el impacto del hombre y carga de animales domésticos. La construcción urbana entre los siglos XVI y XVIII en Chile central, la necesidad por disponer de terrenos agrícolas y ganaderos, la presión ejercida sobre la vegetación para la producción de leña, carbón y madera, promovieron la destrucción o alteración de gran parte de las asociaciones vegetales originales de la zona (Cunill, 1971, citado por Donoso, 1982).

Las constantes presiones antropogénicas han provocado una seria degradación y fragmentación de los bosques de esta región (Donoso & Lara, 1995). Uno de los más dramáticos ejemplos es el ruil, especie más antigua de la familia de las Fagaceae del hemisferio sur (Serra et al., 1986). Ruil forma parte de la asociación conocida como Bosque Maulino Costero (Santelices & Riquelme, 2007), es una especie endémica de la zona central de Chile y actualmente se encuentra catalogada oficialmente como en Peligro ⁵ (Benoit, 1989) y declarada Monumento Nacional (según Decreto Supremo N°13/1995, del Ministerio de Agricultura), con lo cual se prohíbe su corta. Según la clasificación de la UICN, la especie ha sido clasificada y declarada, de acuerdo a su estado de conservación, En Peligro o Rara.

Ruil tiene un área de distribución natural muy restringida, limitada al cordón cordillerano costero occidental, el cual se encuentra bajo la influencia directa del Océano Pacífico. La faja que no supera los 100 km aproximados de extensión latitudinal, desde la comuna de Curepto (35° LS) hasta Chanco (36° LS) y varía desde los 150 a los 500 msnm y exposiciones S, SO y SE (San Martín et al., 1991), está compuesta por pequeños bosques de

⁵ Ruil: El reglamento para la clasificación de especies silvestres según su categoría de conservación, donde se usan las categorías recomendadas por la UICN, la especie se ha clasificado en el último proceso publicado (10° proceso), como "En Peligro o Rara" (<http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/index2.htm>)

segundo crecimiento sobre terrazas marinas costeras, distribuidos en lugares húmedos, ricos en materia orgánica y generalmente formando bosquetes puros.

Se encuentran cerca de 339 ha, distribuidas en 186 fragmentos, ubicados en 15 sectores (San Martín et al. 1991), la superficie de los fragmentos es muy reducida y, en promedio, el 95% de ellos tiene una superficie de 1,9 ha y menos del 5% posee tamaños mayores a 12 ha (Bustamante & Grez, 1995). En la actualidad, el paisaje es un mosaico con fragmentos de vegetación nativa esclerófila, comunidades vegetales dominadas por hualo, inmersos en una matriz conformada por plantaciones de rápido crecimiento, siendo éstas especies poseen una gran capacidad de invadir con éxito los bosques de ruil (Bustamante & Castor, 1998).

Según Bustamante & Grez (1995), existe un efecto significativo en los bordes de rodal que se manifestaría en cambios microclimáticos, así favoreciendo la colonización y establecimiento exitoso de *P. radiata* al interior de los fragmentos, agregando la deforestación a una tasa estimada de 47,3 ha año⁻¹ (Bustamante & Grez, 1995). Los bosques de ruil, en conjunto con la biodiversidad que se encuentra asociada, estarían desapareciendo en menos de 10 años (Bustamante et al., 1995, citado por Bustamante & Grez, 1995) a ello hay que agregar la baja viabilidad de las semillas (7-14%) y un porcentaje de germinación inferior al 8,7% (Serra et al., 1986). Aunque existe una buena fructificación, no se observa regeneración por semillas bajo el dosel (San Martín & Donoso, 1996) y solo algunos rodales del Bosque Maulino se encuentran protegidos, de los cuales: El Fin, Empedrado, 35°37'S y el Corte, Chanco, 35°50'S, que comprenden la reserva nacional Los Ruiles, cuya extensión son sólo 45ha que representan el 13,3% de la superficie total, a esto se agregan los predios protegidos por las empresas privadas que alcanzan el 37%.

Tabla 1. Superficie total calculada y número total de fragmentos para el año 1991 versus año 2003 para bosques de ruil. (Palma, 2004, citado por Olivares et al., 2005).

N°	Sector	1991		2003	
		Superficie (ha)	N° de Fragmentos	Superficie (ha)	N° de Fragmentos
1	Huelón	10,574	2	9,93	3
2	Catorce Vueltas	4,108	5	4,03	6
3	Lo Ramirez	46,954	14	46,954	14
4	Macal	14,759	11	14,759	11
5	Coipué	2,487	14	2,487	14
6	Agua Buena	1,389	3	1,162	2
7	Quivolgo	5,933	18	5,575	21
8	El Fin	9,38	3	9,38	3
9	El Porvenir	52,042	34	52,043	34
10	La Montaña	62,741	45	58,038	44
11	El Desprecio	64,809	20	64,072	22

12	Suc. Espinoza	0,436	1	0,436	1
13	Bellavista	9,91	21	9,645	20
14	La Bodega	2,708	4	2,708	4
15	El Corte	68,197	33	68,197	33
	Total	356,428	228	349,416	232

En 12 años, la superficie de bosque de ruil ha disminuido 7,01 ha (Tabla 1) y su fragmentación ha aumentado en un 1,8%, siendo el ser humano la principal causa de ello (Palma, 2004). Según Echeverría et al. (2006) sólo entre los años 1975 y 2000 la superficie de bosque de ruil ha disminuido en 67% a causa del aumento de la superficie de plantaciones de pino. Actualmente, el paisaje de esta región es un mosaico en donde fragmentos de bosque nativo persisten inmersos en un “océano” de plantaciones de *P. radiata* (Grez et al., 1997; Bustamante & Castor, 1998).

Según Olivares et al. (2005) las perturbaciones fueron motivadas por la necesidad de terrenos para la agricultura (principalmente cultivo de trigo), su posterior abandono y sustitución por plantaciones de especies de rápido crecimiento, además de la cosecha de árboles para obtener madera de construcción y material combustible (leña y carbón). A pesar de que el ruil es una especie en peligro (Benoit, 1989), la presión antrópica sobre los rodales aún persiste, por el aprovechamiento de los ejemplares para extracción de estacas, leña y carbón (San Martín & Donoso, 1996). Por tanto, el hábitat natural de los rodales de ruil se encuentra expuesto a permanentes factores y niveles de amenaza (op. cit.).

En este contexto, la restauración de este ecosistema altamente degradado es una tarea prioritaria. Por esta razón, es importante evaluar los mecanismos de propagación y cultivo de estas plantas en viveros (Santelices et al., 2011a). Además de la necesidad de identificar las prácticas silvícolas, tanto en la etapa de vivero como las de campo, que garantice el éxito de la restauración forestal.

2.2. Producción y calidad de planta

La mayoría de los trabajos publicados de producción de plantas nativas se han realizado a raíz desnuda, principalmente en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile, los que han considerado las siguientes especies: Raulí (*Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et. Mil.), Coigüe (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.), Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.), Avellano (*Gevuina avellana* Mol.), Alerce (*Fitzroya cupressoides* Johnst), Ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.), hualo, Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*) y Laurel (*Laurelia sempervirens* Looser) (Donoso et al., 1991a; Donoso et al., 1991b; Donoso et al., 1992a; Donoso et al., 1992b; Donoso et al., 1993; Donoso et al., 1995a; Donoso et al., 1995b). Sin embargo, utilizan una técnica que puede tener resultados

favorables en la zona sur de país, pero que no se adapta a la realidad de la zona centro, además de ser una práctica poco utilizada por los productores de plantas que prefieren producir plantas a raíz cubierta (bolsa, bandeja o tubete).

Estudios realizados en contenedores y raíz desnuda han considerado el efecto de la luminosidad sobre la producción de plantas en vivero (Grosse & Bourke, 1988; Santelices et al., 1995). En Chile, existen escasos trabajos documentados que evalúen el impacto del tamaño del contenedor y su respuesta en terreno para la especie ruil. La única experiencia disponible a la fecha es la evaluación del comportamiento de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) en diferentes tamaño de contenedores (González et al., 2011) donde se entregan resultados sobre la producción y la calidad obtenida según diferentes tipos y tamaños de contenedores.). No obstante, en producción de plantas de ruil, Santelices et al. (2011b) evaluaron el efecto de la sombra y la fertilización en la producción de plantas de contenedor, obteniendo como resultados que con niveles de sombra moderada (35 al 50 %) se obtienen plantas de calidad funcional aceptable para la forestación, de acuerdo a sus atributos morfológicos e índices de calidad, sin observar un efecto en el desarrollo de las plantas en terreno como consecuencia de la aplicación de diferentes dosis del fertilizante de entrega controlada.

Estudios que evalúan diversos parámetros morfo-fisiológicos de plantas en vivero, se han realizado mayoritariamente para *Pinus pinea* (*Pinus pinea* L.), *P. halapensis* (*Pinus halapensis* Mill.) y *pinaster* (*Pinus pinaster* Ait.), *Quercus ilex* L. y quillay (Domínguez et al., 1997; Cruz et al., 2008; González et al., 2011) y en plantaciones sobre especies como *Eucalyptus globulus* Labill. y *Pinus palustris* Mill. (South et al., 2004; Closse et al., 2010).

En Chile, aún es posible detectar en viveros de la zona central, el uso de la bolsa de polietileno como forma de producción. Este sistema de producción hasta hace poco era subsidiado por el estado al bonificar la producción de este tipo de plantas, ello se aprecia en la “Tabla de costos que fija costos de Forestación, recuperación de suelos degradados, Estabilización de dunas, poda y raleo, por hectárea, y Establecimiento de cortinas cortavientos por Kilómetro, al 31 de julio de 2008, para los efectos del Decreto ley n° 701 de 1974 y sus modificaciones posteriores. En esta ley se privilegiaba el uso de la bolsa o cepellón sobre las otras formas de producción, lo esperable sería diferenciar por tipo y volumen del contenedor, en el cual fueron producidas.

Por otro lado, existen antecedentes que muestran que la utilización de la bolsa produce una fuerte espiralización del sistema radical, lo que ha provocado en España la mortalidad después de 35 a 40 años luego de establecidas las plantas (Montoya & Camara, 1996). Esto es coincidente con lo planteado por Domínguez et al. (1997), quien indica que se llegan a perder plantaciones por problemas de reviramientos radicales.

Como se mencionó previamente, en la zona denominada mediterránea del país, se produjo una disminución de muchas especies y la desaparición de

las asociaciones o tipos forestales en vastas áreas del centro del país. En las zonas donde permanecieron las asociaciones vegetales, fueron afectadas en su densidad, así como el tamaño de los individuos y la diversidad de especies, además de alteraciones en el piso forestal, de las características del suelo y de las condiciones microclimáticas del bosque. Este cambio radical de las condiciones originales impide o dificulta el establecimiento de las plantas, lo que determina que se regeneren casi exclusivamente aquellas especies que rebrotan de tocón o de raíces; un ejemplo de esto se puede apreciar en las comunidades actuales de espinos (*Acacia caven* (Mol.) Mol.), Boldo (*Peumus boldus* Mol.), Peumo (*Cryptocarya alba* (Mol.) Looser) y Litre (*Lithraea caustica* (Mol.) Hook. et Arn.), entre otras especies.

A pesar de ello, la importancia de la calidad de las plantas nativas aún no ha sido suficientemente estudiada y tampoco exigida por los forestadores privados o el Estado, es así que aún prevalecen criterios dispares en términos de calidad de plantas. La relevancia de este tema e impacto sobre la calidad de las plantaciones, ha sido tratada por diversos autores de otros países (Duryea, 1985; Birchler et al., 1998; Cortina et al., 2006; Rodríguez, 2008).

Podemos indicar que se hace necesario evaluar el comportamiento de la calidad de la planta y su respuesta en terreno, en tal sentido se requiere desarrollar tecnologías que permitan producir “plantas específicas”, de acuerdo con los objetivos de la plantación, ya sea para la repoblación, restauración, u ornamental. Además deben ser consideradas las características del lugar de establecimiento así como los potenciales riesgos abióticos a los que se debe enfrentar toda nueva repoblación o revegetación (heladas, sequía estival, viento, insolación, entre otros).

Por esta razón, son de importancia las características morfológicas y fisiológicas de las plantas que se producen en vivero, las cuales determinan relaciones entre sus partes, generando índices de calidad que se transforman en herramientas de decisión y selección del material vegetal apropiado, que tendrán una respuesta deseada para las condiciones de sitio en las cuales se establecerán definitivamente.

Entre estos índices de calidad, está el Índice de Esbeltez, que corresponde al cociente entre la altura de la planta y el DAC (diámetro a la altura del cuello), y relaciona la resistencia de la planta con su propia capacidad fotosintética (Toral, 1997), utilizado habitualmente para estimar la resistencia física de las plantas durante las operaciones de plantación y al efecto mecánico del viento (Gómez & Leyva, 2005).

Otros índices son el ITR relacionada el largo del tallo con el largo de la raíz principal, y el QI (Índice de calidad de Dickson) que correlaciona la biomasa con la relación Tallo/Raíz. Guifan (1997, citado por García, 2007) señala que, una planta de buena calidad debe tener un valor de diámetro de cuello relativamente alto y un índice de esbeltez bajo. No obstante, Fernández y Royo (1998, citados por García, 2007) consideran que el valor de Índice de Esbeltez no debe ser mayor a 6 y Mitchel et al. (1990, citados por Hunt, 1990) mencionan que la esbeltez debe ser menor o igual a 8 para

que la planta se encuentre en una condición equilibrada. Un ejemplo de ello, es entregado por Hunt (1990), en estudios realizados en Abeto y Pino, quienes señalan que un valor de QI inferior a 0,15 puede significar problemas en el establecimiento de las plantas, ya que estas se encontrarían desequilibradas, por ello para esas especies se recomienda un QI superior a 0,2 como mínimo.

Tradicionalmente las plantaciones de especies nativas, otorgan importancia solo a las técnicas de plantación omitiendo el efecto que pueden provocar las características morfológicas y fisiológicas de las plantas. En este sentido, el aporte que hace la Norma Chilena NCh N° 2957 de 2006, de calidad de planta es de relevancia, ya que su creación no sólo subsana la problemática de definir las características del material de propagación, sino que además soluciona la inexistencia de una norma de este tipo a nivel nacional para el sector forestal. Esta norma fue creada en el marco del proyecto INNOVA Chile/INFOR “Desarrollo de estándares de origen de la semilla y calidad de la planta para el aumento de la productividad en plantaciones y bosques naturales”, y establece los requisitos mínimos que debe tener el material de propagación de uso forestal, definiendo los atributos morfológicos y fisiológicos de las plantas para las principales especies que son establecidas en nuestro país, pino radiata, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens* H. Deane et Maiden, Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) y sólo está considerada una especie nativa, el raulí.

El Centro Tecnológico de la Planta Forestal de INFOR, se encuentra desarrollando el proyecto “Definición de parámetros de calidad de plantas de dos especies arbóreas nativas de la zona Centro-Sur de Chile”, el objetivo de este proyecto es elaborar una propuesta normativa de parámetros de calidad para las especies roble y quillay, y que forme parte de la actual “Propuesta de Reglamento de semillas y Plantas Forestales” (Proyecto INNOVA). En este grupo de trabajo, se han desarrollado temas de germinación y protocolos de producción de plantas en contenedor. Durante los últimos años se ha trabajado con más de 11 especies nativas en distinto temas que incluyen dosis de fertilizantes, tamaño de contenedores, curvas de germinación, todos ellos a nivel de vivero (Quiroz et al., 2009a; Quiroz et al., 2009b; García et al., 2009; González et al., 2009; González et al., 2011), detalles de los trabajos se encuentran disponibles en la siguiente dirección de web http://www.ctpf.cl/publicaciones-forestales/cat_view/67-estudios-y-notas-tecnicas.html . Consecuencia de los trabajos realizados es determinar los efectos de las diferentes técnicas de producción en viveros y determinar sus impactos en terreno.

2.3. Plantaciones de especies nativas

Al revisar los antecedentes técnicos sobre especies nativas, se aprecia abundante información en temas de manejo o raleos en diferentes intensidades, y estudios ecológicos (Donoso, 1981; Donoso et al., 1993; Donoso et al., 2006a; Donoso et al., 2006b; Donoso 2008). Una amplia descripción de lo expresado es la recopilación de antecedentes

realizada por Del Fierro & Pancel (1998) en el marco del proyecto CONAF/GTZ para 57 especies arbóreas documentado en el Libro "Experiencia Silvicultural del Bosque Nativo en Chile" y el texto de Donoso (2006) "Las especies arbóreas de los bosque templados de Chile y Argentina. Autoecología".

Experiencias documentadas sobre plantaciones con especies nativas, se concentran en los trabajos liderados por La Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile, sin embargo, muchos resultados se basan en una serie de recomendaciones de plantación que utilizan plantas a raíz desnuda (en la zona mediterránea se utiliza especies nativas a raíz cubierta) que consideran las siguientes especies: raulí, coigüe, roble, avellano, alerce, ulmo, hualo, ciprés de la cordillera y laurel (Donoso et al., 1991a; Donoso et al., 1991b; Donoso et al., 1992a; Donoso et al., 1992b; Donoso et al., 1993; Donoso et al., 1995a; Donoso et al., 1995b). Resultando estas recomendaciones válidas para la zona Sur de país, especialmente en las regiones de la Araucanía y de los Ríos.

Sin lugar a dudas, las especies más estudiadas en el sur de Chile (IX-IVX y X Región), corresponden a coigüe y raulí, ello queda en evidencia en los proyectos denominados: FONDEF-UCT-UACH D04I1271 año 2006 y en el año 2009 FONDEF-UACH-UCT D07I1034, que han permitido actualizar los antecedentes sobre dichas especie y los avances que se han logrado en los último 15 años. Esto último, porque se ha plantado raulí y coigüe con una mayor tecnología silvícola, se ha perfeccionado, como indica Donoso & Soto (2010), la primera parte del eslabón productivo que es la calidad de la planta, aspecto que no tendría dificultad o que se encuentra resuelto. Sin embargo, los autores no señalan estudios comparativos que muestren la influencia de la calidad de la planta en el desarrollo de las especies, problema que no tendría tanta incidencia en zonas con alta pluviometría como las existentes en la región de los Ríos.

En el año 2000, también en el sur del nuestro país, se registraron experiencias de establecimiento intensivo de plantaciones donde se consideró: manejo físico del suelo, fertilizaciones y control de maleza (Ríos, 2008; Donoso & Soto, 2010) con resultados de 80% en sobrevivencia, incrementos medios en diámetros de 1,8 cm y altura de 1,3 m (Ríos, 2008; Soto & Ríos, 2009). En la misma zona se ha experimentado con ulmo, laurel y olivillo (*Aextoxicom punctatum* R. et Pav.) lográndose incrementos medios en alturas entre 20 a 40 cm y sobrevivencias entre un 70 a 98% (González et al., 1997). Más al norte, en el fundo Jauja, comuna de Collipulli, IX Región, se llevó a cabo un ensayo de fertilización y grado de luminosidad en plantaciones bajo dosel de roble y raulí. La plantación se realizó el mes de julio utilizando plantas de 90 cm de altura y entre 8 y 9,4 mm de diámetro de cuello. La mejor supervivencia se produjo bajo semisombra de 13-28 m² ha⁻¹ de área basal equivalentes a coberturas de copa de 34,8 a 63,1%, alcanzando porcentajes de 84 a 91%. Por su parte, la fertilización produjo un aumento de un 17% en la supervivencia (Grosse, 1988).

Una de las especies más evaluadas en la zona mediterránea es quillay y corresponden a trabajos liderados mayoritariamente por la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile. En general, se ha evaluado el desarrollo de la especie bajo diferentes tratamientos de riego y fertilización. Los resultados obtenidos en San Pedro, Región Metropolitana, lograron valores de un 89% de supervivencia, condición que se vio favorecida con la aplicación de riego y la fertilización, se indica que ésta es sólo efectiva si además se aplica riego (Valenzuela, 2007). En la misma línea existen variados trabajos que se han orientado a evaluar experiencias en riego y fertilización en quillay (Navarro & Bravo, 2001; Ezquerro, 2003; Malfanti, 2004).

Cruz et al. (2008), en el secano interior de la comuna de Pumanque VI Región, evaluó cuatro niveles de humedad en una plantación con quillay, los resultados obtenidos en este estudio indicaron que los crecimientos anuales presentaron una alta variabilidad individual para los distintos parámetros, obteniéndose resultados de diámetro basal entre 0,9 a 1,9 cm, altura entre 41,5 a 72,7 cm e índice de productividad entre 646 a 3.611 cm³ y una supervivencia promedio de un 69%. El mínimo aporte de agua a la planta (16 L planta⁻¹ mes⁻¹) originó crecimientos de diámetro basal, altura y fitomasa que superaron al tratamiento testigo en un 54, 44 y 176%, respectivamente. Los crecimientos medios en diámetro, altura y fitomasa son mayores en el cuarto nivel con respecto al testigo. Se indicó finalmente que estas tasas de crecimiento representan la potencialidad de la especie frente a condiciones adecuadas de suministro hídrico.

Otro ensayo evaluado en la zona por Cruz et al. (2008), entregan resultados de supervivencia y desarrollo logrados con distintos tratamientos de plantación bajo condiciones de secano. Los tratamientos presentan en promedio un 64% de supervivencia, y la menor mortalidad se alcanzó con la protección de la casilla de plantación con una lámina plástica de 1 m². Este sistema de protección evita la excesiva evapotranspiración y asegura una buena supervivencia de las plantas durante la restrictiva época estival. Aquellas plantas que provienen de bolsas de un año (350 cm³) alcanzaron un mayor desarrollo en diámetro, altura e índice de productividad, respecto de aquellas de dos años y aquellas provenientes de contenedor de 90 cm³ (op. cit.).

En el año 2006 se estableció un ensayo de plantación de ruil en las cercanías de Talca (Panguilemu), usando diferentes niveles de sombra (0, 50, 65 y 80%) y métodos de control de malezas (mulch y herbicida). Los resultados mostraron que el grado de cobertura influye sobre la supervivencia de la especie, aunque no sobrepasaron el 40% con cobertura y 0% a pleno sol. El incremento en altura fue de 5 cm anuales (Santelices et al., 2012).

Otra especie que ha sido analizada en la zona mediterránea es hualo, sin embargo, solo trata aspectos de análisis de semillas, tratamiento pregerminativos y antecedentes de autoecología (Donoso, 2006). Respecto a las técnicas de plantación, en general, los antecedentes son escasos y

corresponden a recomendaciones generadas a partir de la experiencias emepricas (Donoso et al., 1995). En particular se entregan antecedentes de plantación utilizando plantas a raíz de desnuda, plantas que no se producen en los viveros de la zona. No obstante, Quiroz et al. (2013) por medio de ensayos establecidos, evaluaron la supervivencia y crecimiento inicial de las especies ruil, hualo y peumo, comparando el efecto del tamaño de contenedor, riego al establecimiento y la protección al establecimiento por medio de mallas, obteniendo tasas de supervivencia, para el caso de hualo, del orden del 90 % en condiciones con malla de protección y 47 % sin la malla de protección, tras la primera temporada de establecimiento, sin observar diferencias significativas en el tamaño de contenedor y esquemas de riego post establecimiento para la supervivencia de las plantas para el caso de ruil.

2.4. Plantaciones de Ruil

El grupo de investigadores de esta propuesta, realizaron una de las primeras experiencias documentadas de establecimiento artificial de ruil. El ensayo instalado en 2010, consideró 12 tratamientos con tres repeticiones y 49 plantas por unidad experimental, con un total de 1.764 plantas establecidas.

Los factores analizados fueron tratamientos de riego (sin riego, con 2 y 5 riegos), protección solar (con y sin protección) y tipo de planta (producidas en dos tamaños de contenedor). Instalado en una superficie de 1,5ha en la comuna de Curepto, área de distribución natural de la especie.

Transcurrido 12 meses desde el establecimiento de las plantas en terreno, se observaron diferencias significativas en la altura de las plantas producto del volumen del contendor y el uso de la malla (Quiroz et al., 2011; Quiroz et al., 2013).

Al evaluar el efecto directo de la malla de protección solar sobre los parámetros morfológicos de la planta, tratamientos con malla presentaron un mayor incremento en altura, demostrando de esta manera, que su uso modifica los parámetros morfológicos de las plantas, dependiendo su utilización de la variable a beneficiar. Los tratamientos con malla presentaron incrementos en altura superiores a los 30 cm por temporada, independiente del tipo de planta (tamaño de contenedor) aunque los mayores incrementos en altura se presentaron en plantas producidas en contenedores de 130 ml, similar situación ocurrió con la variable diámetro de cuello.

Asimismo, al analizar la supervivencia con malla de protección para todos los tratamientos con y sin riego, los valores superaron el 93,9%. Los mejores resultados se lograron en plantas producidas en contenedores de 280 ml y cinco riegos (uno mensual).

De los resultados obtenidos, se concluye que el tratamiento que influye o tiene mayor peso en el desarrollo de las plantas es el uso de la malla, por ejemplo, se obtienen diferencias de crecimiento en altura, en promedio, de 20 cm en comparación con aquellas sin malla, sin considerar riego y tamaño

de contenedor. El segundo tratamiento que determina el tamaño de la planta es el tipo de planta o tamaño de contenedor, aunque esta no es relevante en términos prácticos, ya que sólo se obtiene una diferencia de altura promedio de 5 cm (dejando constante los tratamientos de riego y malla). Al analizar sólo el tratamiento riego, (aislando malla y contenedor) se observó que ayuda al crecimiento de las plantas, pero no influye significativamente en el crecimiento total de las plantas en altura, aunque se observan diferencias en términos cualitativos en la calidad de la plantas en terreno (mayor cantidad de follaje, hojas de color verde, etc.), es decir, se observó una planta de mayor vigor en aquella cubierta con malla (Figura 1).

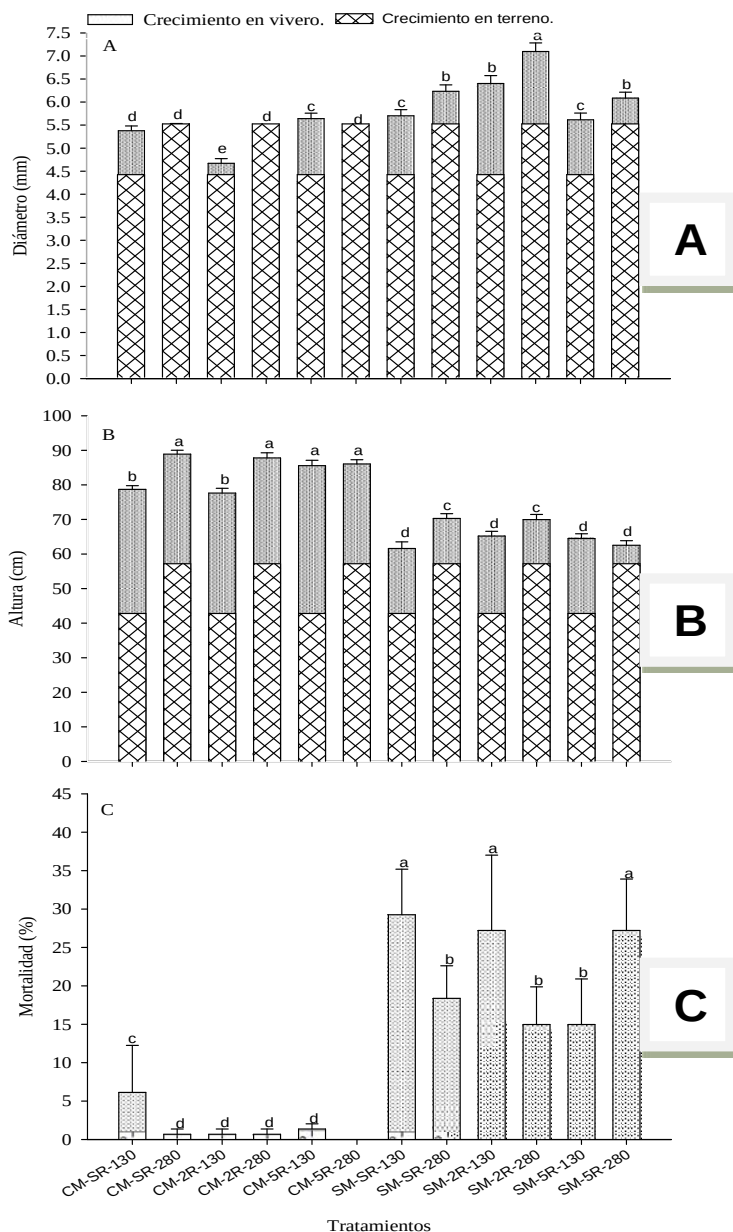


Figura 1. Crecimiento de plantas de ruil, transcurrido un año de ser establecidas en terreno.

A) Crecimiento en diámetro. B) Crecimiento en altura. C) Porcentaje de plantas muertas. CM: con malla de protección solar. SR: sin riego, 2R: aplicación de riego en 2 oportunidades, 5R: aplicación de riego en 5 oportunidades, SM: sin malla de protección solar (Quiroz et al., 2011). Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Hipótesis

2.5. Hipótesis General

- La adecuada selección y valorización de las prácticas silviculturales permitirán asegurar la regeneración y recuperación exitosa de los bosques de *Nothofagus alessandrii* (ruil) en su área de distribución ecológica.

2.6. Hipótesis Específicas

- Un aumento en el volumen radicular de plantas de *N. alessandrii* durante la viverización favorecerá un incremento en la absorción de nutrientes y agua mejorando sus atributos morfológicos.
- En estadios tempranos de desarrollo el uso de coberturas de protección solares naturales y artificiales permitirá regular la cantidad, calidad y distribución de la radiación incidente sobre plantas de *N. alessandrii* establecidas en sitios expuestos a alta insolación y baja disponibilidad hídrica en el suelo, favoreciendo su supervivencia y crecimiento.
- Un aumento de la disponibilidad nutricional del suelo en combinación con un mayor volumen radicular y protección solar atenuará los niveles de estrés de plantas establecidas de *N. alessandrii* favoreciendo su exitosa regeneración artificial.
- La selección adecuada de las prácticas silviculturales a aplicar en estadios tempranos de desarrollo post-establecimiento favorecerán la eficiencia de la regeneración artificial de *N. alessandrii* en su área de distribución ecológica.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General:

- Determinar y valorar las prácticas silviculturales que permitan la regeneración y recuperación exitosa de los bosques de *Nothofagus alessandrii* (ruil) en su área de distribución ecológica.

3.2. Objetivos Específicos:

- Determinar los estándares de calidad de planta de *N. alessandrii* (ruil) que favorezcan su desarrollo en terreno.
- Evaluar el efecto de la cobertura natural y artificial sobre el desarrollo de plantas de *N. alessandrii* establecidas en rodales naturales de la especie.
- Determinar el efecto de la aplicación de fertilización de apoyo sobre plantas de *N. alessandrii* establecidas con distinto volumen de contenedor y nivel de protección solar.
- Desarrollar una tabla de bonificación para la recuperación y restauración de los bosques de preservación de *N. alessandrii*, basados en las variables de densidad, tratamiento silvicultural y estado del recurso.

4. Metodología

4.1. Etapa de producción de plantas

En esta etapa se busca dar respuesta a parte del objetivo específico 1 “Determinar los estándares de calidad de planta de *N. alessandrii* (ruil) que favorezcan su desarrollo en terreno”, en lo referente a la caracterización de atributos morfo-fisiológicos de plantas, para la determinación de calidades de plantas.

La calidad de planta será determinada en función de la respuesta en campo al establecimiento, para posteriormente entregar la caracterización de los atributos morfo-fisiológicos de las plantas producidas en vivero.

4.1.1. Recolección de semillas y pruebas de calidad de semillas

El material vegetal utilizado para la evaluación del ensayo correspondió a plantas de ruil provenientes de semillas colectadas en la comuna de Curepto (35°16' S y 72°04'O), Región del Maule.

Las pruebas físicas del material, indicaron un peso medio de 100 semillas de 1,079 g y una cantidad de 92.614 semillas Kg⁻¹.

El porcentaje de viabilidad promedio fue del 11,7%. La Capacidad germinativa de dicho material fue de un 64%, con 49,3% de energía germinativa al día 10. El vigor germinativo (Icz) en tanto, se situó en 24,1.

4.1.2. Bandejas de producción, sustrato y siembra

Se utilizaron almacigueras de poliestireno expandido de 84 cavidades, con un volumen por cavidad de 130 ml, y almacigueras de 60 cavidades, con volumen individual de 280 ml.

Se utilizó sustrato de corteza de pino radiata compostada con una porosidad total 49,3%, porosidad de aireación 25,2% y de porosidad de retención 24,1%.

La siembra se realizó en septiembre de 2012. El comienzo de la fertilización se efectuó cuando las plantas alcanzaron el completo establecimiento del sistema radical en los contenedores, el cual fue evaluado en forma visual (noviembre 2012).

4.1.3. Esquemas de riego y fertilización

La fertilización se basó en la aplicación de dosis crecientes de nitrógeno, las cuales correspondieron a 0, 200, 400 y 600 mg L⁻¹, manteniendo constante el resto de los macroelementos en 150 mg L⁻¹ para el fósforo (excepto para 0 mg L⁻¹ de N), 100 mg L⁻¹ para el potasio, 80 mg L⁻¹ para el calcio, 40 mg L⁻¹ para el magnesio y 60 mg L⁻¹ para el azufre.

Las fuentes utilizadas para los distintos macroelementos fueron las siguientes sales: urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), sulfato de magnesio (MgSO_4), sulfato de potasio (K_2SO_4), carbonato de potasio (K_2CO_3), nitrato de potasio (KNO_3), fosfato monopotásico (KH_2PO_4), fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) fosfato diamónico ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$), sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), óxido de calcio (CaCO_3) y nitrato de sodio (NaNO_3).

La preparación de las soluciones se realizó siguiendo la metodología descrita por Landis (2000), (Figuras 2). La aplicación de las soluciones nutritivas se realizó con regaderas suministrando alrededor de 1,7 litros de solución por bandeja en cada instancia de fertilización (Figura 3).

El riego durante el periodo de viverización se monitoreo con sensores de humedad de suelo y temperatura ambiental (Decagon Devices) (Figura 4) y se procuró regar cuando se perdiera aproximadamente el 50% de la masa de agua retenida por la bandeja, riego que se realizó con aspersores a saturación.

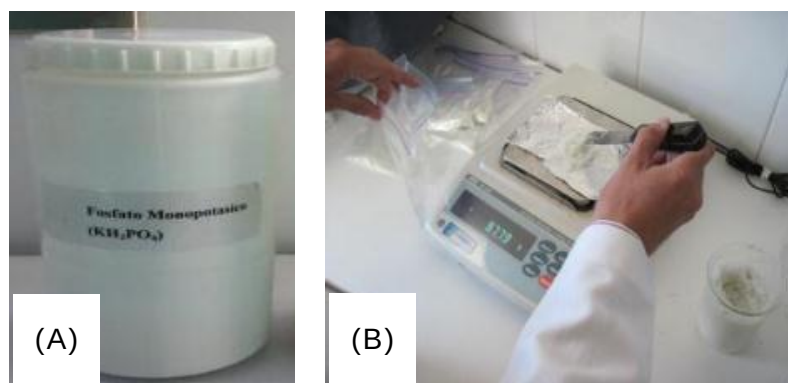


Figura 2. Preparación de mezclas de sales para fertilización.

(A) Ejemplo de sal utilizada durante el ensayo. (B) Pesaje de sales para formulación de los distintos tratamientos de fertilización.



Figura 3. Labores de fertilización con regadera durante el transcurso del ensayo.

(A) Fertilización realizada en noviembre 2012. (B) Fertilización realizada en abril 2013.

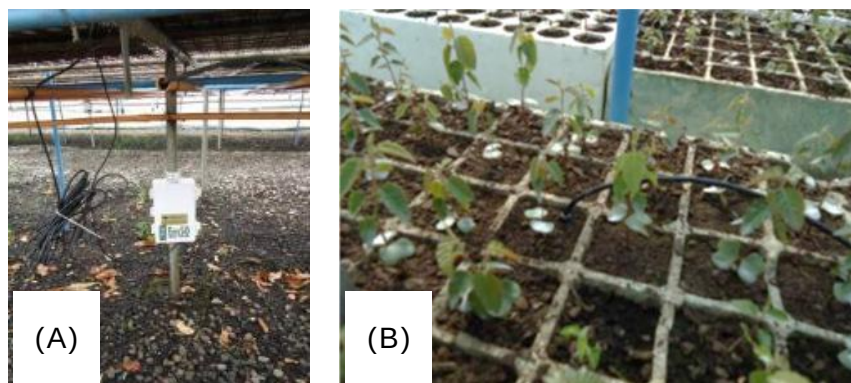


Figura 4. Monitoreo de humedad de sustrato durante la producción de plantas.

(A) Capturador de datos de humedad de sustrato utilizado en ensayo. (B) Sensor de humedad en bandejas de producción de plantas.

4.1.4. Evaluación del crecimiento en diámetro de cuello y longitud de tallo de plantas de ruil en vivero

Las variables diámetro de cuello (mm) y longitud de tallo (cm) fue medida aproximadamente cada 20 días durante el periodo de producción de plantas (Figura 5). Para ello se seleccionaron y marcaron 49 plantas por bandeja al inicio de la producción, ubicadas en la parte central de cada bandeja dejando plantas bordes excluidas de las mediciones.

La medición de longitud de tallo se realizó desde el cuello hasta al ápice, con regla de medir con precisión de la medición de 0,1 cm.

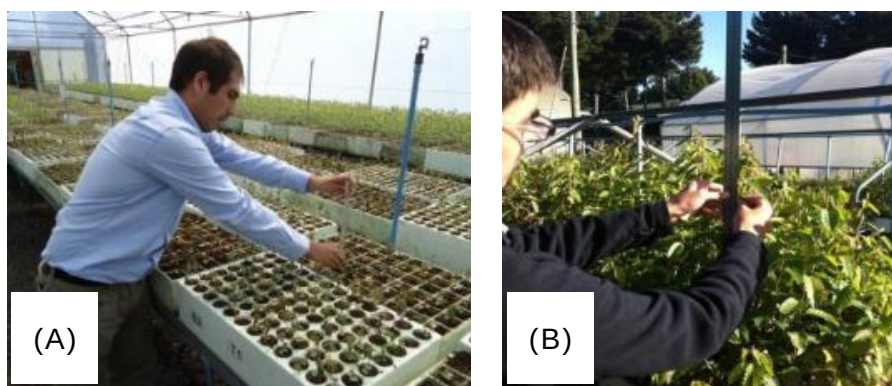


Figura 5. Medición de longitud de tallo durante el periodo de producción de plantas.

(A) Medición realizada en noviembre 2012. (B) Medición realizada en abril 2013.

4.1.5. Evaluación de biomasa

A contar de enero de 2013, y con una frecuencia de muestreo mensual, se seleccionaron de forma aleatoria 6 plantas por tratamiento para la determinación de biomasa de los distintos componentes de plantas (Figura 6). Para ello, hojas, tallos y raíces fueron separados para ser secados en horno de ventilación forzada a 65°C hasta peso constante (Figura 6E). La determinación de la biomasa de cada componente fue realizada con balanza digital, con precisión de 0,001 g (Figura 6F).

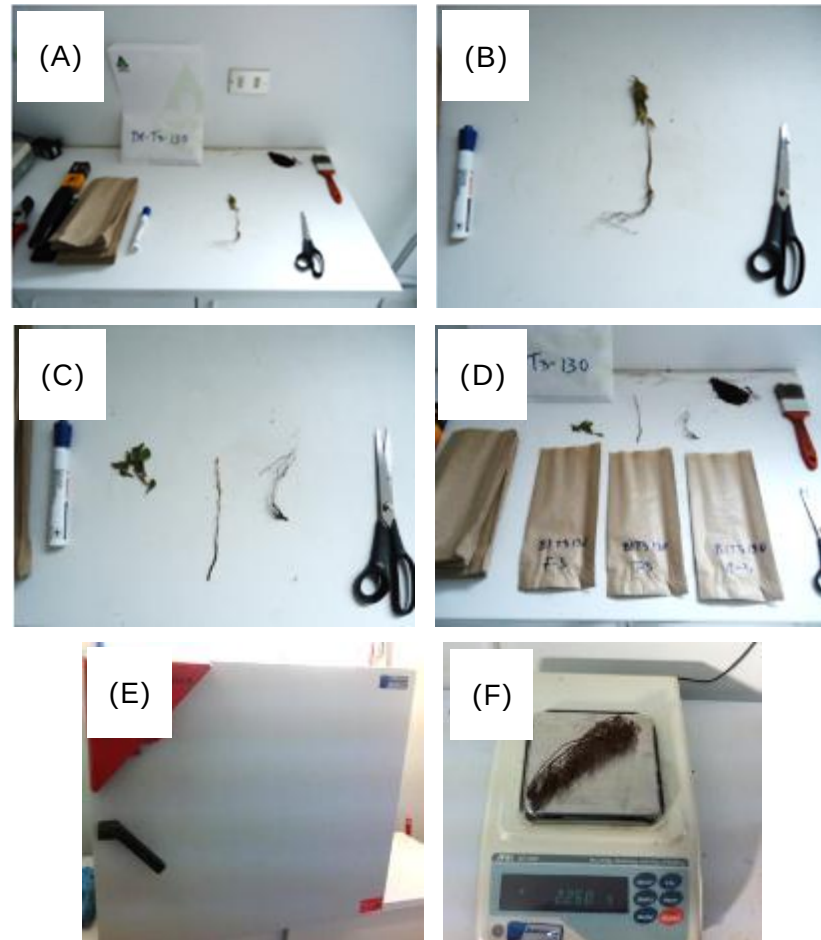


Figura 6. Determinación de biomasa.

(A, B, C, D) Secuencia metodológica para la separación de componentes y determinación de biomasa de las plantas del ensayo. (E) Horno de ventilación forzada para secado de biomasa. (F) Balanza digital para la determinación de biomasa.

4.1.6. Índices de calidad de planta

- a) Relación longitud de tallo/diámetro del cuello o Índice de Esbeltez (IE): relaciona la longitud de tallo (cm) y el diámetro del cuello (mm) de la planta, se determina mediante la siguiente expresión:

$$I_i = \frac{L}{D \text{ á m}} \frac{d \text{ t l}}{d \text{ c}} \frac{(cm)}{(m)}$$

- b) Relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz (IAR): refleja el desarrollo de la planta en vivero, para especies de crecimiento normal, se determina mediante la siguiente expresión:

$$I_{\text{IAR}} = \frac{B}{B} \frac{s_{\text{ca aérea}} (g)}{s_{\text{raíz}} (g)}$$

- c) Índice de calidad de Dickson (ICD): reúne varios atributos morfológicos en un solo valor que es usado como índice de calidad. A mayor valor de índice resultará una mejor calidad de planta, se determina mediante la siguiente expresión:

$$I_{\text{ICD}} = \frac{\frac{B}{L} \frac{t_l}{d \text{ c}} \frac{d \text{ l u p}}{(cm)} \frac{(g)}{(m)}}{\frac{B}{B} \frac{s_{\text{ca aérea}} (g)}{s_{\text{raíz}} (g)}} + \frac{B}{B} \frac{s_{\text{ca aérea}} (g)}{s_{\text{raíz}} (g)}$$

4.1.7. Determinación del estatus nutricional de plantas en vivero

Determinaciones del estatus nutricional, a nivel de planta completa, fueron realizadas al final del periodo de producción de plantas, para ello se consideraron 12 muestras (1 muestra x 4 tratamientos x 1 volumen x 3 réplicas). Dicha muestra estuvieron constituidas por 2 plantas las cuales fueron secadas a 45°C hasta peso constante. Para dichas muestras sólo se consideró las plantas producidas en 130 ml de cavidad. Se determinaron los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro.

4.1.8. Diseño y análisis estadístico, para la etapa de producción de plantas en vivero

El diseño experimental del ensayo, correspondió a un diseño factorial en bloques con dos factores, volumen de contenedor (2 niveles) y fertilización (4 niveles), con tres réplicas. La unidad experimental estuvo constituida por una bandeja de producción.

La unidad muestral, para la longitud de tallo estuvo constituida por 49 plantas, mientras que para la biomasa por 6 plantas. Para la longitud de tallo, se analizó mediante un modelo de medias repetidas, con modelación de la estructura de varianza y covarianza al 95 % de confianza. ANOVA de dos vías para el diámetro de cuello, componentes de biomasa, índices de calidad de plantas y respuestas nutricionales. Todos los análisis se realizaron utilizando el software Infostat (V.2011p), extensión R-proyect (V.2.15.0).

4.1.9. Encuesta de parámetros de calidad de planta en viveros

Esta actividad es detallada en el Anexo 1, en donde se indican tanto la definición de antecedentes relevantes para la captura de información, estructura y encuesta a viveristas realizadas, como su respectiva evaluación y análisis de resultados.

4.2. Establecimiento de ensayo en campo

A fin de determinar los estándares de calidad de planta (objetivo específico 1) para las actividades de establecimiento de *N. alessandrii*, se realizó la evaluación en campo de la respuesta al establecimiento según los esquemas de producción de plantas utilizados en la etapa de viverización. Para posteriormente realizar la descripción de atributos morfo-fisiológicos de plantas de ruil, para su establecimiento en campo.

A su vez, esta etapa de campo permitirá dar respuesta al objetivo específico 2, “Evaluar el efecto de la cobertura natural y artificial sobre el desarrollo de plantas de *N. alessandrii* establecidas en rodales naturales de la especie”.

4.2.1. Selección del sitio de establecimiento

Para la fase de campo y evaluación de las plantas producidas en vivero junto con técnicas silviculturales de apoyo al establecimiento, se seleccionó una superficie aproximada de 1,5ha, en el Fundo Pudú (35°09'20,22"S; 72°07'72,68"O H18S, 170 m.s.n.m.), propiedad de la empresa Forestal Arauco S.A (zona norte) (Figura 7). Sitio localizado al sureste de la comuna de Curepto, Región del Maule, Chile (Figuras 8 y 9). El uso anterior del sitio correspondió a una cobertura de pino radiata de aproximados 18-20 años. No obstante, por el tiempo sin reforestación desde la rotación anterior, se observó escasa presencia de tocones, y aquellos presentes con avanzado estado de descomposición. Se observó una cobertura de especies arbustivas (madrono, litre, quillay, boldo) de altura variable, entre 1 y 4 metros altura.



Figura 7. Condición de cobertura vegetal del sitio seleccionado para el establecimiento de la fase de campo.



Figura 8. Imagen aérea del Fundo Pudú.

(Fecha: 22-03-2011, Fuente: Image©2013 DigitalGlobe, Google Earth).

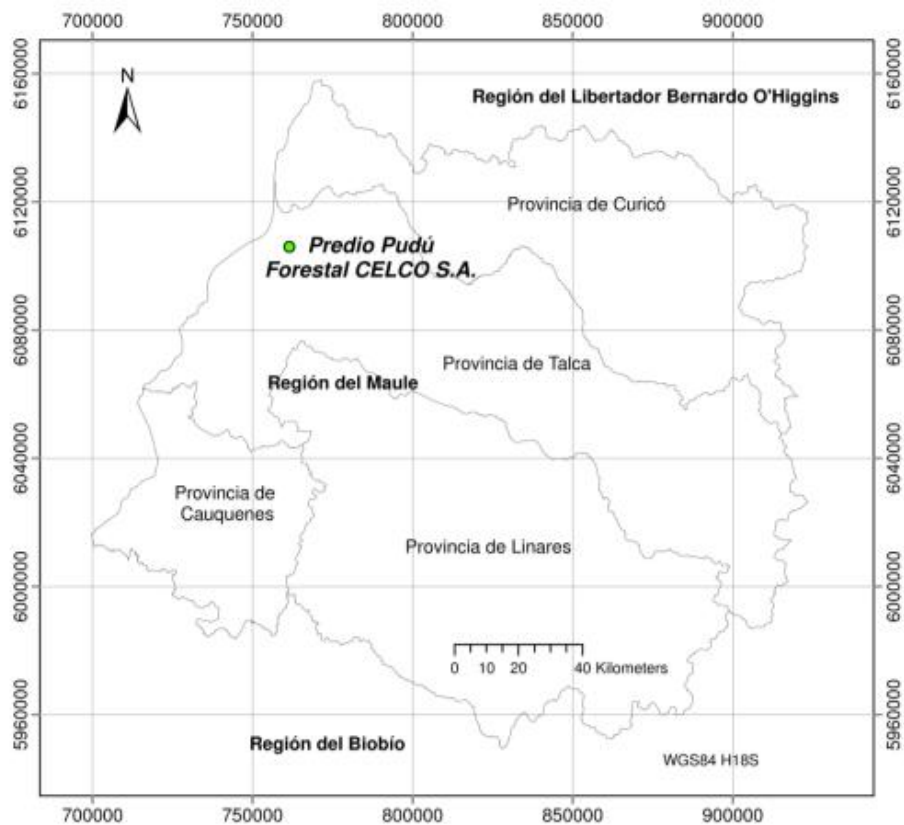


Figura 9. Plano de localización de Predio Pudú.

Coordenadas UTM, Datum WGS84, Huso 18 Sur.

4.2.2. Delimitación del sitio de establecimiento

Previo al establecimiento en campo de las plantas producidas para el objetivo específico 1, fueron identificados los deslindes de la superficie del sitio seleccionado para la fase campo (Figura 10).



Figura 10. Delimitación inicial del sitio de establecimiento.

Se realizó una distribución y delimitación de tratamientos en terreno (Tabla 2), según plano presentado en la Figura 11. Se consideró 3 bloques adyacentes, cada uno con 25 plantas por unidad experimental (Tabla 2). Se consideró un total de 1.200 plantas establecidas en un espaciamiento regular de 1,5m × 1,5m.

Tabla 2. Descripción de tratamientos para ensayo establecido en terreno y cantidad de plantas por unidad experimental, Predio Pudú.

Tratamientos con y sin mallas de protección, corresponden a la los tratamientos instalados para dar respuesta al objetivo específico 3, citado en la metodología más adelante.

NIVEL DE PROTECCIÓN	VOLUMEN DE CONTENDOR	TRATAMIENTO DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA (mg L ⁻¹)	BLOQUE	NÚMERO DE PLANTAS
Con malla	130	F0 (0)	1	25
			2	25
			3	25
		F1 (200)	1	25
			2	25
			3	25
		F2 (400)	1	25
			2	25
			3	25
		F3 (600)	1	25
			2	25
			3	25
	280	F0 (0)	1	25
			2	25
			3	25
		F1 (200)	1	25
			2	25
			3	25
		F2 (400)	1	25
			2	25
			3	25
		F3 (600)	1	25
			2	25
			3	25
Sin malla	130	F0 (0)	1	25
			2	25
			3	25
		F1 (200)	1	25
			2	25
			3	25
		F2 (400)	1	25
			2	25
			3	25
		F3 (600)	1	25
			2	25
			3	25
	280	F0 (0)	1	25
			2	25
			3	25
		F1 (200)	1	25
			2	25
			3	25
		F2 (400)	1	25
			2	25
			3	25
		F3 (600)	1	25
			2	25
			3	25

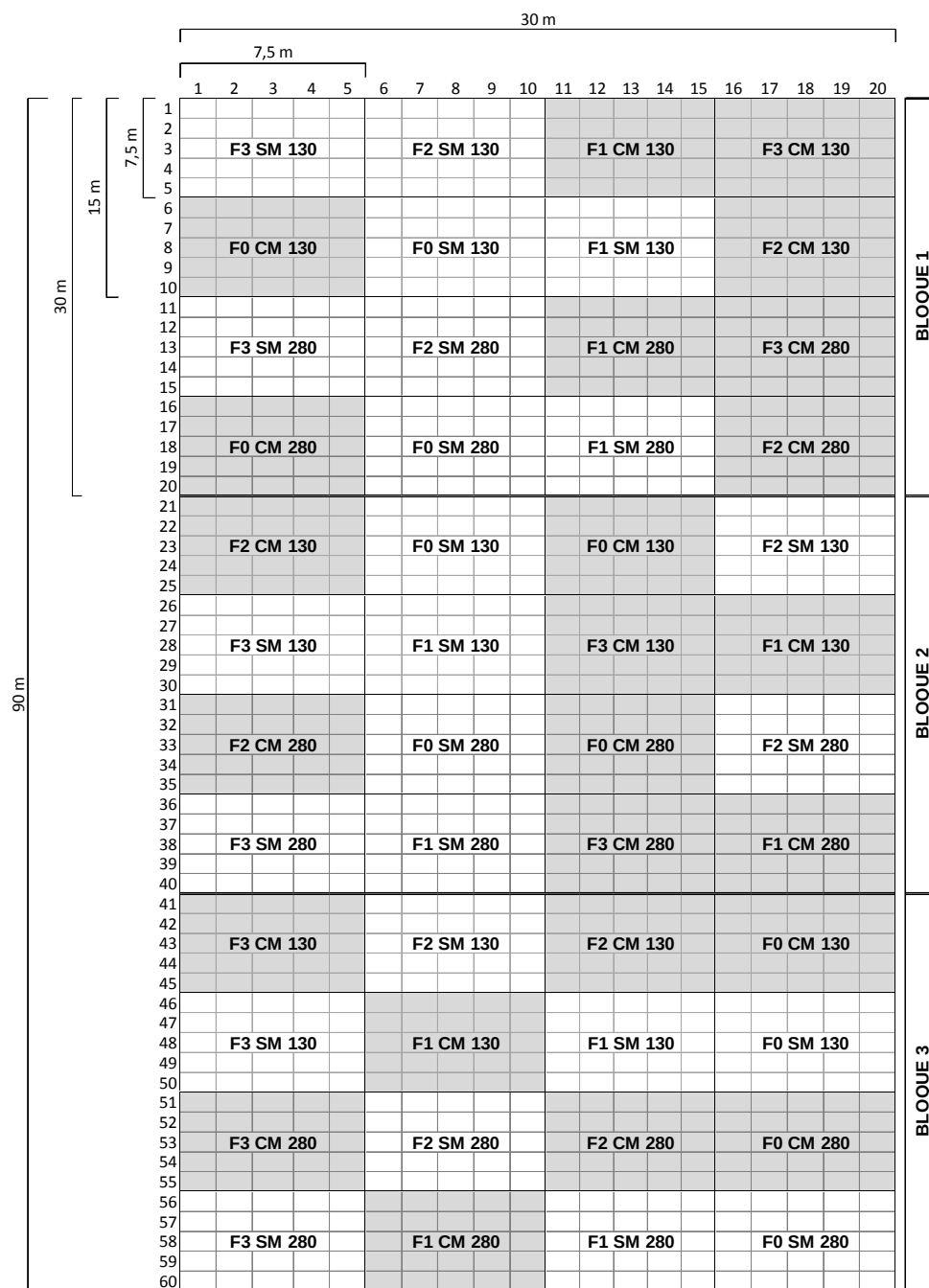


Figura 11. Diseño de ensayo de ruil instalado en terreno, Predio Pudú.

Tratamientos de fertilización F0: 0 mg L⁻¹, F1: 200 mg L⁻¹, F2: 400 mg L⁻¹, y F3: 600 mg L⁻¹ de nitrógeno durante la fase de viverización, además de los tamaños de contenedor (130cc y 280cc). CM: con malla de protección. SM: sin malla de protección. Tratamientos con y sin mallas de protección, corresponden a la los tratamientos instalados para dar respuesta al objetivo específico 2.

4.2.3. Habilitación del sitio de establecimiento y homogenización de la cobertura natural

La regeneración por rebrote de tocón con más de 10 vástagos por planta, fue manejada mediante selección considerando como criterio de definición el vigor y la dominancia. En forma preferencial y aproximada, la densidad de vástagos remanescentes fue de 5 unidades.

Toda regeneración de especies arbustivas nativas fue podada entre 0 y 130 cm desde el suelo, asegurando una intensidad no superior al 60 % de la longitud total del individuo (Figuras 12, 13). Todos los individuos con una altura inferior a 130 cm fueron dejados en forma íntegra. Todos los individuos de especies exóticas fueron eliminados de la cobertura (principalmente *Pinus radiata* y *Acacia* sp.) (Figura 13).



Figura 12. Actividad de habilitación mediante selección de vástagos.



Figura 13. Sitio post habilitación y homogenización de cobertura natural.

4.2.4. Cercado perimetral del sitio de establecimiento

A fin de evitar la acción de animales dentro del ensayo, la totalidad del perímetro del área seleccionada a un espaciamiento de 4 m fueron instalados polines de 1,5 m de alto y 50 cm en profundidad, unidos con malla del tipo URSU, y una hebra superior de alambre púas (Figura 14).



Figura 14. Vista de cercado perimetral de área de establecimiento, en predio Pudú.

4.2.5. Transporte y distribución de plantas en terreno

La totalidad de las plantas generadas en el objetivo específico 1 (fase de viverización), fueron transportadas a terreno en cajas plásticas cerradas (Figura 15).

El transporte fue programado y realizado en horas de la noche y madrugada, a fin de evitar aumentos de temperatura y afectación de plantas.

Inmediato al arribo de las plantas fueron distribuidas en terreno asignando a cada planta según plano de ubicación tratamientos y réplicas.



Figura 15. Transporte de plantas y distribución en terreno.

4.2.6. Establecimiento de plantas en terreno.

Todas las plantas fueron establecidas considerando la elaboración de una casilla de plantación. La casilla implicó la preparación de suelo por planta de un volumen 40cm x 40cm x 40cm con pala plantadora (Figura 16). La fecha de plantación fue el 8 de julio de 2013.



Figura 16. Registro de faena de preparación de casillas y plantación, en Predio Pudú.

4.2.7. Medición de atributos morfológicos y supervivencia inicial y durante la temporada de establecimiento

Posterior al establecimiento (primera quincena) las plantas fueron clasificadas en calidad, cuantificadas morfológicamente, y registrada su supervivencia en terreno.

Para la categorización de calidad de planta se consideró un procedimiento de inspección visual de acuerdo a los siguientes niveles:

- Alta vitalidad con crecimiento normal. Ápice y follaje saludables.
- Ápice y/o follaje dañado, pero que no compromete su supervivencia.
- Ápice y/o follaje dañado o muerto, y compromete su supervivencia.
- Muerta.

Se evaluó el diámetro de cada planta a la altura de cuello (DAC; 0,01 mm) con pie de metro (Figura 17), y longitud de tallo (LT; 0,1 cm) con regla milimetrada, distancia comprendida entre el suelo y el ápice a través de tallos principal (Figura 17). La fecha de medición inicial fue el 27 de julio de 2013. A contar de noviembre se realizaron determinaciones mensuales de supervivencia hasta abril de 2014 en donde se realizó la segunda determinación de atributos morfológicos antes descritos.



Figura 17. Medición de diámetro a la altura de cuello (DAC; 0,01 mm) y longitud de tallo (LT; 0,1 cm), de cada planta establecida con y sin malla de protección.

4.2.8. Determinación de variables ambientales en campo

A contar de noviembre de 2013, sensores de monitoreo continuo fueron instalados en terreno, a objeto de caracterizar las variaciones de los factores ambientales para plantas de ruil bajo condición con y sin malla de protección (Figura 18).

Para ello se instalaron sensores de contenido volumétrico de agua en suelo ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) a 20cm de profundidad, temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (%), los cuales fueron dispuestos y conectados a un almacenador de datos (datalogger).



Figura 18. Instalación de sensores de contenido volumétrico de agua, humedad relativa dispuesto fuera de malla de protección y almacenador de datos dispuesto en campo.

4.2.9. Instalación de cobertura de protección solar, en ensayo de campo establecido en Predio Pudú

Según plano de distribución se implementó una cobertura artificial consistente en una malla de protección del tipo raschel de 80% de cobertura, en forma de manga protectora (Figura 19). Para ello, cada malla fue dispuesta rodeando tres estacas de 100 cm de alto cada una (sobre el suelo) tensadas y sujetas con alambre (Figura 19).



Figura 19. Secuencia de acciones para las instalación de mallas de protección artificial.

4.2.10. Determinación del efecto de la cobertura natural sobre la supervivencia

La evaluación del efecto de la cobertura natural sobre la supervivencia de plantas de ruil se realizó mediante la determinación de índice de coberturas y radicación, como el índice de área foliar (IAF) e índice de radiación global (IRG). El IAF representa la cantidad de superficie foliar (m^2) soportada por una determinada superficie de terreno (m^2); el IRG es la proporción de radiación global (directa más difusa) bajo un dosel en relación al terreno descubierto ("factor total de un sitio", Anderson 1964).

Ambos parámetros (IAF, IRG) fueron obtenidos a través del uso de fotografías hemisféricas mediante la configuración de una cámara réflex más un lente ojo de pez.

El procesamiento de las imágenes se realizó mediante el software HemiView Canopy Analysis 2.1, SR5 (Delta-T Devices, 1998). Las fotografías fueron tomadas en el centro de cada unidad experimental correspondientes a los tratamientos sin malla de protección (Figura 11). Dichas fotografías fueron capturadas el 28 de marzo de 2014, utilizando las coordenadas y altitud de referencias descritas en el acápite 5.2.1 de este informe.

4.2.11. Diseño y análisis estadístico, para el efecto de la cobertura artificial y natural sobre la supervivencia de plantas en campo

Los niveles contrastantes de protección artificial (con y sin malla), fue evaluado mediante un diseño factorial en bloques de efectos fijos, con conjunto con los otros factores (volumen de contenedor y fertilización) evaluados en el “objetivo específico 2”.

Para el caso del efecto de la cobertura natural sobre la supervivencia de plantas de *N. alessandrii* en campo, se evaluó la existencia de una correlación entre los niveles de supervivencia de plantas en campo con los niveles de cobertura natural e indicadores de cobertura, considerando solo aquellos tratamientos sin el establecimiento de mallas de protección artificial.

4.2.12. Diseño y análisis estadístico, para la respuesta de plantas producidas en vivero al establecimiento en campo.

El diseño experimental del ensayo en campo, correspondió a un diseño factorial en bloques de efectos fijos con tres factores, volumen de contenedor (2 niveles), fertilización (4 niveles), protección artificial (2 niveles) con tres replicas. Niveles de protección artificial corresponden al factor a ser evaluado en “objetivo específico 3” para la componente de protección artificial.

La unidad experimental estuvo constituida por 25 plantas. Las variables de supervivencia y morfológicas se analizaron mediante un modelo de medias repetidas, con modelación de la estructura de varianza y covarianza al 95 % de confianza. Todos los análisis se realizaron utilizando el software Infostat (V.2011p), extensión R-proyect (V.2.15.0).

4.3. Objetivo específico 3: Determinar el efecto de la aplicación de fertilización de apoyo sobre plantas de *N. alessandrii* establecidas con distinto volumen de contenedor y nivel de protección solar.

4.3.1. Presentación de ensayo previamente establecido.

Para la fase de manejo en campo de evaluación de aplicación de fertilización de apoyo se utilizará un ensayo de evaluación de técnicas silvícolas de establecimiento de *N. alessandrii* previamente establecido por el Instituto Forestal, sede Biobío, en el Predio La Montaña (35°10'S; 72°05'N), propiedad de la empresa eléctrica TRANSNET S.A., Grupo CGE (Figura 20).

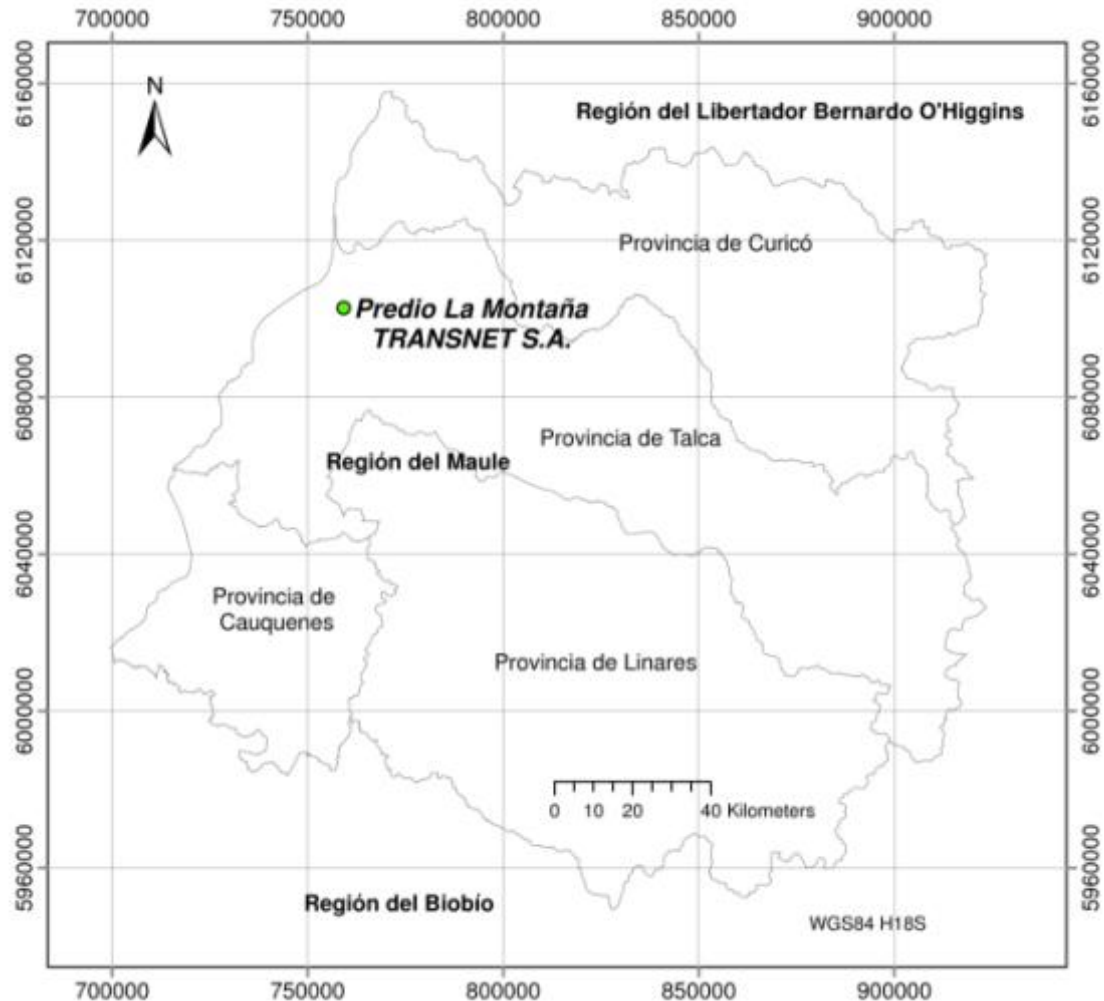


Figura 20. Plano de localización predio La Montaña.

El ensayo fue establecido en junio de 2010, al sudeste de la comuna de Curepto, Región del Maule. El diseño incluye un total inicial de 1.764 plantas, y la aplicación de técnicas de apoyo al establecimiento, consistentes en la modificación artificial de los niveles de cobertura mediante tratamientos de protección solar (con y sin malla de protección), variaciones en el tamaño del contenedor en el cual fueron producidas las plantas durante la viverización (130 y 280 cm³ de cavidades), y la implementación de riegos de apoyo durante la fase de crecimiento inicial posterior al establecimiento (0, 2 y 5 oportunidades de riego durante el periodo estival). Se consideró un diseño en bloques completos aleatorios con 3 réplicas (Figura 21, Tabla 3).

130 cc Sin malla Sin riego	130 cc Con malla 2 riegos	280 cc Sin malla Sin riego	280 cc Con malla 2 riegos	130 cc Sin malla 2 riegos	130 cc Con malla Sin riego	BLOQUE 3
280 cc Con malla 5 riegos	280 cc Sin malla 5 riegos	280 cc Con malla Sin riego	130 cc Sin malla 5 riegos	280 cc Sin malla 2 riegos	130 cc Con malla 5 riegos	
130 cc Sin malla 5 riegos	280 cc Sin malla 2 riegos	130 cc Con malla 5 riegos	130 cc Sin malla 2 riegos	130 cc Con malla 2 riegos	280 cc Con malla 5 riegos	BLOQUE 2
280 cc Con malla 2 riegos	130 cc Con malla Sin riego	130 cc Sin malla Sin riego	280 cc Sin malla 5 riegos	280 cc Con malla Sin riego	280 cc Sin malla Sin riego	
280 cc Sin malla 2 riegos	280 cc Con malla Sin riego	280 cc Sin malla Sin riego	130 cc Sin malla 2 riegos	130 cc Con malla Sin riego	280 cc Con malla 5 riegos	BLOQUE 1
130 cc Con malla 5 riegos	130 cc Con malla 5 riegos	130 cc Con malla 2 riegos	280 cc Con malla 2 riegos	280 cc Sin malla 5 riegos	130 cc Sin malla Sin riego	

Figura 21. Plano de distribución de tratamientos en campo.

Réplicas de 49 plantas establecidas, superficie total aproximada de 1,5 ha.

Tabla 3. Cantidad de plantas utilizadas según factor y variables en el ensayo de ruil – La Montaña.

Riego	Protección	Contenedor	Repeticiones (bloques)	Cantidad de Plantas (plantas UE ⁻¹)	Total Plantas
Sin Riego	Con malla	130	3	49	147
		280	3	49	147
	Sin malla	130	3	49	147
		280	3	49	147
2 Riegos	Con Malla	130	3	49	147
		280	3	49	147
	Sin Malla	130	3	49	147
		280	3	49	147
5 Riego	Con Malla	130	3	49	147
		280	3	49	147
	Sin Malla	130	3	49	147
		280	3	49	147
Total Plantas Ensayo		-	-	-	1.674

El sitio se caracteriza por ser de suelo de origen metamórfico, arcilloso, color rojo amarillento, de buen drenaje, con un pH moderado a débilmente ácido, y un nivel de materia orgánica bajo. Posee una temperatura media anual de 13,9°C, una temperatura media estival de 30°C y una precipitación media

anual de 709mm concentrado entre los meses de junio y agosto, con un periodo de marcado déficit y estrés hídrico entre los meses de diciembre y febrero. Se observa una baja concentración de nitrógeno y carbono total, en la variabilidad de las concentraciones en el primer horizonte, puesto que el nitrógeno total varía entre 0,18% y 0,08% (Tabla 2).

Tabla 4. Variables químicas del sitio de ensayo ruil – La Montaña.

Variables	Profundidad (cm)		
	0-17	17-71	71-110
pH	5,97	6,04	6,22
M.O (%)	2,2	1,2	1,0
C total %	0,84	0,4	0,28
N total (%)	0,09	0,05	0,04
C/N	9,65	7,58	6,99

La plantación inicial consideró un espaciamiento de 2 x 2,5 m, y la aplicación de una fertilización como apoyo inicial al establecimiento, consistente en 50g de Fosfato diamónico $((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)$, 20g de Boronatocalcita $(\text{CaNaB}_5\text{O}_9)$ y 30g de salitre potásico (KNO_3) .

4.3.2. Estado actual del desarrollo del rodal previamente establecido, en Predio La Montaña.

Luego de la segunda temporada de crecimiento de las plantas en terreno el efecto individual del riego desapareció ($P > 0,05$).

Sobre el crecimiento acumulado total en longitud de tallo de ambas temporadas no se observó un efecto significativo del riego.

Con malla, las longitudes de tallo promedios superaron los 100 cm. Sólo la protección con malla resultó significativa sobre la supervivencia de ruil, luego de ambas temporadas, no observándose efecto del volumen de contenedor.

La totalidad de las plantas vivas a la fecha de medición fueron categorizadas como de alta vitalidad con crecimiento normal (ápice y follaje saludables) (Figura 22).

Para la categorización de calidad de planta se consideró un procedimiento de inspección visual similar al detallado en el acápite 5.2.9., de acuerdo a los siguientes niveles:

- Alta vitalidad con crecimiento normal. Ápice y follaje saludables.
- Ápice y/o follaje dañado, pero que no compromete su supervivencia.
- Ápice y/o follaje dañado o muerto, y compromete su supervivencia.
- Muerta.



Figura 22. Estado actual de ensayo de restauración de ruil – Predio La Montaña (Fecha de fotografía: 25-09-2013).

4.3.3. Cuantificación morfológica de estado previo a la fertilización de apoyo.

Durante la segunda quincena de febrero de 2013 todas las plantas fueron evaluadas morfológicamente en de diámetro a la altura del cuello (DAC), a 10 cm del suelo ($\pm 0,01\text{mm}$), medido con pie de metro, y longitud de tallo (LT) con huincha desde el suelo hasta la base de la yema apical ($\pm 0,1\text{ cm}$), considerando como guía la flecha principal (Figura 23, Tabla 5).



Figura 23. Medición del diámetro de cuello (DAC) y longitud de tallo (LT) en plantas de ruil establecidas con fines de restauración durante febrero de 2013.

Tabla 5. Caracterización inicial en DAC y longitud de tallo en las plantas establecidas en terreno según tratamiento, en Predio La Montaña.

DAC: diámetro a la altura del cuello. SD: desviación estándar. CV: coeficiente de variación.

UNIDAD EXPERIMENTAL	PROTECCIÓN	RIEGO	VOLUMEN (cm ³)	BLOQUE	N	DAC (mm)			LONGITUD TALLO (cm)			SUPERVIVENCIA 3 ^{ERA} TEMPORADA (%)
						Media	SD	CV	Media	SD	CV	
1	Con malla	2 riegos	130	1	48	11,84	2,92	24,63	136,8	23,2	17,0	98,0
2	Con malla	2 riegos	130	2	47	8,58	2,90	33,75	117,0	23,6	20,2	95,9
3	Con malla	2 riegos	130	3	47	6,25	1,42	22,69	98,7	14,3	14,4	95,9
4	Con malla	2 riegos	280	1	44	11,95	4,39	36,75	137,5	27,3	19,8	89,8
5	Con malla	2 riegos	280	2	48	8,05	1,84	22,91	113,9	13,9	12,2	98,0
6	Con malla	2 riegos	280	3	49	11,60	3,92	33,80	145,2	29,0	20,0	100,0
7	Con malla	5 riegos	130	1	48	13,97	4,01	28,67	154,0	28,6	18,6	98,0
8	Con malla	5 riegos	130	2	48	10,36	3,65	35,24	144,4	26,3	18,2	98,0
9	Con malla	5 riegos	130	3	49	12,33	3,87	31,37	130,2	25,5	19,6	100,0
10	Con malla	5 riegos	280	1	49	11,49	2,52	21,91	142,5	24,6	17,3	100,0
11	Con malla	5 riegos	280	2	49	11,20	3,69	32,95	139,0	27,6	19,9	100,0
12	Con malla	5 riegos	280	3	48	7,70	1,10	14,30	120,1	14,3	11,9	98,0
13	Con malla	Sin riego	130	1	49	11,65	4,52	38,76	141,5	33,2	23,5	100,0
14	Con malla	Sin riego	130	2	40	10,81	3,07	28,37	140,5	26,9	19,2	81,6
15	Con malla	Sin riego	130	3	48	10,64	2,96	27,83	127,0	23,2	18,3	98,0
16	Con malla	Sin riego	280	1	49	11,03	2,98	26,98	142,1	20,0	14,1	100,0
17	Con malla	Sin riego	280	2	48	12,80	3,47	27,09	140,6	25,6	18,2	98,0
18	Con malla	Sin riego	280	3	48	7,07	1,65	23,38	114,0	15,6	13,6	98,0
19	Sin malla	2 riegos	130	1	17	12,90	3,84	29,74	100,5	27,5	27,4	34,7
20	Sin malla	2 riegos	130	2	32	15,55	3,41	21,96	118,3	38,4	32,5	65,3
21	Sin malla	2 riegos	130	3	43	12,15	4,65	38,22	99,6	31,7	31,8	87,8
22	Sin malla	2 riegos	280	1	43	14,99	5,49	36,63	108,1	40,5	37,5	87,8
23	Sin malla	2 riegos	280	2	42	10,96	2,67	24,34	93,1	24,9	26,8	85,7
24	Sin malla	2 riegos	280	3	24	15,18	5,77	37,99	106,5	34,6	32,4	49,0
25	Sin malla	5 riegos	130	1	27	11,56	3,43	29,70	94,0	33,2	35,3	55,1
26	Sin malla	5 riegos	130	2	38	6,41	2,52	39,37	63,8	21,3	33,3	77,6
27	Sin malla	5 riegos	130	3	37	14,17	3,59	25,36	126,4	45,4	35,9	75,5
28	Sin malla	5 riegos	280	1	23	13,94	5,04	36,14	89,4	26,3	29,5	46,9
29	Sin malla	5 riegos	280	2	22	13,54	4,95	36,54	72,9	27,0	37,0	44,9
30	Sin malla	5 riegos	280	3	37	9,43	1,94	20,63	86,2	19,7	22,8	75,5
31	Sin malla	Sin riego	130	1	21	15,09	5,16	34,19	104,6	37,1	35,4	42,9
32	Sin malla	Sin riego	130	2	22	14,14	3,57	25,23	106,2	27,9	26,3	44,9
33	Sin malla	Sin riego	130	3	28	7,92	1,76	22,26	77,1	17,6	22,8	57,1
34	Sin malla	Sin riego	280	1	13	15,66	4,11	26,23	98,2	26,0	26,5	26,5
35	Sin malla	Sin riego	280	2	26	12,94	3,15	24,37	108,0	35,1	32,5	53,1
36	Sin malla	Sin riego	280	3	32	9,63	1,36	14,09	104,0	17,0	16,3	65,3

Para este ensayo y en consideración al estado de desarrollo y crecimiento de las plantas con malla de protección, debido a la concentración de la biomasa

por sobre la malla de (sobre el 80% del total) se realizó el retiro de todas las mallas de protección (Figura 24 y 25). No obstante, la categorización de planta “Con malla” será considerada en análisis futuros, debido a las ventajas competitivas que otorgó originalmente este factor sobre el crecimiento y supervivencia en terreno.



Figura 24. Registro de concentración de biomasa fuera de la protección de la malla, previa aplicación de fertilización.



Figura 25. Registro de procedimiento de retiro de mallas de protección, previa aplicación de fertilización.

4.3.4. Definición y aplicación de tratamientos de fertilización de apoyo.

En consideración a que la especie *N. alessandrii* es caducifolia, y cuyo crecimiento principalmente se concentra durante la primavera de cada temporada de crecimiento. Sobre una selección de plantas del ensayo previamente establecido se aplicó una fertilización de apoyo con producto de lenta entrega. La fertilización fue aplicada durante la segunda quincena de septiembre de 2013. Su efecto fue determinado y comparado en crecimiento respecto a un testigo sin fertilización.

Se monitoreo la supervivencia, diámetro de cuello (DAC) y longitud de tallo (LT), en mayo de 2014, noviembre de 2014 y abril de 2015, evaluando el efecto de la fertilización realizada.

Para efectos de análisis, para las variables de crecimiento (DAC; LT) se consideró la evaluación del efecto de la fertilización sobre los incrementos relativos corrientes y acumulados sobre el DAC y LT evaluados al momento de la fertilización.

4.3.5. Fertilización con producto de lenta entrega en temporada 2013.

El criterio de definición de plantas a fertilizar y de evaluación de respuesta considera la homogeneidad de supervivencia y crecimiento acumulado (morfología) de las parcelas del ensayo previamente establecido, evaluada en el acápite 5.3.3.

Unidades experimentales seleccionadas para evaluación de efecto de fertilización de apoyo con producto de lenta entrega. Por la homogeneidad de tamaños de planta observados sobre la longitud de tallo de los individuos de las unidades muestrales establecidas inicialmente, con malla de protección fueron seleccionadas 6 unidades para la aplicación y posterior evaluación del efecto de fertilización de apoyo. Las unidades experimentales seleccionadas correspondieron a las unidades 1, 2, 3, 7, 8, y 9 (Tabla 5).

La fertilización será evaluada en dos niveles, i. Con fertilización, y ii. Sin fertilización (1 unidad experimental $\times$ 3 bloque $\times$ 2 niveles de fertilización $\times$ 1 tipo de parcela original con malla).

El producto a aplicar será Plantacote Pluss, SQM. 14-9-15 + micronutrientes. Cuya composición químicas se detalla en la Figura 26. Cuya disponibilidad en el sustrato post fertilización se extiende según rotulación por 6 meses. La dosis a aplicar corresponderá a 107 gr de producto por planta, equivalentes a una aplicación aproximada de 150 kg de nitrógeno por hectárea.

14% N 6.3% N-O ₃ 7.7% N-H ₄	Nitrógeno Total Nitrógeno Nitrato Nitrógeno Amónico
9% P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
15% K ₂ O	Óxido de Potasio
2% MgO	Óxido de Magnesio
4% S	Azufre
0.03% B	Boro
0.02% Cu	Cobre
0.4% Fe	0.2% Fe-EDTA
0.1% Mn	Manganeso
0.02% Mo	Molibdeno
0.05% Zn	Zinc

Figura 26. Detalle de contenido fertilizante Plantacote Pluss 14-9-15.

El método de aplicación de fertilización correspondió a spot en 3 posiciones equidistantes a 15 cm del cuello de la planta, la dosificación fue realizada con envase de calibración de volumen previo pesaje de producto en laboratorio (Figura 27).



Figura 27. Registro de dosificación de fertilizante en laboratorio y aplicación en campo.

4.3.6. Fertilización futura en temporada 2014, en predio La Montaña.

Durante diciembre de 2013, periodo equivalente al de máxima expresión de crecimiento de *N. alessandrii* observado en terreno antes de iniciar fase crítica de baja disponibilidad hídrica en el suelo fueron obtenidas muestras foliares y muestras de suelo. De ellas se obtuvo una muestra foliar agregada de 3gr. (en masa seca) por bloque (1 muestra × bloque), y tres muestras de 75gr. (en masa seca de suelo en laboratorio) por bloque (1 muestra × bloque). Las muestras fueron enviadas a determinación de nitrógeno total (elemento crítico para el crecimiento vegetal) y macro elementos al Laboratorio de Física y Química de Suelos de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Las unidades muestrales para fertilización de apoyo futura, fueron seleccionadas por la homogeneidad de tamaños de planta, observados sobre la longitud de tallo de los individuos de las unidades muestrales establecidas inicialmente con malla de protección.

Fueron seleccionadas las 12 unidades experimentales establecidas originalmente con malla de protección (Tabla 5). De ellas, las unidades 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 serán consideradas para la aplicación y repetición de tratamientos de fertilización, y las unidades experimentales 1, 2 y 3 serán consideradas como testigo con omisión de fertilización para una posterior comparación efectiva temprana de la significancia de la fertilización de apoyo. La fecha de aplicación de fertilización futura será en mayo de 2014 y de evaluación temprana corresponderá a noviembre de 2014.

4.3.7. Diseño estadístico y análisis de datos, predio La Montaña.

El diseño experimental del ensayo en campo, correspondió a un diseño factorial en bloques de efectos fijos con 1 factor, fertilización (2 niveles), con tres réplicas.

La unidad experimental estuvo constituida por 49 plantas. Las variables de supervivencia y morfológicas como respuesta a la fertilización se analizaron mediante un modelo de varianzas al 95% de confianza. Todos los análisis se realizaron utilizando el software Infostat (V.2011p), extensión R-proyect (V.2.15.0).

- 4.4. Objetivo específico 4: Desarrollar una tabla de bonificación para la recuperación y restauración de los bosques de preservación de *N. alessandrii*, basados en las variables de densidad, tratamiento silvicultural y estado del recurso.

- 4.4.1. Diferenciación de actividades para la restauración de bosques en función de los niveles de degradación.

La degradación de un bosque refiere a la pérdida de la estructura, su productividad y diversidad biológica, más allá de las alteraciones que naturalmente se producirían sin la intervención antrópica, viéndose afectada la capacidad de obtención de bienes y servicios, (FAO, 2002; CBD, 2005; OIMT, 2005).

Lamb & Gilmour (2003) y posteriormente Mujica (2008), establecen diferentes categorías de degradación en el bosque nativo (Figura 28), entre las cuales se definen:

- Bosque original: el cual no presenta intervención antrópica, con altos niveles de diversidad biológica y productividad (Punto BO, Figura 28).
- Bosque degradado: los cuales son diferenciados principalmente en 2 condiciones:
 - o Bosque degradado 1: bosque severamente degradado, en el que se ha perdido gran parte de su diversidad biológica, debido a la explotación casi total. Principalmente constituido por especies arbustivas y matorrales (Ejemplo: Chusquea spp.) que dificultan el establecimiento de especies arbóreas (Punto BD1, Figura 28).
 - o Bosque degradado 2: principalmente degradado producto de “floreos” o cortas selectivas de los mejores individuos, reduciendo la productividad del bosque. Sin embargo manteniendo parte de la diversidad de especies tanto arbóreas como arbustivas (Punto BD2, Figura 28).
- Bosques secundarios: referidos a los renovales, originados ya sea por semillas o rebrotes después de una perturbación antrópica. Los cuales han recuperado parte de su diversidad biológica original, sin embargo dominados principalmente por especies pioneras en etapas de sucesión inicial, con una diversidad biológica y productividad inferior a un bosque original (Punto BS, Figura 28).

Por otro se lado identifican 3 estrategias de manejo para bosques degradados, las cuales dependerán de los objetivos de producción de bienes y servicios:

- Restauración: en donde la intención es volver a conformar un ecosistema lo más cercano al que existía originalmente en el sitio. Recuperando no solo su diversidad biológica sino que también la productividad de sitio en términos de bienes y servicios (Figura 28).
- Rehabilitación: en donde son recuperados los niveles de producción de bienes y servicios del bosque, así como algunas de las componentes de la diversidad biológica original del sitio (Figura 28).
- Recuperación: para aquellas situaciones en donde la producción de bienes y servicios del bosque es recuperada, no así su diversidad biológica, la cual inclusive pudiera verse aún más reducida a la condición original de degradación (Figura 28).

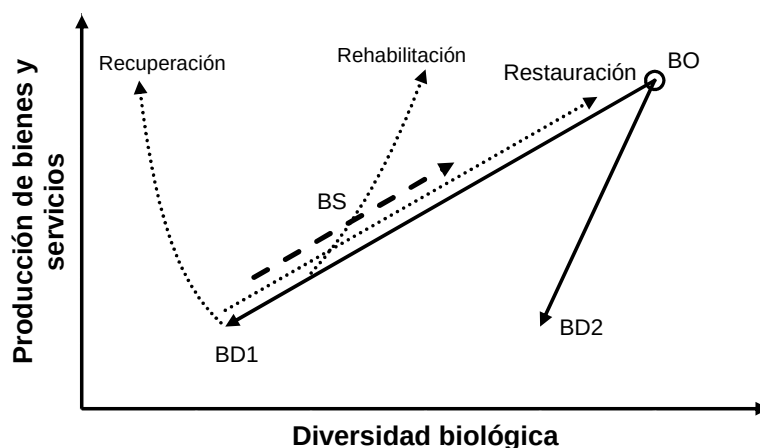


Figura 28. Producción de bienes y servicios, según condiciones de degradación del bosque nativo.

En donde se describen tanto los tipos de bosque degradados (BD1 y BD2, bosque original (BO) y posicionamiento del bosque secundario (BS, línea segmentada) y las vías (líneas punteadas) de recuperación, rehabilitación y restauración.

Considerando las definiciones anteriores, algunas de estas actividades pudieran no estar contempladas en las bonificaciones de manejo de bosque nativo de la Ley 20.283. En la Figura 28, el punto de degradación descrito como BD1 se pudiese considerar como una situación de matorral arborescente en donde debido a la escasa cobertura arbórea pudiese no ser considerado bajo la definición legal de bosque⁶, por lo que cualquier manejo que se realice en este tipo de asociaciones vegetales estaría contemplado como forestación y no como un enriquecimiento, estando fuera de las posibles bonificaciones por la Ley 20.283. Mientras que para el caso de asociaciones vegetales cuyas características se enmarcan bajo la definición legal de bosque es decir con coberturas arbóreas superiores al 25%, sería posible obtener bonificaciones en el marco de la Ley 20.283.

Actualmente, las actividades que resultan ser objeto de bonificación corresponden a aquellas realizadas ya sea con fines de rehabilitación o restauración, desde condiciones de bosque degradado (basados en la definición legal del término bosque, al margen de las implicancias de degradación del paisaje en términos de fragmentación del bosque nativo).

Las actividades a realizar, orientadas a la restauración de bosques degradados, dependiendo de su grado de cobertura arbórea pudieran o no considerar la inclusión de ciertas prácticas tales como la habilitación de sitio,

⁶ Bosque: sitio poblado con formaciones vegetales en las que predominan árboles y que ocupa una superficie de por lo menos 5.000 metros cuadrados, con un ancho mínimo de 40 metros, con cobertura de copa arbórea que supere el 10% de dicha superficie total en condiciones áridas y semiáridas y el 25% en circunstancias más favorables. Inciso segundo, Artículo 2°, Ley 20.283 de 2008.

preparación de suelo y modificación de las condiciones de suelo-sitio, que favorezcan el establecimiento, y crecimiento inicial de la especie objetivo a realizar el enriquecimiento.

En términos generales, para este ensayo la inclusión de la instalación de mallas del tipo raschel para la protección de plantas al establecimiento ha mostrado resultados favorables en términos de supervivencia, logrando alcanzar valores de hasta $61,5 \pm 11,6\%$ con instalación de mallas de protección, mientras en condiciones sin malla se obtuvieron valores de supervivencia del $25,1 \pm 13,7\%$ bajo condiciones de degradación de bosque tales que correspondería a la condición definida como “bosque degradado 1” referida anteriormente, con una cobertura arbórea inferior al 25% (Gráfico 9).

Por lo que la instalación de mallas del tipo raschel al establecimiento favorecería el proceso de restauración desde condiciones similares de degradación del bosque a las evaluadas. Sin embargo, no es posible indicar que su efecto pudiera o no ser beneficioso bajo diferentes niveles de degradación del bosque, basados en los niveles de cobertura arbórea, o desde que niveles de cobertura arbórea natural, no resultaría necesaria la instalación de protectores de este tipo.

Mientras tanto, actividades tales como la habilitación de sitio resultan ser necesarias a fin de reducir los niveles de presión al establecimiento, en términos de competencia por recursos del sitio. No obstante, actividades como la preparación de suelo, fertilización, entre otras, favorecerían el establecimiento, tanto en supervivencia como en crecimiento.

4.4.2. Definición de actividades requeridas para el enriquecimiento de *N. alessandrii* en bosques de preservación.

Actualmente la promulgación de la Ley 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, establece un fondo concursable destinado a la conservación, recuperación o manejo sustentable del bosque nativo, a través del cual se otorga una bonificación destinada a la contribución de solventar el costo de las actividades o prácticas a realizar para dichos fines, entre las cuales se destacan aquellas actividades de que favorezcan la regeneración, recuperación o protección de bosques de preservación⁷.

Dentro de las posibles actividades que beneficiarían el establecimiento de *N. alessandrii* en bosques de preservación se destacan:

⁷ Bosque nativo de preservación (Ley de Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal N°: 20.283): es aquel, cualquiera sea su superficie, que presente o constituya actualmente hábitat de especies vegetales protegidas legalmente o aquellas clasificadas en las categorías de en “peligro de extinción”, “vulnerables”, “raras”, “insuficientemente conocidas” o “fuera de peligro”; o que corresponda en ambientes únicos o representativos de la diversidad biológica natural del país, cuyo manejo sólo puede hacerse con el objetivo del resguardo de dicha diversidad.

- Actividades de roce y levante: esta actividad corresponde al despeje de vegetación potencialmente competidora, eliminando la competencia tanto horizontal como vertical hacia la especie objetivo a establecer, en este caso *N. alessandrii*. Esta actividad debe ir orientada a la eliminación de ramas basales de aquellos individuos de especies nativas circundantes a la casilla de plantación.

Esta actividad podría ser considerada dentro del Literal A del D.S. N°46 del 8 de julio de 2013 del Ministerio de Agricultura, bajo el concepto de “Corta sanitaria”, definida como: “corta de árboles, en cualquier etapa de desarrollo, que se encuentren afectados por plagas, enfermedades, y cuya permanencia constituya una amenaza para la calidad, estabilidad o supervivencia del bosque. Para la corta de alguna especie en categoría de conservación, debe tenerse en consideración lo estipulado en el artículo 19 de la Ley 20.283”.

Sin embargo, una de las actividades que mejor se ajustaría al objetivo de esta labor correspondería a la definida como “Limpias” dentro del mismo Decreto Supremo, definida como: “consiste en la eliminación de la vegetación competidora que dificulta el crecimiento de la regeneración de las especies arbóreas de interés. La superficie mínima de limpia será del 20% del rodal para los tipos forestales Esclerófilo, Roble-Hualo, Lenga, Coigue de Magallanes, y Ciprés de la Cordillera; y del 30% para los tipos forestales RoRaCo, CoRaTe, Siempreverde y Ciprés de las Guaitecas”. Actividad que no sería contemplada con fines regeneración, recuperación o protección de bosques nativos de preservación.

- Control o eliminación de especies vegetales exóticas: corresponde a la erradicación de especies exóticas que se encuentren dentro del bosque de preservación en el cual se desea realizar el enriquecimiento, esta actividad considera la corta de individuos menores y anillamiento de individuos de mayor diámetro.

Esta actividad es indicada en el Literal A del D.S. N°46 del 8 de julio de 2013 del Ministerio de Agricultura, bajo a el concepto de “Control o eliminación de especies vegetales exóticas invasoras”, definida como: “acción de erradicar individuos de especies, subespecies, o taxón inferior, introducidas fuera de su área de distribución natural, que perturban o amenazan el equilibrio ecológico o la diversidad biológica natural del país”.

- Enriquecimiento ecológico: esta actividad considera todas aquellas actividades necesarias para el enriquecimiento, desde la compra de planta, preparación de suelo, fertilizaciones y/o aplicación de gel hidratante al momento de la plantación, entre otras posibles de considerar.

Las actividades detalladas a fin de lograr un enriquecimiento ecológico no resultan especificadas en ninguno de los literales del D.S. N°46 del 8 de julio de 2013 del Ministerio de Agricultura, estando considerada

como una única actividad bajo el concepto de “Enriquecimiento ecológico”, definida como: “actividad que consiste en la incorporación de plántulas de especies nativas o autóctonas en un predio. Las plantas a incorporar de las especies a establecer deben provenir de semillas o propágulos de las poblaciones silvestres más próximas al área a manejar”.

Entre las actividades relevantes que se pudieran destacar se detalla:

- o Producción de planta: esta actividad contempla la producción de planta, desde los costos asociados a la recolección de semillas desde los lugares contiguos al sitio de enriquecimiento ecológico de la especie *N. alessandrii*, crecimiento y mantención en vivero, y traslado al lugar de plantación.
- o Construcción de casillas de plantación: referida a la preparación de suelo para las actividades de enriquecimiento de la especie *N. alessandrii*.
- o Aplicación de gel hidratante durante la plantación: contempla para efectos de estimación de costos la aplicación de gel hidratante con dosificación máxima considerada de 2 g planta⁻¹ durante las actividades de plantación.
- o Fertilización a la casilla de plantación: contempla la aplicación de fertilizantes al momento del establecimiento, para efectos de cálculos de costos para este informe, se considera la fertilización con NPK + micronutrientes de lenta entrega en una dosificación máxima de 20 g planta⁻¹. Pudiendo estar considerada tanto al momento del establecimiento y/o post establecimiento.
- o Instalación de protectores individual: contempla la instalación de protección solar al establecimiento, que para efectos de cálculos de costos se consideró la instalación de mallas del tipo raschel, con tres tutores y altura de 1m.
- Cerco perimetral al área de plantación: se refiere al cercado perimetral del área de enriquecimiento, a fin de excluir el ingreso de animales.

Esta actividad es indicada en el Literal A del D.S. N°46 del 8 de julio de 2013 del Ministerio de Agricultura, bajo a el concepto de “Exclusión y protección mediante cercos”, definida como: “actividad que consiste en establecer un cerco perimetral para excluir el ganado doméstico, animales asilvestrados o animales silvestres que por sus comportamientos o hábitos alimenticios pudiesen poner en riesgo la regeneración natural o el éxito de alguna actividad de apoyo a este proceso”.

4.4.3. Análisis de la información.

En función de los costos estimados, a partir de la experiencia de las cuadrillas de trabajo utilizadas en campo y durante la producción de plantas en vivero, se realizó la elaboración de una propuesta de función de costos asociadas a las actividades silvícolas de establecimiento y mantención para el enriquecimiento de bosques de preservación ruil.

Posteriormente se realizó la comparación de las estimaciones de costos con los montos de bonificación descritos en el Decreto Supremo N°46 del 8 de julio de 2013. A fin de realizar la comparación de los costos incurridos en las actividades propuestas se realizó la estimación de bonificación considerando las actividades a realizar, las comparaciones fueron realizadas para 2 opciones de actividades las cuales difieren en la necesidad de instalación de mallas de protección al establecimiento.

- Opción 1: las actividades consideradas corresponden a las posibles actividades requeridas en condiciones de degradación tales que se presentarían niveles de cobertura arbórea menores al 25%, es decir, no considerada dentro de la definición legal de bosque. Dentro de las actividades recomendadas se indicarían:
 - o Eliminación de especies exóticas dentro del bosque de preservación.
 - o Roce y levante a la casilla de plantación.
 - o Plantación con preparación de suelo en la casilla de plantación, con aplicación de fertilizantes (20g planta^{-1}) y gel hidratante (2 g planta^{-1}).
 - o Instalación de protectores individuales al establecimiento, consistente en una malla del tipo raschel (80% de cobertura, 3 tutores y altura de 1m).
 - o Fertilización posterior al establecimiento, considerado una disponibilidad de nutrientes para la segunda temporada.
- Opción 2: las actividades consideradas corresponderían a las posibles actividades requeridas en condiciones de degradación tales que se presentarían niveles de cobertura arbórea mayores al 25%, es decir, considerada dentro de la definición legal de bosque.

En relación a la opción 1 de manejo, en la opción 2 no se incorpora la instalación de mallas de protección, aplicación de gel hidratante al establecimiento y fertilizaciones post establecimiento. Esto dado que, en teoría la propia cobertura existente en el bosque sería suficiente para proporcionar la protección otorgada por la malla de protección que requiere *N. alessandrii*; a su vez, considerando la condición de mayor cobertura dada por el mismo bosque favorecerían una mayor humedad del suelo y disponibilidad de agua, por lo tanto, no se requeriría la aplicación de gel hidratante al establecimiento. Respecto a la omisión de fertilizantes post plantación, se asume que la condición de bosque proporcionaría una mayor disponibilidad de

nutrientes en temporadas posteriores a la de establecimiento dada por la materia orgánica generada por el mismo bosque.

Considerando lo anterior, las actividades contempladas para esta opción solo corresponden a casos hipotéticos. Dentro de las actividades se indicarían:

- o Eliminación de especies exóticas dentro del bosque de preservación.
- o Roce y levante a la casilla de plantación.
- o Plantación con preparación de suelo en la casilla de plantación, con aplicación de fertilizantes al establecimiento (20g planta⁻¹).

5. Resultados

5.1. Etapas de producción de plantas.

5.1.1. Crecimiento en diámetro de cuello y longitud de tallo.

Durante el transcurso del ensayo, el efecto de las concentraciones de nitrógeno se manifestó sobre crecimiento de las plantas de ruil, sobre todo al contrastarlas con plantas no fertilizadas (0 mg L^{-1}) (Figura 29). Sin embargo, dentro de los tratamientos con nitrógeno (200, 400 y 600 mg L^{-1}) no se observó una respuesta claramente diferenciada para alguna de las concentraciones suministradas (Figura 29B, 29C, 29D). Como era de esperar, el suministrar dosis de nitrógeno versus no hacerlo, genera diferencias morfológicas en las plantas producidas y en la tonalidad del verde de sus hojas (Figura 29).

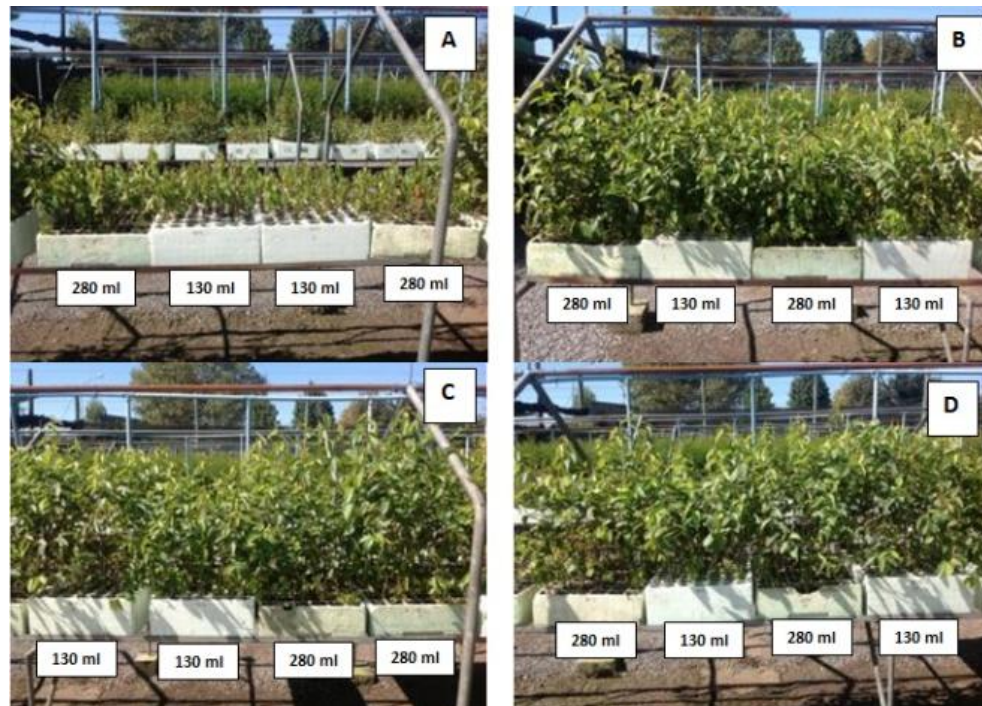


Figura 29. Estado de desarrollo de plantas de ruil (abril 2013) en respuesta a los tratamientos de fertilización nitrogenada para ambos volúmenes de contenedor.

En donde figuras A, B, C y D, corresponden a 0, 200, 400 y 600 mg L^{-1} de nitrógeno respectivamente.

Al evaluar la significancia de los tratamientos testados sobre la variable longitud de tallo medida durante el transcurso del ensayo en vivero, se aprecia que la fertilización y el volumen de contenedor poseen un alto nivel

de significancia sobre la respuesta en longitud de tallo de las plantas producidas, presentado efectos de interacciones con el tiempo (Tabla 6).

Tabla 6. Resumen de medias repetidas sobre base mensual mostrando la significancia (valores p) de los factores testeados sobre el crecimiento en longitud de tallo de las plantas de ruil en vivero.

Efectos significativo ($P \leq 0.05$), destacados con subrayado y negritas.

EFFECTO	VALOR-P
Tiempo	<u>≤ 0.0001</u>
Fertilización	<u>≤ 0.0001</u>
Tiempo x Fertilización	<u>≤ 0.0001</u>
Volumen	0,6427
Tiempo x Volumen	<u>0.0157</u>
Fertilización x Volumen	0,9714
Tiempo x Fertilización x Volumen	<u>0.0285</u>

En enero de 2013 indistintamente del volumen de contenedor usado, el crecimiento en longitud de tallo de las plantas fertilizadas con nitrógeno se comienza a diferenciar de las que no disponen de este elemento en el medio de crecimiento (Gráfico 1). A partir de febrero-marzo de 2013, se manifiestan diferencias en longitud de tallo dentro de los tratamientos nitrogenados, en una relación directa entre una concentración nitrógeno con respuesta en longitud de tallo.

Al finalizar la fase de viverización (junio 2013), determinada por el cese del crecimiento y la senescencia foliar, se observó que la longitud de tallo promedio de las plantas fertilizadas con 600 mg L^{-1} difiere significativamente de las fertilizadas con 400 y 200 mg L^{-1} , las cuales no difieren entre sí (Gráfico 1). A su vez éstas, son significativamente más altas que las plantas no fertilizadas con nitrógeno. Los valores absolutos en longitud de tallo para las plantas producidas en 130 ml fueron 14, 41, 43 y 52 cm para los tratamientos de 0, 200, 400 y 600 mg L^{-1} , respectivamente. En tanto, para las plantas producidas en 280 ml, las longitudes de tallo promedio fueron 17, 49, 47, y 56 cm para las mismas concentraciones, respectivamente.

Al comparar la longitud de tallo promedio final de las plantas en respuesta al tipo de contenedor usado para cada concentración de nitrógeno suministrada (Gráfico 2), se observa lo ya descrito respecto a que el tamaño del contenedor no manifiesta un afecto significativo sobre la longitud de tallo de las plantas de ruil comparadas dentro de cada tratamiento de fertilización.

El diámetro de cuello promedio de las plantas evaluadas al finalizar el proceso de viverización, evidenció que sólo la fertilización nitrogenada produce una respuesta significativa sobre este atributo morfológico ($P \leq$

0,05). Al respecto, cualquier concentración de nitrógeno de las suministradas genera plantas con un diámetro significativamente mayor al tratamiento sin nitrógeno. No obstante, dentro de los tratamientos con este elemento, aumentar la concentración de nitrógeno, no generó plantas con diámetros significativamente mayores (Gráfico 3).

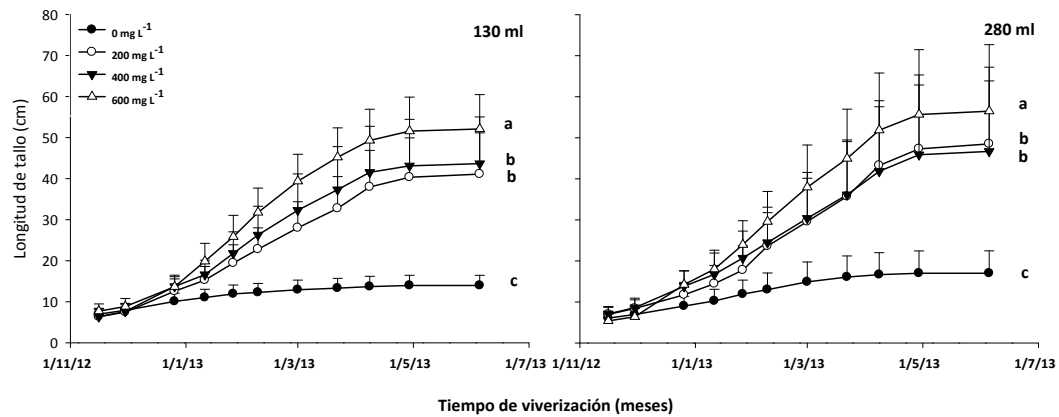


Gráfico 1. Dinámica de crecimiento en longitud de tallo (cm) durante el transcurso del ensayo para los tratamientos de fertilización nitrogenada para cada volumen de contenedor usado.

Barras indican desviación estándar. Diferentes letras representan grupos de Tukey, difieren significativamente ($P \leq 0,05$). ns: Indica diferencias no significativas ($P \geq 0,05$).

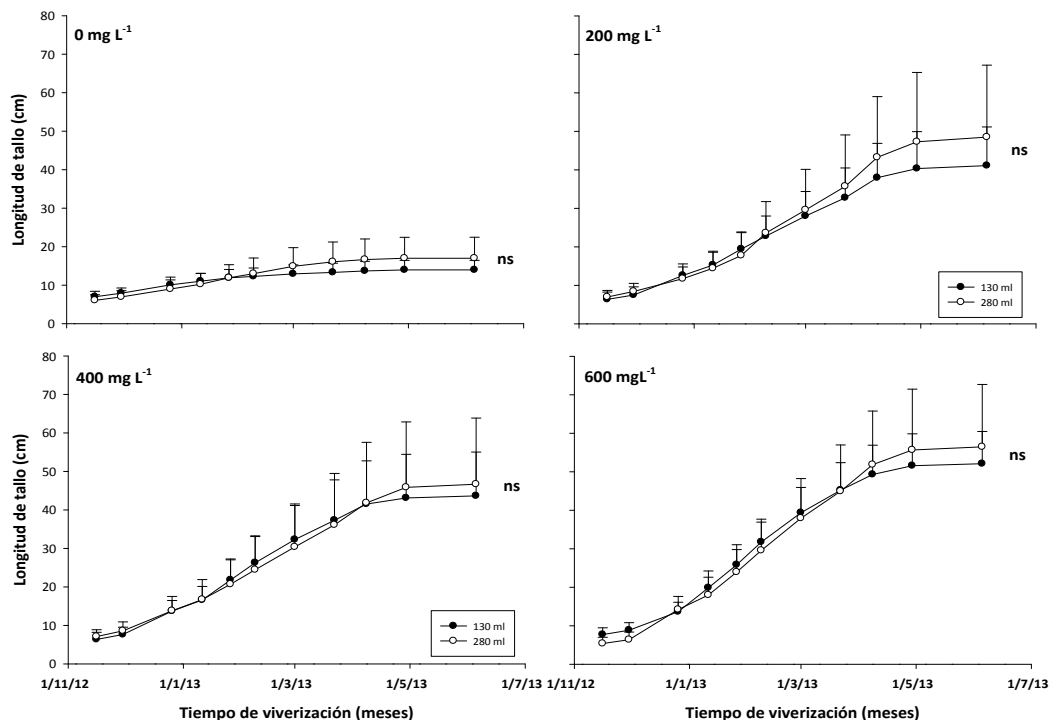


Gráfico 2. Crecimiento en longitud de tallo en respuesta al tipo de contenedor y tratamiento de fertilización nitrogenado.

Barras indican desviación estándar. Diferentes letras representan grupos de Tukey, difieren significativamente ($P \leq 0,05$). ns: Indica diferencias no significativas ($P \geq 0,05$).

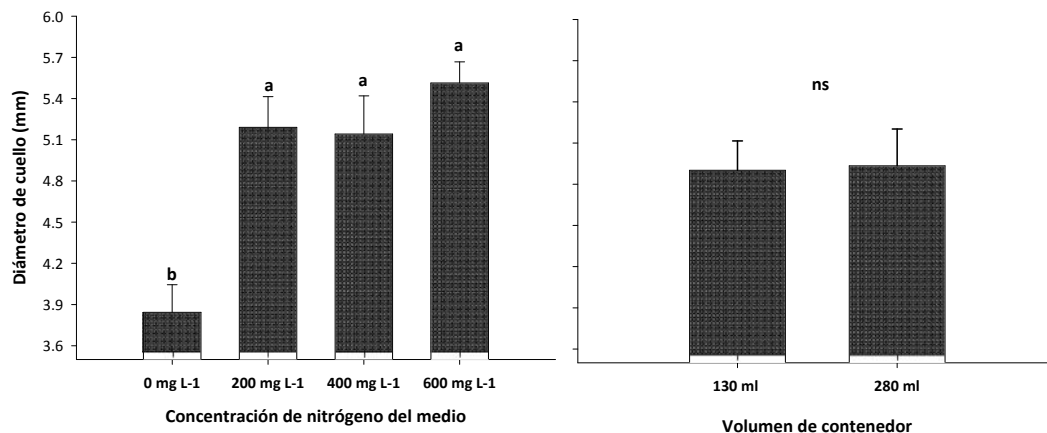


Gráfico 3. Diámetro de cuello promedio al finalizar el proceso de viverización, en respuesta al tipo de contenedor y concentración de nitrógeno suministrado al medio.

Barras indican desviación estándar. Diferentes letras representan grupos de Tukey, difieren significativamente ($P \leq 0,05$). ns: Indica diferencias no significativas ($P \geq 0,05$).

5.1.2. Componentes y distribución de biomasa.

Al finalizar el proceso de viverización de las plantas de ruil, los componentes follaje y tallo, evidenciaron una respuesta significativa al tamaño de contenedor y las concentraciones de nitrógeno suministradas en forma independiente (interacción no significativa) (Tabla 7). En tanto la biomasa de raíces, sólo manifestó un efecto altamente significativo al tamaño de contenedor.

Tabla 7. Significancia estadística (valores p) de los factores testeados sobre los componentes de biomasa final de las plantas de ruil en vivero.

Efectos significativo ($P \leq 0,05$) destacados con subrayado y negritas.

EFFECTO	FOLLAJE	TALLO	RAÍZ
Fertilización	<u>≤ 0.0001</u>	<u>≤ 0.0001</u>	0,0636
Volumen	<u>0.0434</u>	<u>0.0053</u>	<u>0.0008</u>
Fertilización x Volumen	0,5201	0,5094	0,7675

Al igual que para el diámetro de cuello, las respuesta en biomasa de follaje y tallo a la fertilización nitrogenada, evidenciaron aumentos significativos en las masas de estas componentes, al contrastarlo con el tratamiento sin nitrógeno (0 mg L^{-1}).

Ninguna de las concentraciones nitrogenadas aplicadas evidenció un aumento significativo en las masas secas de las componentes de biomasa al ser comparadas entre sí (Gráfico 4). La masa de raíces, no fue

significativamente afectada por la fertilización nitrogenada pero sí por el volumen de contenedor utilizado durante la viverización.

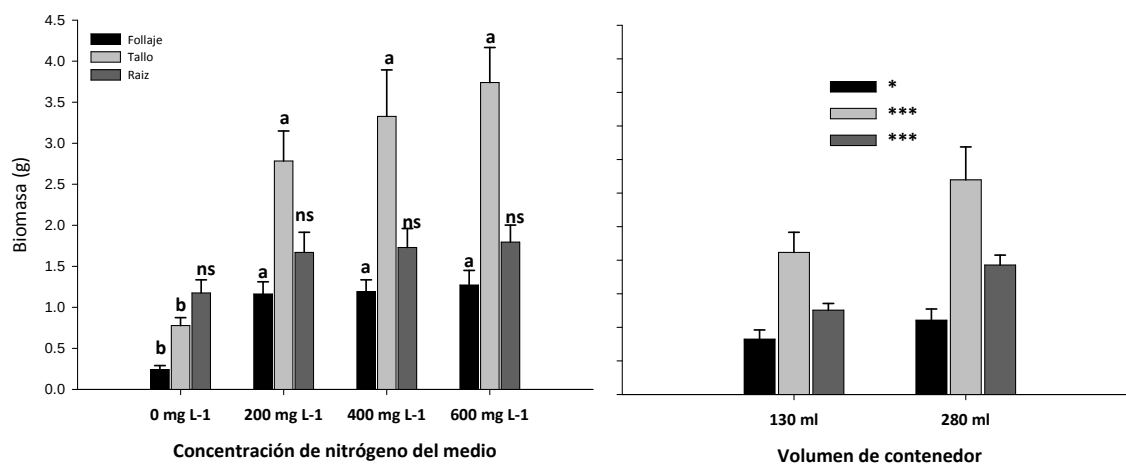


Gráfico 4. Distribución de biomasa promedio de componentes (g) al finalizar el proceso de viverización, de acuerdo al volumen de contenedor y tratamiento de fertilización nitrogenado suministrado.

Barras indican desviación estándar. Diferentes letras representan grupos de Tukey, difieren significativamente ($P \leq 0,05$). ns: Indica diferencias no significativas ($P \geq 0,05$).

En general, se aprecia que cuando no existe nitrógeno en el medio, las prioridades de las plantas de ruil para distribuir la biomasa es hacia las raíces, tallo y follaje, con un 54, 36 y 11 % aproximado respectivamente. Mientras que, al estar disponible este elemento en concentraciones evaluadas (200, 400 y 600 mg L⁻¹), el patrón cambia en raíces, tallo y follaje, en un 28, 53 y 20 %, respectivamente (Gráfico 5).

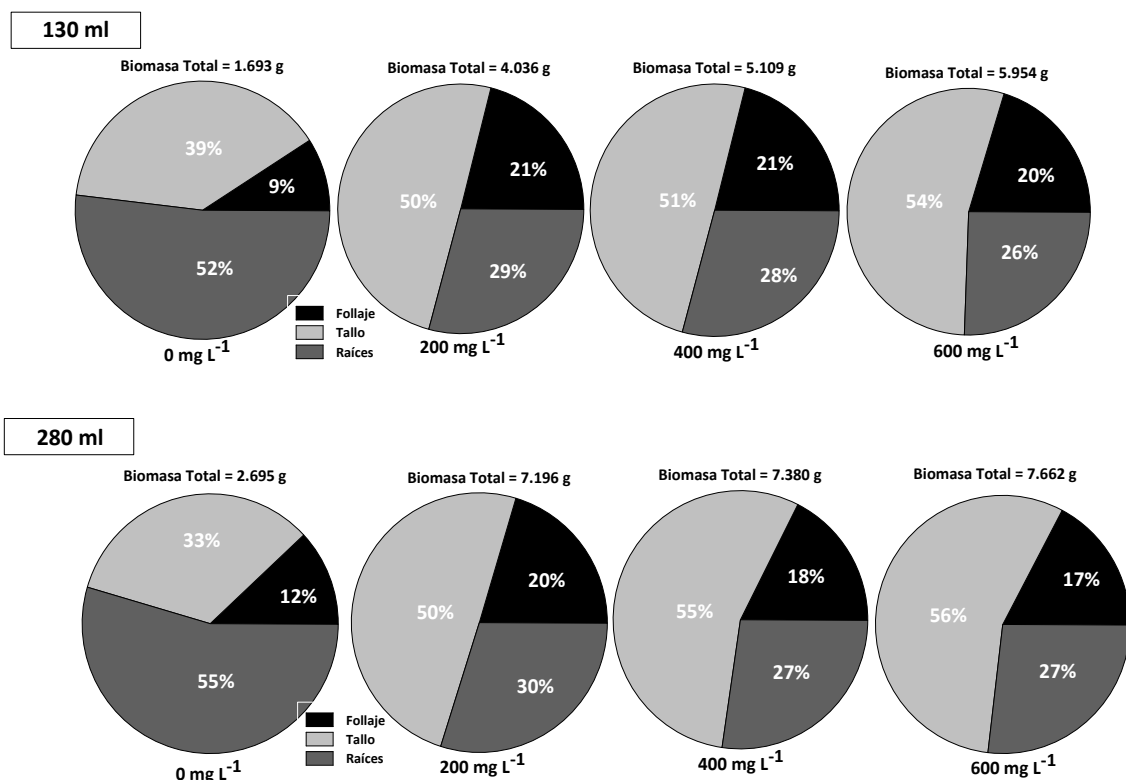


Gráfico 5. Distribución relativa de biomasa por componentes al finalizar el proceso de viverización, de acuerdo al volumen de contenedor y tratamiento de fertilización nitrogenada.

5.1.3. Índices de calidad de planta.

Los índices de calidad de planta evaluados mostraron diferencias significativas en función del tipo de índice evaluado. Ninguno de los índices testeados mostró un componente de interacción significativa para los factores evaluados (Tabla 8). La esbeltez, fue significativamente afectada por la fertilización y el volumen del contenedor. La relación biomasa aérea/radical, fue significativamente afectada sólo por la fertilización y el índice de Dickson, sólo por el volumen del contenedor.

Tabla 8. Significancia estadística de los factores testeados sobre los índices de calidad de plantas de ruil en vivero.

Efectos significativo ($P \leq 0,05$) destacados con subrayado y negritas.

EFFECTO	INDICE ESBELTEZ	RELACIÓN A/R	INDICE DICKSON
Fertilización	<u>0,0198</u>	<u>0,0001</u>	0,4203
Volumen	<u><0,0001</u>	0,5417	<u>0,0166</u>
Fertilización x Volumen	0,3742	0,8614	0,9594

De los índices que fueron significativamente afectados por el volumen de contenedor, un mayor volumen generó un mayor índice (Esbeltez y Dickson, Gráfico 6). En términos generales, los índices significativamente afectados por la fertilización nitrogenada muestran el comportamiento de no diferenciarse entre ellos, pero sí a ser mayores al tratamiento sin nitrógeno.

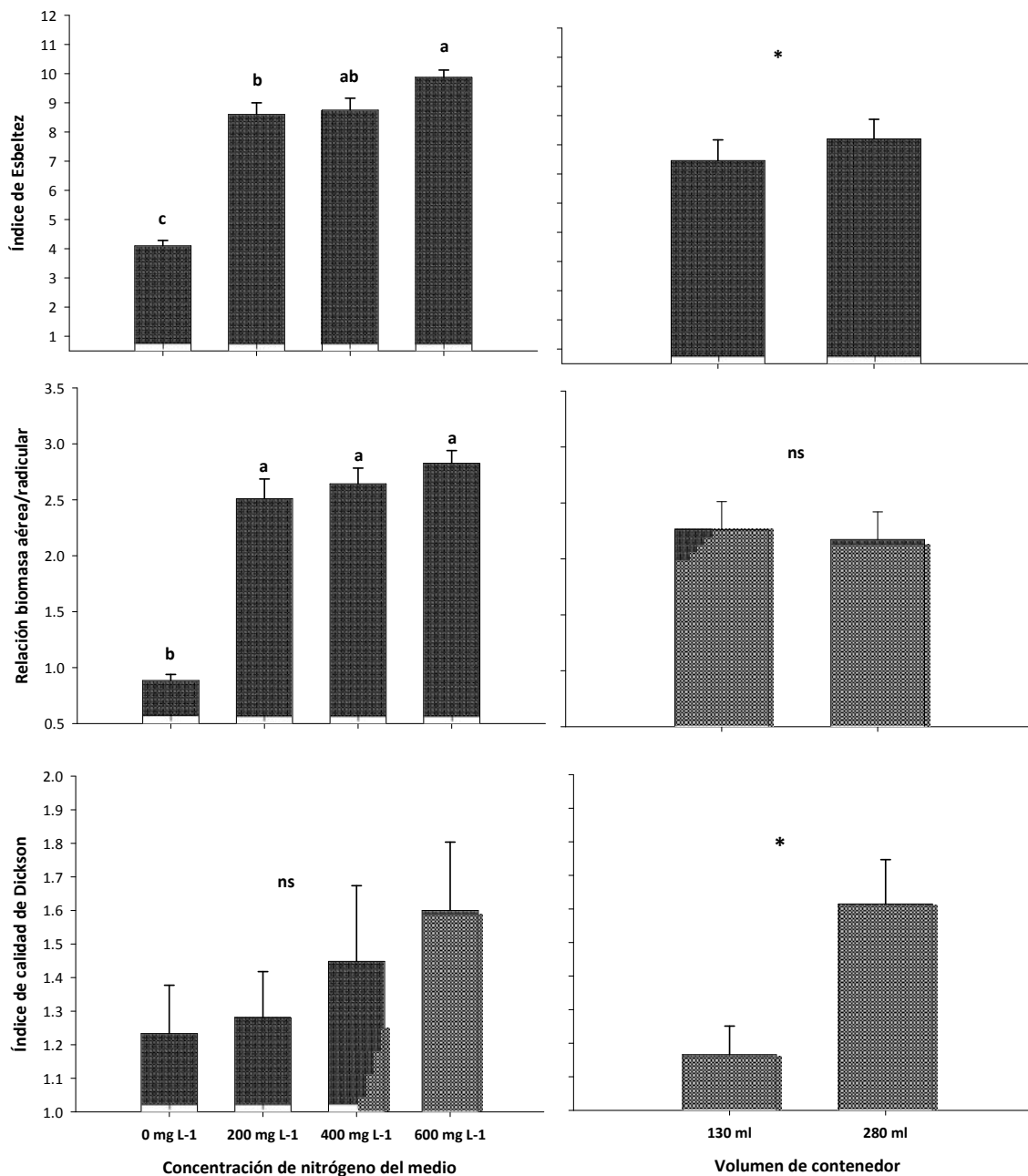


Gráfico 6. Índices de calidad de plantas promedio de ruil, en respuesta a la concentración de nitrógeno del medio de crecimiento y el tamaño del contenedor al finalizar el proceso de viverización (junio 2013).

Barras indican desviación estándar. Diferentes letras representan grupos de Tukey, difieren significativamente ($P \leq 0,05$). ns: Indica diferencias no significativas ($P \geq 0,05$).

5.1.4. Determinación del estatus nutricional de plantas en vivero.

Los tratamientos de fertilización nitrogenados para el volumen de contenedor de 130 ml generaron niveles diferenciales (significativos) para los elementos nitrógeno, fósforo y magnesio. Respecto al nitrógeno, se generan dos grupos, el que corresponde 0 y 200 mg L⁻¹, y el grupo de 200 y 400 mg L⁻¹ (Gráfico 7), ambos grupos son estadísticamente diferentes entre sí.

Para el caso de fósforo, las diferencias son reflejadas entre aplicar o no nitrógeno dentro del esquema de fertilización, no así entre las concentraciones de nitrógeno aplicadas (200, 400 y 600 mg L⁻¹) (Gráfico 7).

Para el caso de potasio y calcio, no se observaron diferencias significativas en la concentración a nivel de planta completa, mientras que para el caso de magnesio se observa una concentración en los tejidos de la planta para el caso la fertilización con 200 mg L⁻¹ de nitrógeno (Gráfico 7).

Los microelementos muestran el comportamiento esperado (exceptuando manganeso) respecto al no evidenciar efecto significativo en los niveles obtenidos ya que no son elementos modificados ni manejados en los tratamientos de fertilización (Gráfico 8).

Para el caso de manganeso, las mayores concentración en tejidos son observadas para el tratamiento de 0 mg L⁻¹ de nitrógeno, observando a su vez que a mayor concentración de nitrógeno en el esquema de fertilización, menor es la concentración de manganeso en los tejidos de la planta (Gráfico 8).

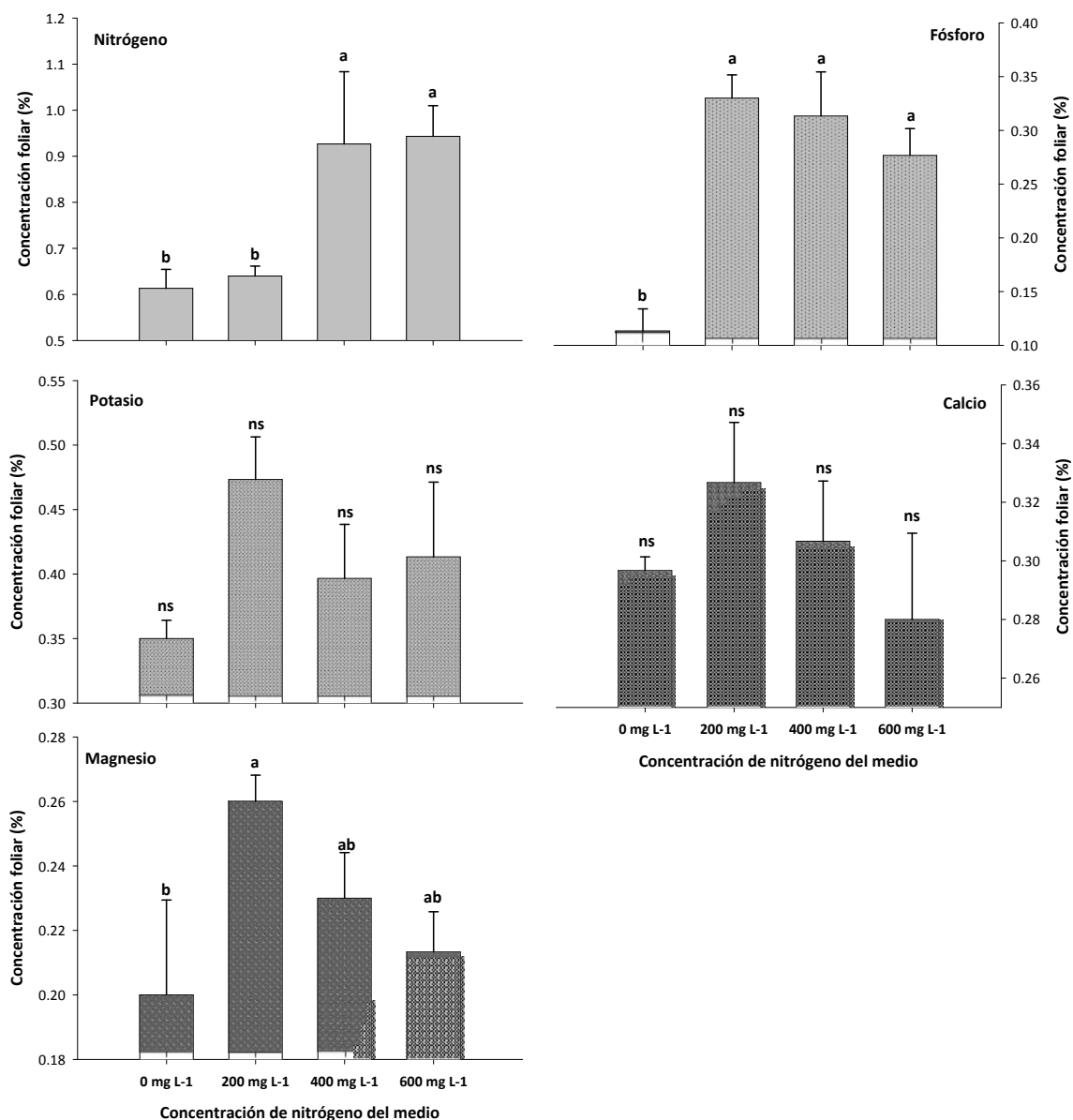


Gráfico 7. Concentración foliar de macro-elementos (%) en respuesta a los tratamientos de fertilización nitrogenados finalizado el proceso de viverización en plantas de ruil producidas en 130 ml de volumen radicular.

Barras indican desviación estándar. Diferentes letras representan grupos de Tukey, difieren significativamente ($P \leq 0,05$). ns: Indica diferencias no significativas ($P \geq 0,05$).

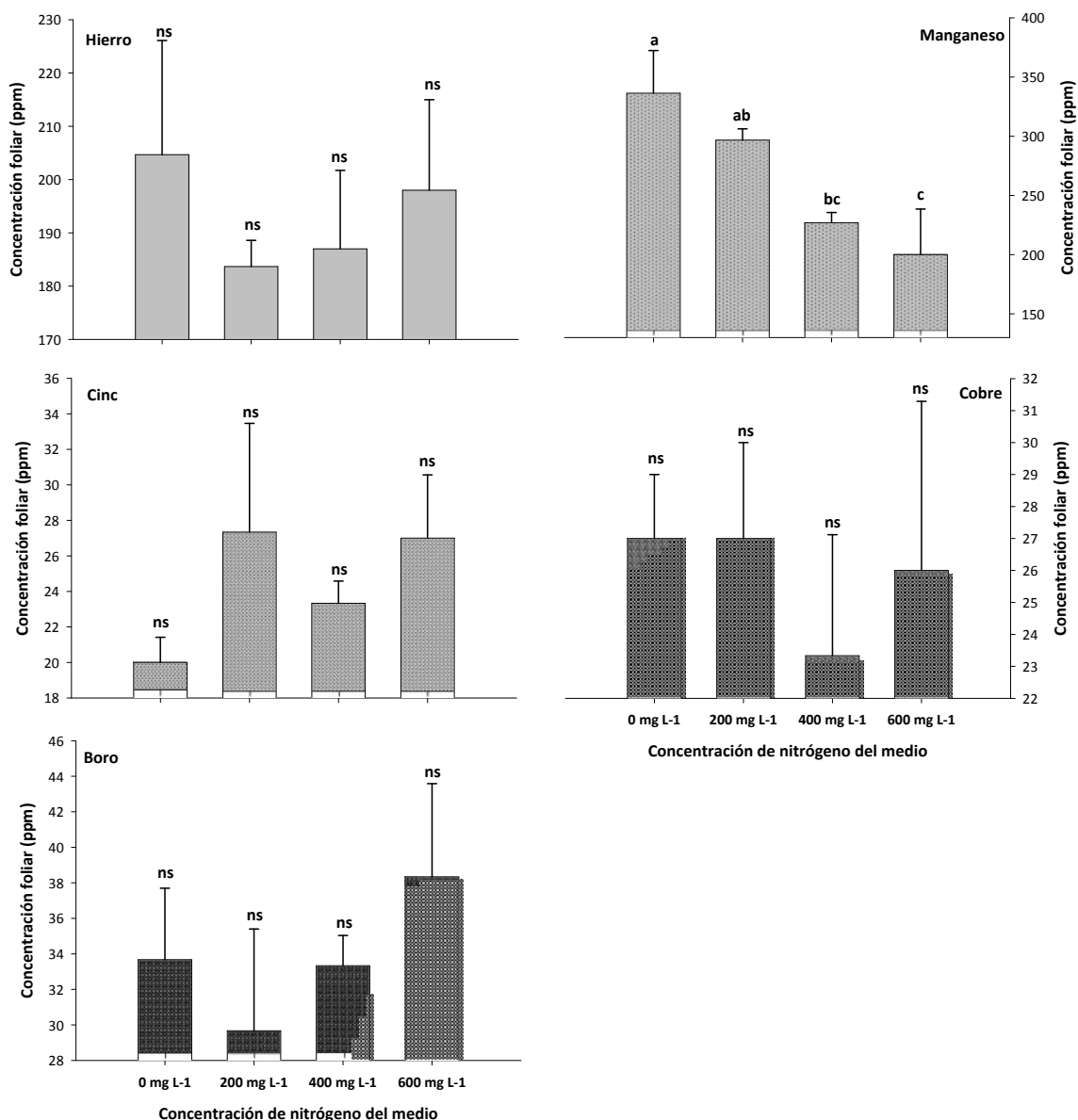


Gráfico 8. Concentración foliar de micro-elementos (ppm) en respuesta a los tratamientos de fertilización nitrogenados finalizado el proceso de viverización en plantas de ruil producidas en 130 ml de volumen radicular.

Barras indican desviación estándar. Diferentes letras representan grupos de Tukey, difieren significativamente ($P \leq 0,05$). ns: Indica diferencias no significativas ($P \geq 0,05$).

5.2. Establecimiento de ensayo en campo.

5.2.1. Respuesta al establecimiento de las plantas producidas en vivero.

Cualitativamente, el inicio de temporada comenzó con un despliegue de follaje importante, de tonalidad verde intenso para los tratamientos que

tenían una mayor carga nutricional de nitrógeno en vivero (Figura 30). Se observó despliegue de ramas desde la yemas axilares, sobre todos en las plantas de mayor longitud de tallo y dispuestas bajo la condición con malla de protección.



Figura 30. Imágenes panorámicas de estado de desarrollo de plantas de ruil creciendo bajo malla y sin malla de protección, noviembre 2013.

En términos cuantitativos, del total de plantas establecidas y sobrevivientes de la primera quincena desde el establecimiento todas las plantas evaluadas se encontraron en categoría 1, equivalente a alta vitalidad con crecimiento normal, ápice y follaje saludables. Valores de caracterización del DAC y LT promedio y desviación estándar por nivel de cobertura, volumen de contenedor y tratamiento de fertilización se presentan en Tabla 9.

Tabla 9. Caracterización inicial en diámetro a la altura del cuello (DAC) y longitud de tallo (LT) de las plantas establecidas en terreno según esquema de producción de planta y nivel de protección artificial.

N: cantidad de réplicas de las unidades experimentales; Media: media aritmética de las unidades entre las unidades experimentales; DE: desviación estándar de la media aritmética.

Nivel protección	Volumen contenedor (cm ³)	Fertilización (mg L ⁻¹ de Nitrógeno)	N	DAC (mm)		LT (cm)		Supervivencia (%)
				Media	DE	Media	DE	
Con malla	130	0	3	2,30	0,89	15,7	3,4	100
		200	3	3,75	0,90	43,7	7,9	100
		400	3	3,58	0,98	43,3	7,9	100
		600	3	3,89	0,90	48,9	7,2	100
	280	0	3	2,50	0,85	20,9	4,9	100
		200	3	4,53	0,92	58,2	11,0	100
		400	3	4,41	1,15	55,0	12,3	100
		600	3	4,43	1,06	58,4	14,6	100
Sin malla	130	0	3	2,45	0,84	13,4	3,5	100
		200	3	4,28	0,99	44,2	7,2	100
		400	3	4,08	1,09	41,3	8,0	100
		600	3	4,71	0,76	51,0	7,3	100
	280	0	3	2,65	0,81	19,4	4,5	100
		200	3	4,68	0,99	50,0	8,4	100
		400	3	4,09	1,04	45,7	9,0	100
		600	3	4,86	1,22	55,7	10,5	100

5.2.2. Morfología y supervivencia después de la primera temporada.

Durante el transcurso de temporada, y a partir del mes de enero en adelante, comenzó a visualizarse mortalidad de plantas en forma marcada sobre todo para dispuestas bajo la condición sin malla de protección (Figura 31). Por otra parte, sólo a contar de fines de febrero comenzó a observarse plantas bajo malla con marchitamiento parcial del follaje (Figura 31), pero que a fines de la temporada no se tradujo mayormente en mortalidad para las plantas que presentaron dicho marchitamiento.

Transcurrida la primera temporada de crecimiento en campo, la supervivencia fue significativamente afectada por la interacción entre el tiempo y protección artificial (T x P) (Tabla 10). Además, ésta fue significativamente afectada por el tratamiento de fertilización aplicado durante la fase de producción en vivero. El crecimiento en DAC en tanto, evidenció un efecto significativo sobre la temporada (Tiempo), además de significancia para los factores protección artificial (P), volumen de contenedor (V) y fertilización (F). De igual forma, el crecimiento en longitud de tallo también fue significativamente afectado por dichos factores y componentes de interacción con el tiempo (T x P y T x F). Al respecto se puede concluir que, transcurrida una temporada de crecimiento, todavía se mantienen los efectos logrados durante la fase de viverización de las plantas

de ruil, ya que finalizada la fase de viverización fueron los mismos factores los que evidenciaron significancia (a excepción de la protección artificial) sobre el crecimiento de plantas de ruil en vivero.



Figura 31. Imágenes panorámicas de estado de desarrollo de plantas de ruil creciendo bajo malla y sin malla de protección, marzo 2014.

A contar de diciembre de 2013, las plantas de ruil sin malla de protección comenzaron a evidenciar una disminución significativa en supervivencia respecto de sus homólogas bajo malla ($p=0,0001$), con 91 y 99%, respectivamente (Gráfico 9). Estas fueron disminuyendo durante la temporada estival, hasta llegar a valores de 62 y 25% para la condición con y sin malla de protección, respectivamente (Gráfico 9). Por otra parte, al mes de abril 2014, la supervivencia de ruil fue significativamente afectada por el tratamiento de fertilización que se aplicó durante las fase de viverización de éstas, así las plantas que fueron fertilizadas con alguna de las concentraciones de nitrógeno testeadas (200, 400 y 600 mg L⁻¹), presentaron mayores supervivencias que el control (0 mg L⁻¹), no obstante, dentro de los tratamientos que aportaron nitrógeno, no hubo diferencias entre ellos.

Tabla 10. Resumen de significancia estadística (Valor $p > F$) para los efectos fijos bloque (B), tiempo (T), protección artificial (P) y fertilización (F) sobre la supervivencia, diámetro de cuello (DAC) y Longitud de tallo (LT) para plantas de ruil transcurrida la primera temporada en terreno (noviembre 2013 - abril 2014).

FACTOR	VALOR $p < F$		
	SUPERVIVENCIA	DAC	LT
BLOQUE (B)	0,2718	<u>0.0503</u>	0,9936
TIEMPO (T)	<u><0.0001</u>	<u><0.0001</u>	<u><0.0001</u>
PROTECCIÓN (P)	<u><0.0001</u>	<u>0.0109</u>	<u>0.0017</u>
T x P	<u><0.0001</u>	0,9354	<u>0.0145</u>
VOLUMEN CONTENEDOR (V)	0,6260	<u>0.0023</u>	<u><0.0001</u>
T x V	0,4089	0,8392	0,2482
P x V	0,1644	0,3169	<u>0.0269</u>
T x P x V	0,6386	0,2892	0,7990
FERTILIZACIÓN (F)	<u>0.0054</u>	<u><0.0001</u>	<u><0.0001</u>
T x F	0,2190	0,1807	<u>0.0019</u>
P x F	0,3459	0,1437	0,5733
T x P x F	0,1810	0,2700	0,5785
V x F	0,2144	0,1879	0,5415
T x V x F	0,6485	0,3427	0,2423
P x V x F	0,8881	0,7129	0,3207
T x P x V x F	0,9562	0,5500	0,8344

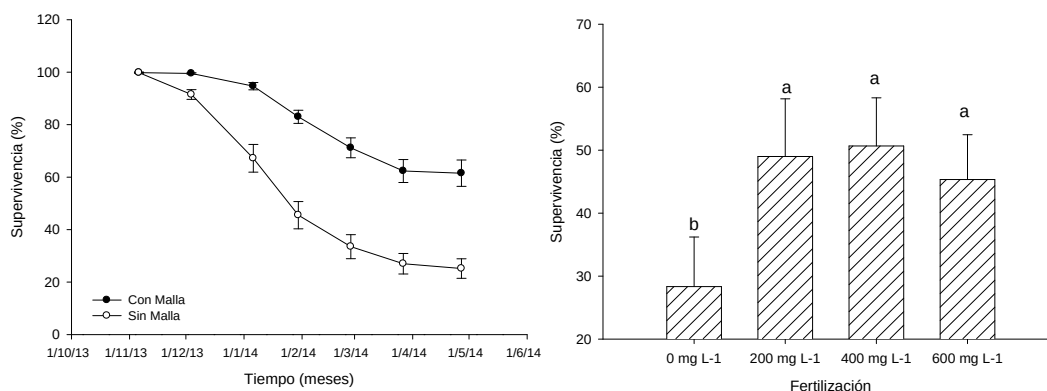


Gráfico 9. Respuesta en supervivencia de plantas, como respuesta a niveles de protección artificial al establecimiento y esquemas de fertilización durante la producción de plantas de ruil.

(Izquierda) Dinámica de supervivencia media mensual para plantas ruil con y sin protección artificial (malla). (Derecha) Respuesta en supervivencia promedio al final de primera temporada (fines abril 2014) para plantas de ruil en respuesta a los tratamientos de fertilización nitrogenados aplicados durante la fase de viverización. Barras indican $\pm$ error estándar.

Transcurrida la primera temporada en terreno, las plantas de ruil todavía mantienen las diferencias en longitud de tallo inducidas durante la fase de viverización en respuesta a los tratamientos de fertilización, en donde el tratamiento de 600 mg L⁻¹ la longitud de tallo es de 63 cm (53 cm en junio 2013) (Gráfico 10), le siguen los tratamientos de 200 y 400 mg L⁻¹ con 56 y 52 cm (48 y 46 cm en junio de 2013), respectivamente. Y finalmente, el tratamiento de 0 mg L⁻¹ con 20 cm (17 cm en junio 2013). El incremento absoluto en longitud de tallo entre la medición inicial (junio 2013) y final (abril 2014) fue significativamente mayor para todos los tratamientos de fertilización testeados.

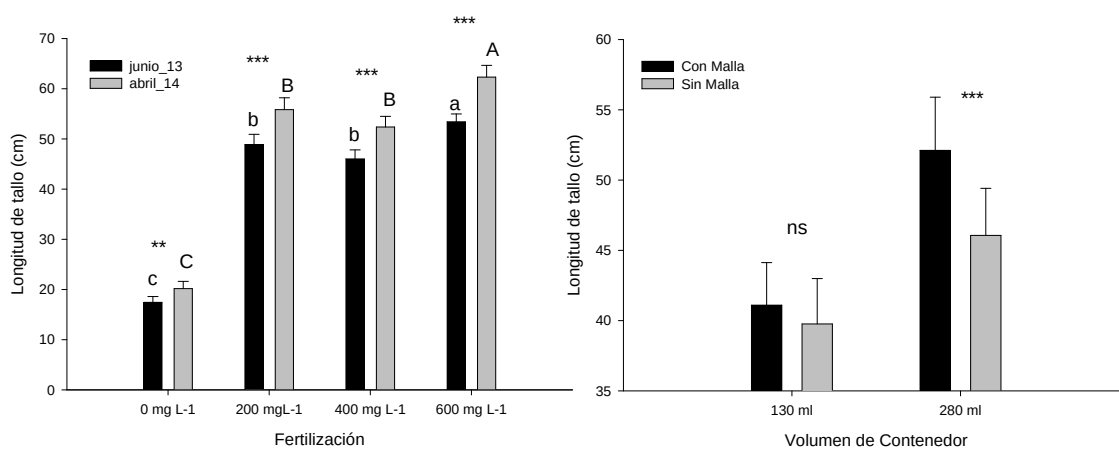


Gráfico 10. Respuesta en longitud de tallo a tratamientos de fertilización en viveros y tamaño de contenedor durante la producción de plantas, al establecimiento en campo.

(Izquierda) Longitud de tallo promedio al establecimiento (junio 2013) y al finalizar la primera temporada (abril 2014) para plantas de ruil en respuestas a los tratamientos de fertilización nitrogenados aplicados en vivero. Letras diferentes, reflejan diferencias significativas entre esquemas de fertilización y longitud de tallo para plantas al momento del establecimiento (minúsculas) y tras la primera temporada de crecimiento en campo (mayúsculas). **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$ por tratamiento de fertilización, entre temporadas.

(Derecha) Respuesta en longitud de tallo promedio al finalizar la primera temporada de crecimiento (abril 2014) para plantas de ruil provenientes de contenedores de 130 y 280 ml. ns: no significativo; ***: $p < 0.001$.

Respecto de los factores ambientales del sitio, ya en noviembre de 2013 (inicio de mediciones con sensores) se observan bajos niveles de contenido volumétrico de agua en suelo (Gráfico 11). No se evidencia una clara diferenciación entre los contenidos de agua para plantas creciendo bajo condición con y sin malla de protección. A fines de marzo, se produjo un evento de precipitación importante que elevó los contenidos de agua en suelo a 0,16 m³ m⁻³, no obstante, dicha disponibilidad de agua cae rápidamente durante las semanas posteriores.

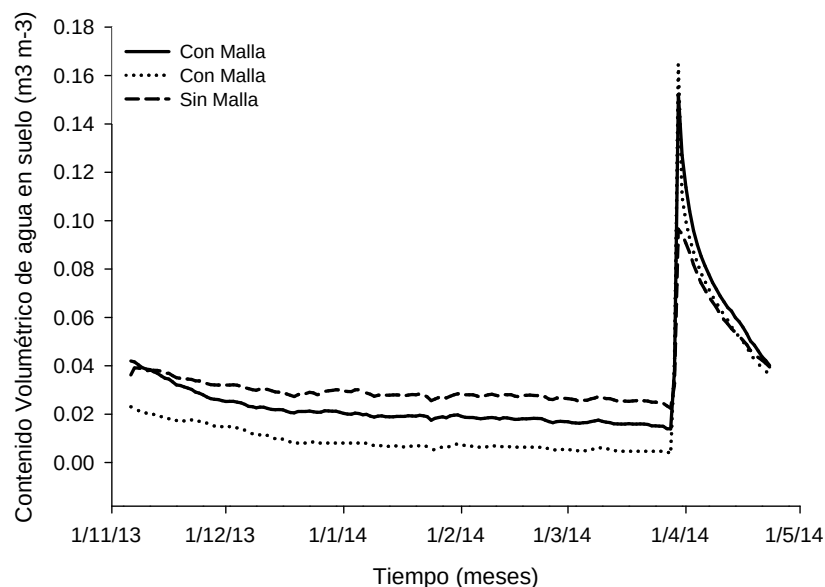


Gráfico 11. Evolución del contenido volumétrico de agua en suelo durante la primera temporada de crecimiento (noviembre 2013 - abril 2014) para plantas de ruil desarrolladas bajo condición con y sin malla de protección.

La temperatura media diaria durante la primera temporada de crecimiento fluctuó entre 10 y 30 °C. La temperatura máxima diaria promedio para el periodo fue de 28 y 33°C para la condición con y sin malla de protección, respectivamente (Grafico 12), originado un diferencial promedio de 5°C, con temperaturas máximas absolutas de 45° y 46 °C para las condiciones con y sin malla respectivamente, y diferenciales máximos de hasta 11°C entre ambas condiciones, registrada los primeros días de enero de 2014.

De igual forma, la humedad relativa del aire promedio durante la temporada fue de 68 y 64% para la condición con y sin malla de protección, respectivamente. La humedad relativa mínima diaria promedio para el periodo de evaluación fue 36 y 27% para la condición con y sin malla, respetivamente, originando un diferencial promedio de 9%, con un diferencial máximo de 23% registrado en marzo de 2014.

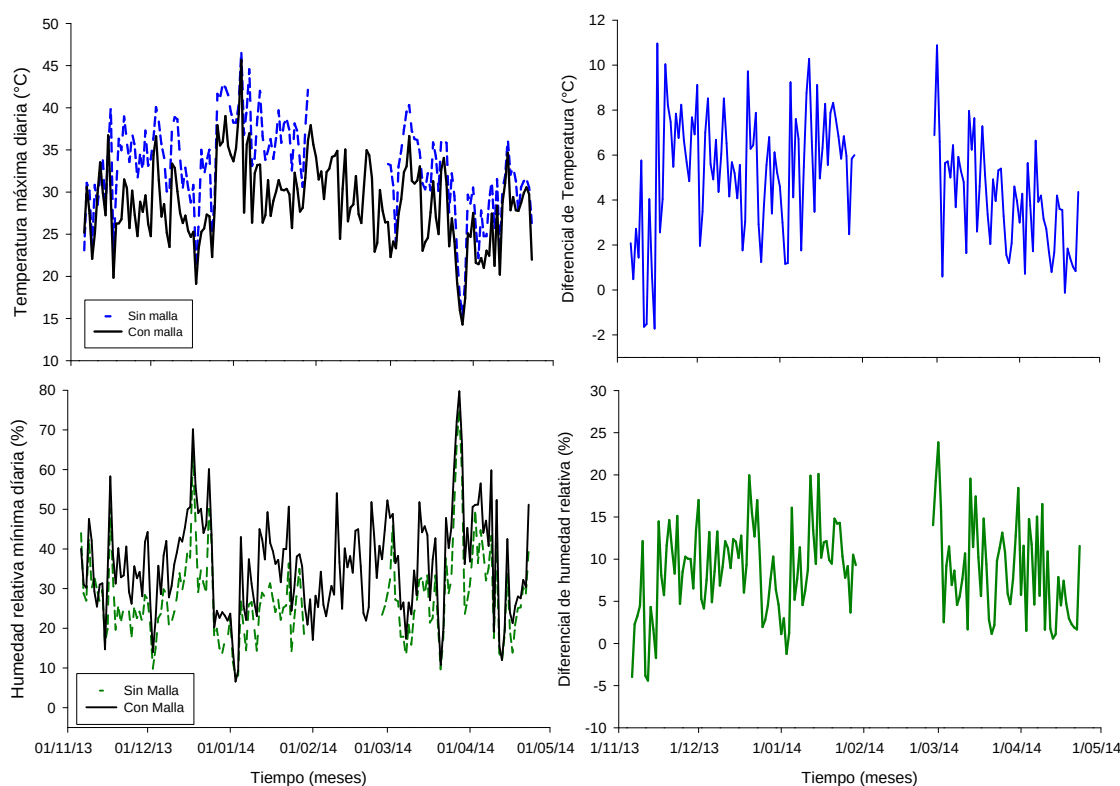


Gráfico 12. Variación de la temperatura máxima diaria y humedad relativa para las condiciones con y sin malla, y diferencias entre la condición con y sin malla para la temperatura máxima diaria y humedad relativa.

(Superior Izquierda) Evolución diaria de la temperatura máxima registrada para plantas de ruil bajo condición con y sin malla de protección. (Superior Derecha) Diferencial de temperatura máxima diaria para plantas de ruil bajo condición con y sin malla de protección. (Inferior izquierda) Evolución diaria de la humedad relativa mínima registrada para plantas de ruil bajo condición con y sin malla de protección. (Inferior Derecha) Diferencial de humedad relativa mínima diaria para plantas de ruil bajo condición con y sin malla de protección.

Durante toda la temporada, la malla de protección tiene un efecto sobre la atenuación de las temperaturas máximas que se producen a la hora de mayor radiación solar. El evolución diaria promedio por mes (Gráfico 13), muestra que ya a contar de las 10:00 AM la temperatura dentro de la malla es menor a la condición exterior, hasta llegar a diferenciales promedio de hasta 9°C para el mes de enero. Posteriormente, después de las 17:00 a 18:00 PM se observa que la temperatura dentro de la malla en promedio es superior a la condición exterior, pero ese valor máximo logrado en el interior está muy por debajo de su homólogo exterior.

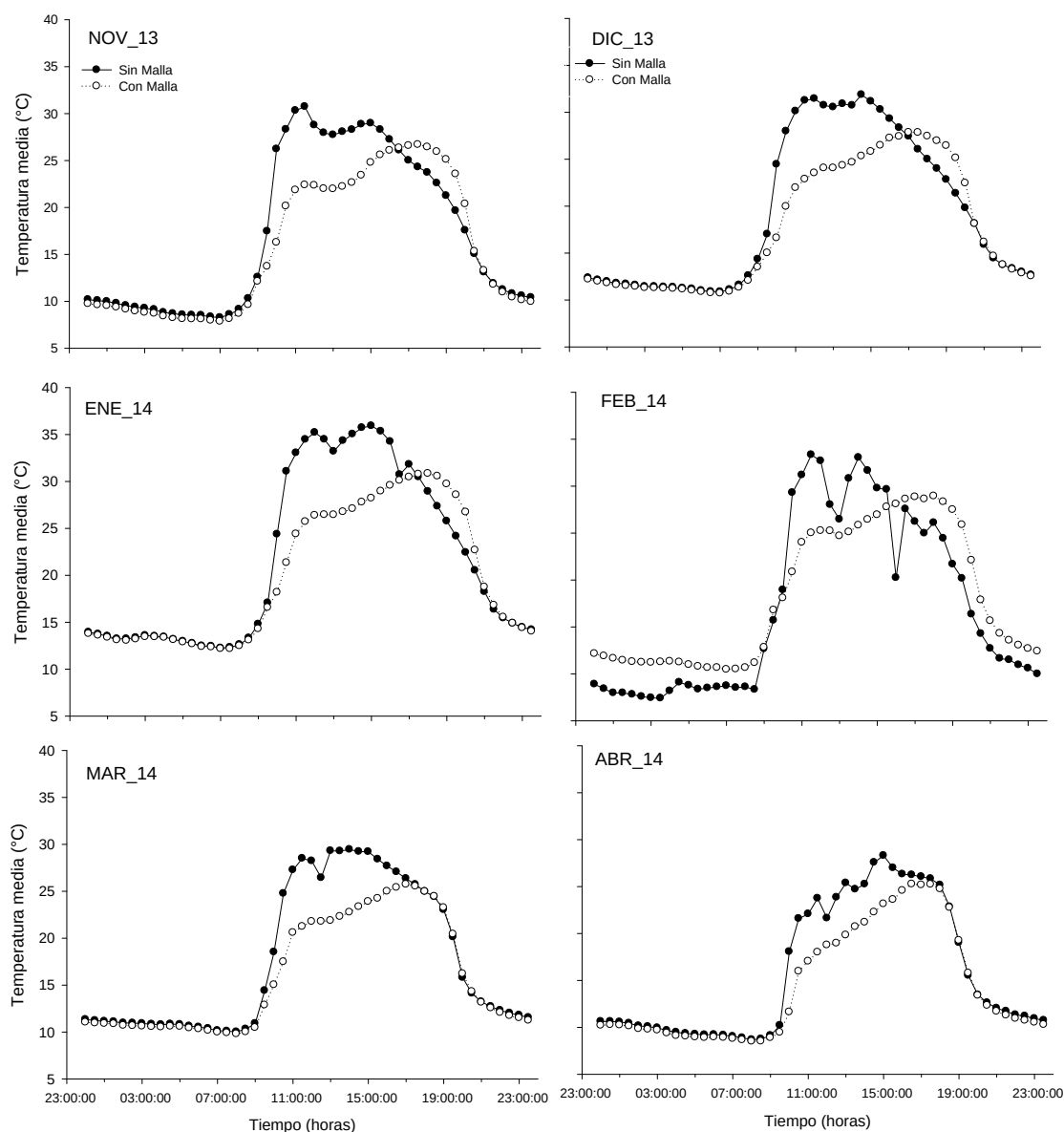


Gráfico 13. Evolución de la temperatura media diaria promedio para los meses correspondientes a la primera temporada de crecimiento (noviembre 2013 - abril 2014) para plantas de ruil desarrolladas bajo condición con y sin malla de protección.

5.2.3. Efecto de la cobertura natural sobre la supervivencia durante la primera temporada.

El IAF de las unidades experimentales osciló entre los 0,27 y 1,08 m² m⁻², mientras que el IRG lo hizo entre 0,3 y los 0,98 (Figura 32). La supervivencia en tanto para dichas unidades a marzo de 2014 lo hizo entre 0 y 68% (Gráfico 14).



Figura 32. Fotografías hemisféricas de menor y mayor cobertura (izquierda y derecha, respectivamente) correspondientes a unidades experimentales sin malla de protección.

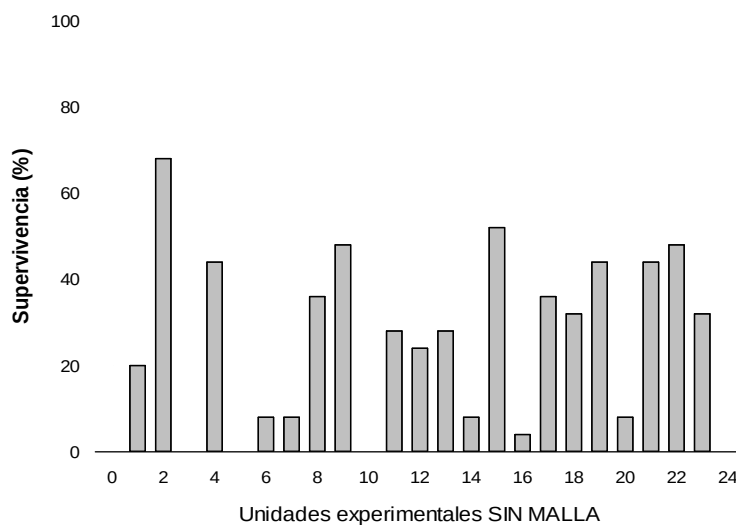


Gráfico 14. Porcentaje de supervivencia de plantas de ruil para las unidades experimentales sin malla de protección artificial.

No se evidenció ninguna relación clara entre los índices de cobertura natural evaluados (IRG e IAF) y la supervivencia de ruil bajo la metodología utilizada (Gráfico 15). Es probable que la faena de habilitación para el establecimiento del ensayo, haya influenciado en parte este resultado, al homogenizar las coberturas por la poda. Por otra parte, durante la temporada no se observó (apreciación visual) cambios en la estructura y composiciones de follaje de los matorrales presentes en el sitio, por lo que es posible asegurar que la cobertura capturada en marzo es un buen representante de la realidad lumínica del sitio.

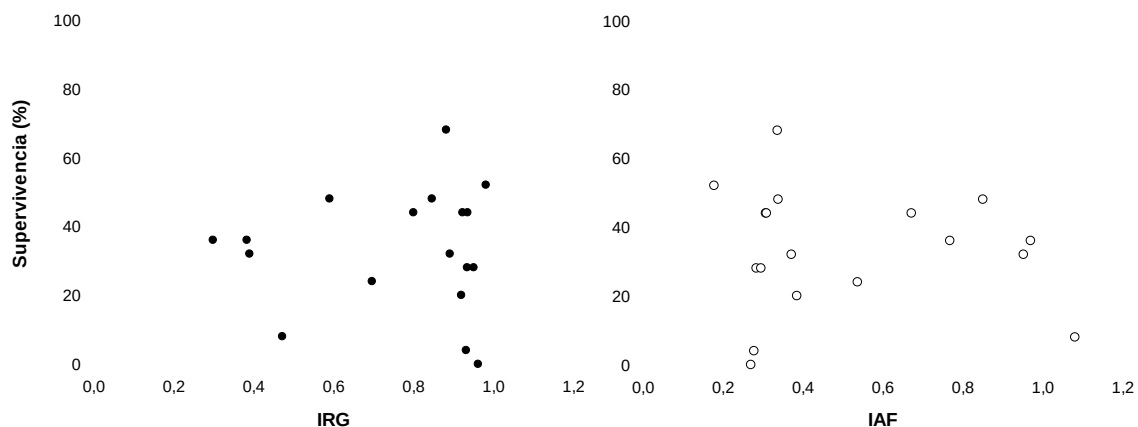


Gráfico 15. Relación entre Índice de radiación global (IRG) (izquierda) e índice de área foliar (IAF) (derecha) con la supervivencia de plantas de ruil para las unidades experimentales sin malla de protección artificial.

Sin embargo, la malla de protección sí muestra que la supervivencia de ruil es significativamente mayor, como resultado de las condiciones de micro ambiente, modificadas hacia oscilaciones térmicas y temperaturas máximas diarias menores, mayores valores de humedad relativa y modificaciones al ambiente lumínico. Esto permite a la planta manejar la radiación incidente junto al déficit hídrico que se produce en el periodo estival.

5.3. Objetivo específico 3: Determinar el efecto de la aplicación de fertilización de apoyo sobre plantas de *N. alessandrii* establecidas con distinto volumen de contenedor y nivel de protección solar.

El estado inicial del ensayo del predio La Montaña, en donde las plantas presentaban 3 temporadas de crecimiento tras las actividades de plantación, con descritos en la tabla 11.

Tabla 11. Supervivencia, diámetro de cuello (DAC;mm) y longitud de tallo (LT; cm), en plantas de ruil en el Predio La Montaña, al momento de la fertilización.

Promedio $\pm$ Desviación estándar.

	SUPERVIVENCIA	DAC	LT
TRATAMIENTO	OCT 2013	OCT 2013	OCT 2013
Con fertilización	96,6 $\pm$ 1,2	8,9 $\pm$ 2,8	117,5 $\pm$ 19,1
Sin fertilización	99,3 $\pm$ 1,2	10,3 $\pm$ 0,8	142,8 $\pm$ 12,0

En función de los resultados obtenidos durante el periodo de crecimiento octubre 2013 a mayo 2014, como repuesta al tratamiento de fertilización realizado, se realizó el aplazamiento del tratamiento de fertilización propuesto para la temporada 2014. En su reemplazo se realizó la evaluación de las respuestas en supervivencia, e incrementos en diámetro y altura

como producto de la fertilización realizada en octubre de 2013. Esta evaluación fue realizada en noviembre 2014 y reiterada luego en abril de 2015.

La respuesta en la supervivencia de las plantas, tras la aplicación de los tratamientos de fertilización realizados en octubre de 2013, no mostró efectos significativos, sin embargo, se logró observar una mayor mortalidad (27%) trascurrida la primera temporada de crecimiento inmediatamente retirada la malla de protección (octubre 2013 a mayo 2014), donde tras una segunda temporada la supervivencia de las plantas fue de un $62 \pm 19\%$ (Gráfico 16).

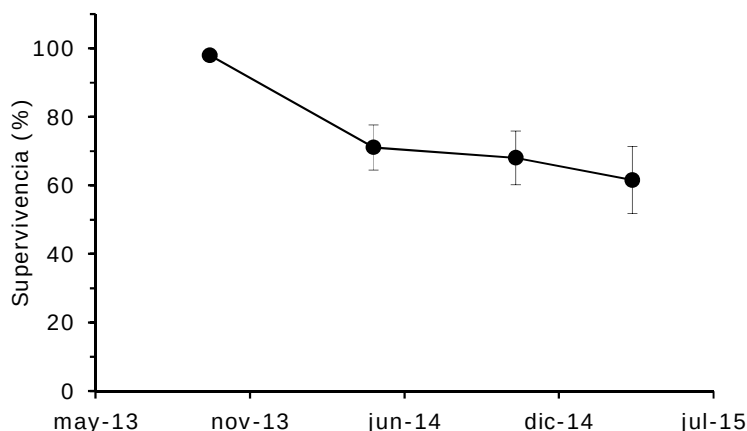


Gráfico 16. Respuesta en supervivencia en ensayo de campo, transcurridas 2 temporadas de crecimiento tras fertilización. Barras indican error estándar (n=3).

Para las variables diámetro de cuello y longitud de tallo, no se observó una diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización aplicados en campo, sin embargo, esto se debería principalmente a las diferencias existentes en los tamaños de plantas previos a la aplicación de los tratamientos.

A fin de contrarrestar este efecto asociado al tamaño de la planta, se realizó la relativización de los incrementos en tamaño, en función al tamaño inicial de las plantas previo a la aplicación de los tratamientos de fertilización.

Las respuestas del incremento corriente en diámetro de cuello relativo al tamaño inicial de las plantas, evidenció un mayor incremento asociado a plantas no fertilizadas, entre el periodo octubre 2013 a mayo 2014, sin embargo, para el resto de los periodos evaluados no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización aplicados (Gráfico 17).

Para el caso de los incrementos en corriente relativo de la longitud de tallo, se observó que en el periodo mayo 2014 a noviembre 2014, hubo respuestas significativas a los tratamientos de fertilización, donde plantas fertilizadas incrementaron su longitud de tallo más que aquellas plantas no

fertilizadas. Para el resto de los periodos evaluados no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Grafico 18).

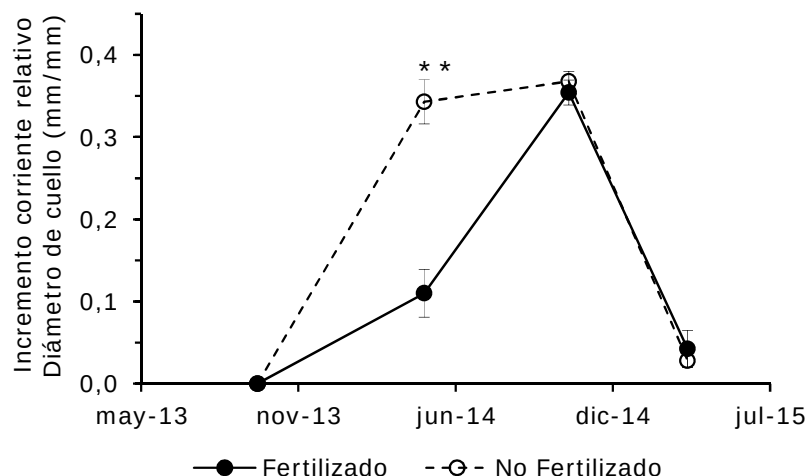


Gráfico 17. Respuesta en el incremento corriente del diámetro de cuello relativo al tamaño inicial en plantas de ruil fertilizadas y no fertilizada, transcurridas 2 temporadas de crecimiento tras fertilización. Barras indican error estándar (n=3). **: $P < 0,01$.

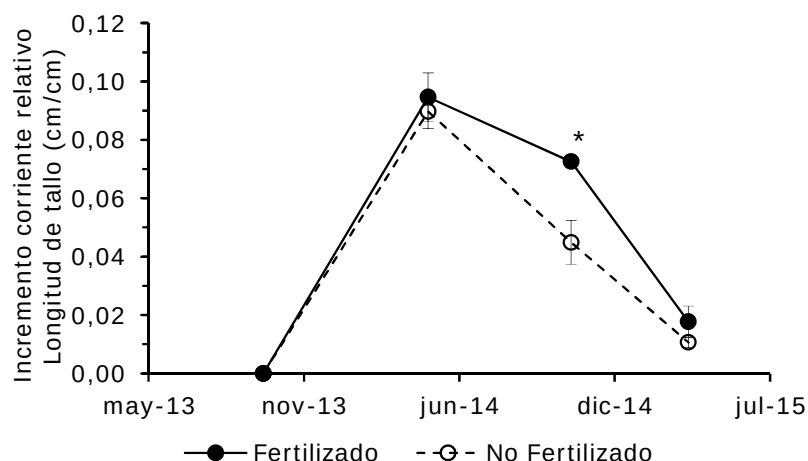


Gráfico 18. Respuesta en el incremento corriente de la longitud de tallo relativo al tamaño inicial en plantas de ruil fertilizadas y no fertilizada, transcurridas 2 temporadas de crecimiento tras fertilización. Barras indican error estándar (n=3). *: $P < 0,05$.

- 5.4. Objetivo específico 4: Desarrollar una tabla de bonificación para la recuperación y restauración de los bosques de preservación de *N. alessandrii*, basados en las variables de densidad, tratamiento silvicultural y estado del recurso.

5.4.1. Estimaciones de rendimientos y costos para las actividades de enriquecimiento de *N. alessandrii* en bosques de preservación.

- Habilitación de sitio para el enriquecimiento:
 - o Eliminación de especies exóticas: para esta actividad se estima un rendimiento promedio para una cuadrilla de trabajo (4 personas más 1 jefe de faena) de 1 ha/jornada. Donde, dentro de sus actividades se considera ya sea la corta de especies exóticas (para el caso de individuos de menor tamaño) y el anillamiento (para el caso de individuos de mayor tamaño).
 - o Roce y levante a la casilla de plantación: se considera un rendimiento promedio de 10 casillas/hora (6 minutos por cada casilla, incluidos los desplazamientos entre casillas), si consideramos una jornada efectiva de trabajo en campo de 7,5 horas día⁻¹ en donde una cuadrilla de trabajo en campo está comprendida por 4 personas (sin considerar el jefe de faena), se obtiene un rendimiento diario por cuadrilla de trabajo de 300 casillas día⁻¹.
- Enriquecimiento ecológico: en esta actividad se consideran todos los costos y rendimientos de aquellas actividades que favorecerían el establecimiento de *N. alessandrii* durante las actividades de enriquecimiento, entre las que se detallan:
 - o Costos por producción de plantas: corresponde al costo de producción de planta desde la compra de las semillas hasta el mantenimiento de las plantas en vivero. Los ítems de gastos considerados corresponden a:
 - Compra de semillas de *N. alessandrii*: corresponden a los costos incurridos en la compra de semillas.

Este costo corresponde al precio de venta informado por el Centro de Semillas, Genética y Entomología (CONAF), en donde para el año 2013 el precio de venta de semillas de *N. alessandrii* alcanzaría aproximadamente \$550.000.- (+ I.V.A.) por kg de semilla, proyectando un alza equivalente al 7% como reajuste para el año 2014, el costo ascendería a \$583.000 por kg de semilla (\$693.770 I.V.A incl.). Sin embargo, si se considera que la disponibilidad de semillas de *N. alessandrii* resulta ser muy escasa y ante la necesidad de obtener semillas para una eventual producción de plantas desde otro proveedor, se recomienda multiplicar el valor indicado

anteriormente por un factor equivalente a 1,2 obteniendo un costo por kg de semillas de \$832.524.-

- Costos por siembra: corresponden a los costos que se incurren para el llenado de bandejas y siembra de las mismas.

Resulta necesario considerar que la capacidad germinativa de semillas de *N. alessandrii* alcanzaría en promedio al 39,18%, con una viabilidad de semilla del 21,21% y una cantidad promedio de 107.659 semillas kg^{-1} (Tabla 12).

Es decir por cada kilogramo de semillas de *N. alessandrii*, se lograría una producción promedio de 8.947 plantas, lo que al considerar un 15% por concepto de pérdida y clasificación, se lograría una producción final del 7.605 plantas por cada kg de semilla.

Considerando un costo por jornal equivalente a \$15.000.- brutos, con rendimientos equivalentes a 100 bandejas jornal^{-1} para el caso del llenado de bandejas y rendimientos de 50 bandejas jornal^{-1} para el caso de siembra, por tanto, por concepto de llenado y posterior siembra se obtendría un rendimiento promedio de 33 bandejas jornal^{-1} .

Sin embargo, cabe destacar que para lograr una producción final de 7.605 plantas es necesario realizar la siembra de 22.834 semillas, lo que equivaldría a 8 jornales.

Tabla 12. Características de semillas y del proceso de germinación para *N. alessandrii* de diferentes procedencias.

Se indican valores promedios y desviaciones estándar.

PROCEDENCIAS	CANTIDAD DE SEMILLAS POR kg	VIABILIDAD (%)	CAPACIDAD GERMINATIVA (%)	REFERENCIA
Curepto, Chanco, Empedrado, Coipué	107.615 ($\pm$ 12.788)	10,25 ($\pm$ 2,99)	36,40 ($\pm$ 15,56)	Landaeta, 1981
Lo Ramírez, Coipué, Quivolgo, El Desprecio, Cauquenes	110.202 ($\pm$ 16.724)	---	79,04 ($\pm$ 21,12)	Santelices, 2009
Lo Ramirez	120.482 ($\pm$ 1.576)	17,90 ($\pm$ 0,46)	72,73 ($\pm$ 10,26)	Santelices, 2009
R.N. Los Ruiles	100.046 ($\pm$ ---)	---	7,45 ($\pm$ 3,11)	INFOR, 2009
Chanco		18,00 ($\pm$ ---)	6,47 ($\pm$ 5,19)	Rocuant, 1984
Huelón Alto, Lo Ramirez, Empedrado, R.N. Los Ruiles	99.950 ($\pm$ 7.912)	38,7 ($\pm$ 16,0)	33,00 ($\pm$ 27,41)	Navarro et al., 2013
Promedios	107.659 ($\pm$ 8.489)	21,21 ($\pm$ 12,21)	39,18 ($\pm$ 31,10)	

- Costo por sustrato: equivalente a \$30.000.- (+ I.V.A.) por m³ de corteza de pino compostada, con un promedio de 12 sacos por m³ y un rendimiento en el llenado de 7 bandejas por saco, es decir, 84 bandejas por m³ de sustrato. Considerando la capacidad germinativa de las semillas se requerirían llenar 272 bandejas. El costo por sustrato alcanzaría los \$115.544 (I.V.A. incl.).
- Costos de fertilizantes: durante la etapa de producción de plantas en este estudio, fue posible obtener por bandeja de 84 cavidad y 130 ml de volumen, que la cantidad de agua retenida por el sustrato considerando riegos equivalentes al 50% de la capacidad de retención de agua del sustrato, correspondiendo este a 1,32 L bandeja⁻¹. Durante el periodo de ensayo los riegos fueron realizados utilizando regadera, obteniendo una eficiencia de riego equivalente al 50%. Bajo este contexto si se considera un riego por medio de sistemas de aspersión esta eficiencia se pudiera reducir a valores equivalentes al 25%, por lo que resultaría necesaria la aplicación de 5,28 L bandeja⁻¹.

En este mismo estudio la concentración de fertilizante utilizada durante la producción fue equivalente a 2.500 mg de N L⁻¹, lo que se traduce en 0,873 g de fertilizante

por planta (en este caso fertilizante Ultrasol multipropósito 18-18-18). El cual tiene un costo promedio de \$1.000 + I.V.A. por kg de fertilizante.

Por lo que para la producción de 8.947 plantas, las que posterior a perdidas y clasificación se obtendrían 7.605 plantas, resulta necesario aproximadamente 7,81 kg de fertilizantes.

- Costos por sistema de riego: corresponde al costo de mantener en funcionamiento un sistema de riego (no considera el costo por consumo de agua), considerando un funcionamiento promedio de 30 minutos diarios (2 riegos de 15 minutos cada uno) para un sistema de riego por aspersión, con una bomba de tamaño mediano de 1 kW, en 1 mes (30 días), se obtendría un consumo de 15 kWh al mes.

Si consideramos un costo promedio de 0,696\$ kWh⁻¹ como “Cargo Único por Uso del Sistema Troncal” y un costo promedio de 105,73\$ kWh⁻¹ como “Cargo energía base”, y sin considerar los costos fijos ni sobre cargos por consumo superior al base el costo de consumo de electricidad es de 106,43 \$ kWh⁻¹ (utilizando como referencias las comunas de Talca, Linares y Curicó⁸).

Por lo tanto el costo de energía eléctrica que se incurre debido al funcionamiento de un motor eléctrico es de \$1.597.- mensuales (I.V.A. incluido).

- Costos por mano de obra de mantención: si se considera que 1 jornal es capaz de realizar labores de mantención a 1.000 bandejas, la producción de 8.947 plantas equivaldría a la mantención de 107 bandejas, es decir, un equivalente al 10,7% de su carga de trabajo.

Si se considera un ingreso bruto de \$300.000.- mensuales, el costo mensual de mantención de las plantas resulta equivalente a \$32.100.-

Cabe señalar que la temporada de producción de plantas corresponde al periodo comprendido entre septiembre a mayo (9 meses).

⁸ Tarifa de suministro eléctrico – 1 agosto 2014. CGE distribución S.A. Disponible en: <http://www.cgedistribucion.cl/>

Los costos estimados para la producción de 7.605 plantas son presentados en la Tabla 13, así como el costo por planta estimado.

Tabla 13. Costos estimados para la producción de *N. alessandrii*, para la estimación del costo por planta.

ITEM DE GASTO	COSTO UNITARIO (\$)	CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)
Compra de semillas de <i>N. alessandrii</i> .	832.524	1	832.524
Costos de siembra	15.000	8	120.000
Costo de sustrato	115.544	1	115.544
Costo de fertilizantes	1.190	7,81	9.294
Costo mano de obra de mantención en vivero	32.100	9	288.900
Costos por riego	1.597	9	14.373
		Subtotal 1	1.380.635
		Utilidades (15%)	207.095
		Subtotal 2	1.587.730
		I.V.A. (19%)	301,669
		Total	1.889.399
		Total de plantas producidas	7.605
		Precio por planta	285

- Construcción de casilla + plantación + fertilización al establecimiento: se considera un rendimiento promedio de 10 plantas hora⁻¹ (6 minutos por cada planta, incluidos los desplazamientos entre lugar de plantación), y si consideramos una jornada efectiva de trabajo en campo de 7,5 horas día⁻¹ en donde la cuadrilla de trabajo en campo está conformada por 4 personas (sin considerar el jefe de faena), se obtiene un rendimiento diario por cuadrilla de trabajo de 300 plantas día⁻¹.

Adicionalmente debe ser considerado en costo del fertilizante, el cual tiene un costo promedio de \$50.000.- (más I.V.A.) por saco de 25 kg, si consideramos la aplicación de 20 g planta⁻¹, se obtendría un costo promedio de fertilizantes por planta de \$48 y un costo por planta de \$285. Por lo que el costo final de insumos por planta es de \$333.-

- Construcción de casilla + plantación + fertilización + aplicación de gel hidratante al establecimiento: se considera un rendimiento promedio de 8 plantas hora⁻¹ (7,2 minutos por cada planta, incluidos los desplazamientos entre lugar de plantación), y si consideramos una jornada efectiva de trabajo en campo de 7,5 horas día⁻¹ en donde la cuadrilla de trabajo en campo está conformada por 4 personas (sin considerar el jefe de faena), se obtiene un rendimiento diario por cuadrilla de trabajo de 250 plantas día⁻¹.

Adicionalmente debe ser considerado el costo del fertilizante, el cual tiene un costo promedio de \$50.000.- (más I.V.A.) por saco de 25 kg,

si consideramos la aplicación de 20 g planta⁻¹, se obtendría un costo promedio de fertilizantes por planta de \$48.-. El costo por gel hidratante el cual puede ser adquirido a \$7.000.- (más I.V.A.) por kg de producto, al realizar una aplicación de 2 g planta⁻¹, el costo del gel hidratante por planta es de \$17 y un costo por planta de \$285. Por lo que el costo final de insumos por planta es de \$350.-

- Actividades de fertilización post-establecimiento: si consideramos que gran parte del tiempo utilizado en esta actividad corresponde al movimiento que se realizaría entre las plantas, en donde se pudiera estimar aproximadamente 2 minutos/planta, para el caso de una cuadrilla de trabajo (4 personas, sin considerar el jefe de faena), y una jornada efectiva de trabajo en campo de 7,5 horas/día, se obtendría un rendimiento para la fertilización a la casilla de plantación de 900 plantas/día.

Considerado en costo del fertilizante el cual tiene un costo promedio de \$50.000.- (más I.V.A.) por saco de 25 kg, si consideramos la aplicación de 20 g planta⁻¹, se obtendría un costo promedio por planta de \$48.-

- Instalación de protectores individuales: para esta actividad se considera la instalación de malla del tipo raschel con un 80% de cobertura con 3 tutores y una altura de malla de 1m. La estimación de costos de actividad incluye la compra de materiales como el rendimiento durante la instalación de los protectores.

Los costos de insumos asociados a estos protectores corresponden a: estacas, malla tipo raschel (80% cobertura), corte y zurcido de mallas, en donde por malla se incurre en un costo promedio de 400 \$ malla⁻¹ por concepto de materiales, \$200 malla⁻¹ por concepto de zurcido, 500 \$ malla⁻¹ por concepto de materiales para su instalación (estacas), es decir que el costo por malla alcanzaría unos \$1.100.-

Para el caso de los rendimientos en la instalación de mallas, se podría estimar que tardaría 3 minutos planta⁻¹ (considerando instalación y traslado), por lo que una cuadrilla de trabajo en campo (4 personas, sin considerar el jefe de faena) en una jornada de trabajo efectiva en campo de 7,5 horas día⁻¹, realizaría la instalación de mallas a 600 plantas día⁻¹.

- Construcción de cerco perimetral al área de plantación: para este ítem es posible considerar la construcción de 2 tipos de cercos, cada uno con costos diferenciados.
 - o Cerco alambre de púas de 4 hebras y postes de 2 - 3" cada 3 metros: para este ítem de gasto los materiales involucrados corresponden a: Alambre de púas (\$49.990.- por rollo de

500m), polines 2-3" (\$1.990 c/u), grapas galvanizadas (\$3.180 por kg). Donde, por cada 1 km de construcción de cerco se requieren: 8 Rollos de alambre de púas de 500 m, 334 postes de 2-3", aproximadamente 5 kg de grapas galvanizadas. A esto se debe considerar los costos por traslado, si consideramos una distancia máxima de 200 km y un costo por transporte de \$1.000.- (+ I.V.A.) para un camión de 3.500 a 4.500 kg de carga. Por tanto, el costo de materiales de construcción de un cerco puestos en el lugar de obra alcanzaría a \$1.321.820/km.-

- o Cerco de malla URSUS de 6 hebras y postes de 2 - 3" cada 3 metros: para este ítem de gasto los materiales involucrados corresponden a: malla URSUS de 6 hebras (\$58.000.- + I.V.A. por rollo de 100 m), polines 2-3" (\$1.990 c/u), grapas galvanizadas (\$3.180 por kg). En donde por cada 1 km de construcción de cerco se requieren: 10 Rollos de alambre de púas de 100 m, 334 postes de 2-3", aproximadamente 10 kg de grapas galvanizadas. A esto se debe considerar los costos por traslado, si consideramos una distancia máxima de 200 km y un costo por transporte de \$1.000.- (+ I.V.A.) para un camión de 3.500 a 4.500 kg de carga. Por tanto, el costo de materiales de construcción de un cerco puestos en el lugar de obra alcanzaría a \$1.628.000/Km.-
- o Rendimientos por construcción de cercos: referente a los rendimientos de construcción, por cada kilómetro de cerco se considerarían en promedio 12 jornadas de una cuadrilla de trabajo (4 personas, sin considerar el jefe de faena).

El resumen de los rendimientos por actividades a realizar en el enriquecimiento de *N. alessandrii* son presentados en la Tabla 14, así como el resumen de costos de insumos el cual se presentan en la Tabla 15.

Tabla 14. Resumen de rendimientos por actividad a realizar en el enriquecimiento de *N. alessandrii*.

ACTIVIDAD	UNIDAD	RENDIMIENTO
Rendimiento en roce y levante a la casilla de plantación	casillas día ⁻¹	300
Eliminación de especies exóticas	días ha ⁻¹	1
Plantación + casilla + fertilización al establecimiento	plantas día ⁻¹	300
Plantación + casilla + fertilización + gel hidratante al establecimiento	plantas día ⁻¹	250
Fertilización post-establecimiento	plantas día ⁻¹	900
Instalación de protectores solares	plantas día ⁻¹	600
Instalación de cercos perimetrales	días km ⁻¹	12

Tabla 15. Resumen de costos por insumos por actividad a realizar en el enriquecimiento de *N. alessandrii* en bosque de preservación.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO
Rendimiento en roce y levante a la casilla de plantación	No requiere compra de insumos.	---	---
Eliminación de especies exóticas	No requiere compra de insumos.	---	---
Plantación + casilla + fertilización al establecimiento	Incluye: costo por planta + costo fertilizante.	\$ planta ⁻¹	333
Plantación + casilla + fertilización + gel hidratante al establecimiento	Incluye: costo por planta + costo fertilizante + costo gel hidratante.	\$ planta ⁻¹	350
Fertilización post-establecimiento	Incluye: costo por fertilizante.	\$ planta ⁻¹	48
Instalación de protectores solares	Incluye: costos por mano de obra de confección, estacas y malla.	\$ planta ⁻¹	1.100
Instalación de cercos perimetrales (Alambre de púas)	Incluyen: costos por compra de alambre de púas, grapas galvanizadas y polines impregnados.	\$ km ⁻¹	1.321.820
Instalación de cercos perimetrales (Malla URSUS)	Incluyen: costos por compra de malla URSUS, grapas galvanizadas y polines impregnados.	\$ km ⁻¹	1.628.000

- Gastos bases de operación en campo: se refiere a aquellos gastos que se incurren debido al traslado y operación en campo de una cuadrilla de 5 personas por un día de trabajo en campo, independiente la actividad que ellos realicen. Los ítems de costos asociados a este corresponden a:
 - o Arriendo de vehículos: costo por arriendo de vehículo doble tracción con capacidad para 5 pasajeros (cuadrilla de trabajo en campo).
 - o Combustibles: considerando un recorrido máximo diario de 400 km, con un rendimiento promedio de 10 km L-1 de combustible (diésel), y un precio por litro de combustible equivalente a \$697, lo que se traduciría un costo equivalente a \$27.880.-
 - o Peajes: corresponden a los costos incurridos por concepto de pago de peajes, equivalentes a un máximo diario de \$5.000.-.
 - o Honorarios de cuadrilla de trabajo tipo: considerando los costos brutos por jornada hombre de \$17.500.- para el caso de personal para roce con experiencia en plantación (3 personas), \$27.500.- para el caso de motosierrista con experiencia en plantación (1 persona) y \$22.500.- para el caso del jefe de faenas (1 persona).
 - o Alimentación de cuadrilla de trabajo: corresponden a los costos que se incurren por concepto de alimentación (almuerzos) de la

cuadrilla de trabajo, correspondiente a \$2.500.- (+ I.V.A.) por persona.

Los costos estimados son presentados en la Tabla 16.

Tabla 16. Costos estimados para operaciones de cuadrilla de trabajo tipo para actividades de enriquecimiento de *N. alessandrii* en bosques de preservación.

ITEM DE GASTO	COSTO UNITARIO (\$)	CANTIDAD	SUBTOTAL (\$)
Arriendo de camioneta	53.550	1	53.550
Combustible	27.880	1	27.880
Peajes	5.000	1	5.000
Honorarios cuadrilla de trabajo	67.500	1	67.500
Viáticos	2.975	5	14.875
Subtotal 1			168.805
Utilidades (15%)			25.321
Subtotal 2			194.126
I.V.A. (19%)			36.884
Total			231.010

5.4.2. Propuesta de funciones de costos para la bonificación de actividades requeridas en el enriquecimiento de *N. alessandrii* en bosques de preservación.

Para establecer las funciones de costos se deben considerar tanto los costos por insumos como los rendimientos y superficie a realizar el manejo, por lo que una función de costos presentará la siguiente estructura:

$$\begin{aligned}
 T_1(día) &= C_1(h) \times \sum \left[\frac{D(p \quad h^{-1})}{R_1(c \quad día^{-1}; p \quad día^{-1})} \right] \\
 T_2(día) &= \sum [C_2(k) \times R_2(día \quad k^{-1})] \\
 T_3(día) &= \sum [C_1(h) \times R_3(día \quad h^{-1})] \\
 T(día) &= T_1 + T_2 + T_3 \\
 C(U, a \quad 2) &= \frac{\sum [C_1 \times D \times C_1] + \sum [C_2 \times C_2]}{4.2 \quad (\$ U^{-1})} + C(U \quad día^{-1}) \times T
 \end{aligned}$$

Dónde:

Total de jornadas (TJ): corresponde al total de días en terreno para la ejecución de actividades en campo. Diferenciado en TJ₁ para el caso de cálculos de jornadas de trabajo dependientes de la densidad de plantación, TJ₂ para el caso de jornadas de trabajo en construcción de cercos y TJ₃ para el caso de jornadas de trabajo en actividades de eliminación de especies exóticas, referidas en el cuadro 4.

Cantidad 1 (C₁): corresponde a la superficie de bosque en el que se realizarán las actividades de enriquecimiento.

Cantidad 2 (C_2): Corresponde a la distancia de cerco perimetral a construir para la exclusión de acceso a animales y personas al sitio de enriquecimiento.

Rendimiento (R): Corresponde a los rendimientos de las actividades realizadas en campo. Que para el caso de R_1 corresponden a rendimientos en casillas día^{-1} o bien plantas día^{-1} . R_2 , corresponde a los rendimientos en construcción de cercos (días km^{-1}) y R_3 , corresponde al rendimiento en actividades de eliminación de especies exóticas en el área de enriquecimiento.

Densidad de establecimiento (D): Corresponde a la cantidad de plantas por hectárea a establecer (plantas ha^{-1}), en el sitio de enriquecimiento.

Costo total (CT): Corresponde al costo total por las actividades a realizar en campo, expresado en UTM (Agosto 2014).

Costos por insumos (CI): Corresponde a los costos de insumos asociados a las actividades realizadas en campo para el enriquecimiento, donde CI_1 , corresponde a los costos de insumos dependientes de la densidad de establecimiento y CI_2 , corresponden a los costos de insumos dependientes de la distancia de cerco perimetral a construir.

Costos por día de terreno (CDT): Corresponde a los costos asociados a las actividades realizadas en campo, el cual tiene un costo de $5,472 \text{ UTM día}^{-1}$ (UTM agosto 2014).

5.4.3. Comparaciones en estimación de costos.

Se realizó la comparación entre los máximos bonificables para las actividades referidas en el inciso segundo del artículo N°22 de la Ley N° 20.283 sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal, por medio del Decreto Supremo N°46 del 8 de julio de 2013 (Tabla 17), con los costos estimados en el presente informe, a fin de establecer el porcentaje de bonificación que actualmente se establece para las actividades de enriquecimiento ecológico de *N. alessandrii* en bosques de preservación.

Tabla 17. Resumen de costos por insumos por actividad a realizar en el enriquecimiento de *N. alessandrii* en bosque de preservación

ACTIVIDADES	UNIDAD	MÁXIMO BONIFICABLE
Control o eliminación de especies vegetales exóticas invasoras	UTM ha^{-1}	4,04
Enriquecimiento ecológico:		
100 pl ha^{-1}	UTM ha^{-1}	1,99
330 pl ha^{-1}	UTM ha^{-1}	5,00
Corta sanitaria	UTM ha^{-1}	2,00
Exclusión y protección mediante cercos		
Cerco alambre de púas (4 hebras, postes 2-3" cada 3 m)	UTM km^{-1}	31,62
Cerco malla URSUS (6 hebras, postes 2-3" cada 3 m)	UTM km^{-1}	39,79

A fin de realizar la comparación de los costos incurridos en las actividades propuestas se realizó la estimación de bonificación considerando las actividades a realizar presentadas en el tabla 18, las comparaciones fueron

realizadas para 2 opciones de actividades las cuales difieren en la necesidad de instalación de mallas de protección al establecimiento.

- Opción 1 – las actividades consideradas corresponden a las posibles actividades requeridas en condiciones de degradación tales que se presentarían niveles de cobertura arbórea menores al 25%, es decir, no considerada dentro de la definición legal de bosque. Dentro de las actividades recomendadas se indicarían:
 - o Eliminación de especies exóticas dentro del bosque de preservación.
 - o Roce y levante a la casilla de plantación.
 - o Plantación con preparación de suelo en la casilla de plantación, con aplicación de fertilizantes (20g planta^{-1}) y gel hidratante (2 g planta^{-1}).
 - o Instalación de protectores individuales al establecimiento, consistente en una malla del tipo raschel (80% de cobertura, 3 tutores y altura de 1m).
 - o Fertilización posterior al establecimiento, considerado una disponibilidad de nutrientes para la segunda temporada.
- Opción 2 – las actividades consideradas corresponderían a las posibles actividades requeridas en condiciones de degradación tales que se presentarían niveles de cobertura arbórea mayores al 25%, es decir, considerada dentro de la definición legal de bosque. En relación a la opción 1 de manejo, en la opción 2 no se incorpora la instalación de mallas de protección, aplicación de gel hidratante al establecimiento y fertilizaciones post establecimiento. Esto dado que, en teoría la propia cobertura existente en el bosque sería suficiente para proporcionar la protección otorgada por la malla de protección que requiere *N. alesandrii*; a su vez, considerando la condición de mayor cobertura dada por el mismo bosque favorecerían una mayor humedad del suelo y disponibilidad de agua, por lo tanto, no se requeriría la aplicación de gel hidratante al establecimiento. Respecto a la omisión de fertilizantes post plantación, se asume que la condición de bosque proporcionaría una mayor disponibilidad de nutrientes en temporadas posteriores a la de establecimiento dada por la materia orgánica generada por el mismo bosque. Considerando lo anterior, las actividades contempladas para esta opción solo corresponden a casos hipotéticos. Dentro de las actividades se indicarían:
 - o Eliminación de especies exóticas dentro del bosque de preservación.
 - o Roce y levante a la casilla de plantación.
 - o Plantación con preparación de suelo en la casilla de plantación, con aplicación de fertilizantes al establecimiento (20g planta^{-1}).

Los resultados obtenidos indican que, para el caso de las actividades de eliminación de especies exóticas dentro de las áreas de enriquecimiento en

el marco de la Ley 20.283 se obtendría una bonificación equivalente al 74% de los costos incurridos para esta actividad.

Mientras para el caso de las actividades de enriquecimiento se podría obtener una bonificación de hasta un 45 % de los costos incurridos, entendiendo que mientras más intensivo resulte ser el manejo y la densidad de enriquecimiento el porcentaje que se cubriría por parte de la bonificación en esta actividad resultaría ser menor.

Para el caso de las protecciones perimetrales por medio de la instalación de cerco, la bonificación obtenida para esta actividad pudiera estar entre un 33% para el caso de cercos contruidos con alambres de púas y un 38% para el caso de cerco de malla tipo URSUS.

Tabla 18. Comparación en estimación entre el costo estimado de las actividades a realizar en actividades de enriquecimiento de *N. alessandrii* y monto máximo bonificación actual (periodo 2014) para actividades en bosques de preservación según la Ley 20.283.

OPCIÓN DE MANEJO	ACTIVIDAD CONSIDERADA EN LAS ESTIMACIONES DE COSTOS	ACTIVIDAD CONSIDERADA A BONIFICACIÓN	COSTO ESTIMADO (\$)		MÁXIMO BONIFICACION (\$)		MÁXIMO BONIFICACION (%)	
			pl ha ⁻¹					
			100	330	100	330	100	330
1	Eliminación de especies exóticas (1 ha)	Control o eliminación de especies vegetales exóticas invasoras (1 ha)	231.010	231.010	170.569	170.569	74	74
	Rendimiento en roce y levante a la casilla de plantación	Enriquecimiento ecológico	77.003	254.111	84.018	211.100	22	17
	Plantación + casilla + fertilización al establecimiento + gel hidratante		127.404	420.433				
	Instalación de protectores solares		148.502	490.056				
	Fertilización posterior al establecimiento		30.468	100.544				
2	Eliminación de especies exóticas (1 ha)	Control o eliminación de especies vegetales exóticas invasoras (1 ha)	231.010	231.010	170.569	170.569	74	74
	Rendimiento en roce y levante a la casilla de plantación	Enriquecimiento ecológico	77.003	254.111	84.018	211.100	45	34
	Plantación + casilla + fertilización		110.303	364.001				
1 - 2	Instalación de cercos perimetrales (Alambre de púas) (1 km)	Exclusión y protección mediante cercos (Alambre de púas) (1 km)	4.093.940		1.334.996		33	
1 - 2	Instalación de cercos perimetrales (Malla URSUS) (1 km)	Exclusión y protección mediante cercos (Malla URSUS) (1 km)	4.400.120		1.679.934		38	

6. Discusión de resultados

6.1. Objetivo específico 1: Determinar los estándares de calidad de planta de *N. alessandrii* que favorezcan su desarrollo en terreno.

Los resultados obtenidos en la fase de vivero a los tratamientos implementados durante el cultivo, produjeron un amplio rango de atributos morfológicos, con longitudes de tallo promedio que oscilaron entre los 14 y 56 cm, diámetros de cuellos medios entre 3,8 y 5,5 mm, y biomاسas totales entre 1,6 a 7,6 g. Este hecho está justificado ya que cuando el riego no es limitante, la fertilización, el contenedor y el sustrato son los elementos de cultivo que mayoritariamente condicionan desarrollo de las plantas (Villar-Salvador, 2003), siendo sólo el sustrato el único factor no evaluado en este ensayo.

Los atributos morfológicos obtenidos, al situarlos en contextos con otras investigaciones muestran que, las longitudes de tallo finales obtenidas para los tratamientos con nitrógeno son superiores a las obtenidas por Santelices et al. (2011b) para la especie, quienes con tratamientos de fertilización a base de Osmocote® en tasas de 4, 6 y 10 g L⁻¹ de sustrato, obtuvieron 28, 30 y 29 cm de longitud de tallo, respectivamente, en similar periodo de viverización y contenedor (140 ml). Sin embargo, son similares a los obtenidos por Bustos et al (2008) para *Nothofagus nervosa* con el mismo producto pero en dosis de 5 y 7,5 kg m⁻³ de sustrato utilizado, también en similar periodo de viverización y contenedor (130 ml).

El diámetro de cuello de plantas, es indicado como uno de los más importantes atributos para predecir el desarrollo posterior de las plantas posteriormente en terreno (Mexal & Landis, 1990; Mexal et al., 2002). En Chile, la Norma Chilena de material de propagación de uso forestal para raulí (NCh2057/0.Of2006) establece valores de longitud de tallo entre 25-35 cm, diámetros de cuello superiores a 3 mm y un volumen mínimo de 135 ml. En este contexto, sólo la longitud del tallo de las plantas del tratamiento de 0 mg L⁻¹ no estaría dentro de estos estándares (14 cm), ya que el diámetro medio obtenido fue de 3,8 mm para este tratamiento. El volumen de 130 ml contenedor y un tratamiento de fertilización de nitrógeno de al menos 200 mg L⁻¹, genera plantas con atributos morfológicos dentro de esta norma para esta especie en un periodo de 8 meses de viverización.

La distribución relativa de biomasa obtenida para los tratamientos con nitrógeno son muy cercano a los obtenidos por Santelices et al., (2011b) para los tratamientos de 4, 6 y 10 g L⁻¹ de Osmocote®, con un 71% y 29% de biomasa aérea y radical, respectivamente.

Cortina et al. (2006) sugiere para especies de climas mediterráneos como *Quercus ilex*, *Quercus coccifera* un índice de esbeltez entre 4-7 y relación biomasa aérea y radical entre 0,5-1. Respecto de estos rangos, sólo el tratamiento sin nitrógeno estaría dentro del rango para estos índices, no obstante, dichas especies se desarrollan en sitios con precipitaciones del

orden de 400 mm anuales y no con los 782 mm de la zona de Curepto en donde las plantas fueron evaluadas.

Desde el punto de vista nutricional, al aplicar 0 ó 200 mg L⁻¹ de nitrógeno, se generan estadísticamente las mismas concentraciones de nitrógeno en planta completa para estos dos tratamientos, sin embargo, al comparar de 0 y 200 mg L⁻¹, para este último se logra un estado nutricional de "suficiencia" (Timmer, 1991; Haase & Rose, 1995; Imo & Timmer, 1997), ya que aumenta significativamente la biomasa (Gráfico 4) y la concentración se mantiene constante (Gráfico 7). Dicho de otra forma, al fertilizar con 200 mg L⁻¹ de nitrógeno, se logra satisfacer la demanda de nitrógeno para sustentar el crecimiento de plantas de ruil. Luego, al contrastar el tratamiento de 200 mg L⁻¹ con el grupo que mostraron mayores niveles de nitrógeno (400 y 600 mg L⁻¹), se generan dinámicas nutricionales de "consumo de lujo", ya que las masas de ambos tratamientos, y por ende los contenidos, son iguales, pero la concentración foliar de nitrógeno aumenta (indistintamente entre 400 y 600 mg L⁻¹), por lo que no solamente se sustenta el crecimiento, sino que además se pueden generar acumulaciones de nitrógeno a nivel de planta completa.

Por otra parte, la no aplicación de nitrógeno durante todo el proceso de viverización no se tradujo en una gran mortalidad de plantas bajo este esquema. Este hecho, evidencia una relativa tolerancia de la especie a condiciones nutricionales restrictivas, ya que para otras especies como *Eucalyptus globulus*, la no aplicación de fertilizantes se traduce en la muerte del total de plantas, utilizando compost de corteza de pino como medio de crecimiento. También, esto concuerda con lo que plantea San Martín et al., (2006) respecto a una alta eficiencia en el uso de nutrientes que se considera para ruil.

6.2. Objetivo específico 2: Evaluar el efecto de la cobertura natural y artificial sobre el desarrollo de plantas de *N. alessandrii* establecidas en rodales naturales de la especie.

Existe una tendencia general entre los profesionales de la restauración forestal en zonas mediterráneas a recurrir a plantas más bien pequeñas, rechazando en lo posible las de mayores dimensiones. El razonamiento en el que se basa dicho criterio es que una vez establecidas en terreno, las plantas de menor tamaño tenderán a utilizar menos agua que aquellas que tienen una parte aérea mayor, y por lo tanto a maximizar la supervivencia en ambientes con déficit hídrico (Thompson, 1985).

Al respecto, los resultados obtenidos para ruil bajo las condiciones evaluadas, apuntan a que las plantas que reciben una fertilización elevada, y que durante el proceso de producción logran mayores dimensiones y por tanto, presentan una concentración o un contenido (concentración x masa) de nutrientes minerales elevado en los tejidos sobrevivieron y crecieron más que las poco fertilizadas y con un estado nutricional pobre. Esto concuerda

con los resultados encontrados por van den Driessche, (1992); Oliet et al., (1997); Villar-Salvador et al., (2000).

En este sentido, los resultados en supervivencia transcurrida la primera temporada en campo para ruil, muestran la importancia de esquemas de fertilización con nitrógeno superior a 200 mg L^{-1} (que lograron 0,68% de N en planta completa) para maximizar esta respuesta bajo las condiciones evaluadas, ya que estas concentraciones logran las mayores tasas de supervivencia. Por lo que pese a las dinámicas nutricionales diferenciales entre 200 mg L^{-1} y resto de los tratamiento que suministraron nitrógeno (suficiencia y consumo de lujo respectivamente), la suficiencia de nitrógeno en la plantas de ruil aseguraría una mayor supervivencia en comparación a sí se utilizaran concentraciones menores.

Al respecto, en plantaciones de *P. halepensis* y de *Pseudotsuga menziesii* se ha observado que los brinzales con mayor concentración de nitrógeno foliar presentan una menor mortalidad (van den Driessche, 1988; Oliet et al. 1997). En *P. halepensis*, concentraciones de nitrógeno foliar inferiores a 16 mg g^{-1} (1,6%), aumentan la mortalidad en campo.

Por otra parte, si bien la supervivencia no evidenció incrementos significativos producto del aumento en la concentración de nitrógeno en la biomasa de las plantas de ruil, si lo hizo el crecimiento en longitud de tallo, ya que las plantas con 600 mg L^{-1} tuvieron una mayor respuesta en comparación a 400 y 200 mg L^{-1} .

De estos resultados se desprende que para ruil, el estado nutricional de las plantas es fundamental en el establecimiento y crecimiento post-plantación. En donde el nitrógeno es crucial, ya que es el elemento mineral más abundante en la planta y está implicado en procesos fisiológicos clave.

6.3. Objetivo específico 3: Determinar el efecto de la aplicación de fertilización de apoyo sobre plantas de *N. alessandrii* establecidas con distinto volumen de contenedor y nivel de protección solar.

Las diferencias observadas como efecto de la fertilización se traducirían en a un mayor incremento en la longitud de tallo en plantas de ruil fertilizadas, respuesta que se habría expresado durante el periodo de mayo de 2014 a noviembre de 2014, coincidiendo con el periodo de mayor disponibilidad hídrica en campo. Ruil, al tratarse de una especie caducifolia, esta respuesta en crecimiento debió haberse manifestado durante un crecimiento tardío en la época de otoño en respuesta a las primeras precipitaciones, previo a la caída del follaje, y posteriormente durante la primavera tras la reactivación y crecimiento del follaje de la temporada en respuesta a las mayor disponibilidad hídrica en suelo tras el periodo de precipitaciones.

Para el caso de la supervivencia de las plantas de ruil no se observó un efecto de la fertilización, sin embargo fue posible observar que tras la remoción de mallas realizada, las plantas de ruil presentaron una caída significativa en la supervivencia. Esta respuesta se debería al shock ocasionado producto de la remoción de la malla, efecto que solo se

manifestaría durante la primera temporada de déficit hídrico tras la remoción de la protección.

- 6.4. Objetivo específico 4: Desarrollar una tabla de bonificación para la recuperación y restauración de los bosques de preservación de *N. alessandrii*, basados en las variables de densidad, tratamiento silvicultural y estado del recurso.

Resulta importante para el actual estado de degradación de los bosques de *N. alessandrii* otorgar una mayor bonificación a la actualmente otorgada, a fin de incentivar ya sea a pequeños y medianos propietarios de bosques a realizar este enriquecimiento con fines de restauración de los bosques degradados. Situación que pudiera ser replicada para el enriquecimiento en bosques de preservación con otras especies en categoría de conservación.

7. Conclusiones y/o Recomendaciones

Si el objetivo de un programa de revegetación para el área de Curepto, fuese que plantas de ruil producidas en una temporada de viverización tuviesen la mayor tasa de supervivencia, además de un mayor crecimiento durante la primera temporada, los atributos morfo-fisiológicos que determinarían a estas plantas como de “calidad”, se lograrían con un manejo del nitrógeno durante el proceso de producción en vivero con 600 mg L^{-1} , indistintamente si la producción de plantas es realizada en contenedores de 130 o 280 ml.

Por otra parte, sí el objetivo de dicho programa fuese solo maximizar la supervivencia para la primera temporada de establecimiento, sería suficiente un manejo del nitrógeno en vivero mayor o igual a 200 mg L^{-1} , indistintamente del tamaño de contenedor (130 o 280 ml).

Al respecto, los atributos morfo-fisiológicos que maximizan la supervivencia y crecimiento serían, longitud de tallos de $54 \pm 3 \text{ cm}$, diámetros de cuello de $5,5 \pm 0,15 \text{ mm}$, biomasa total de $6,8 \pm 1,2 \text{ g}$ y concentraciones de nitrógeno a nivel de planta completa de $0,94 \pm 0,06 \%$.

Los mismos atributos que sólo maximizarían la supervivencia serían, longitud de tallos entre 45 y 54 cm, diámetros entre 5,1 y 5,5 mm, biomasa total entre 5,6 y 6,8 g y concentraciones de nitrógeno a nivel de planta completa de entre 0,64 y 0,94 %.

Estas respuestas morfo-fisiológicas necesariamente deben ser validadas en campo, ya que corresponden a valores generados en un solo ensayo.

La protección artificial producida por la instalación de “shelters” de mallas del tipo raschel de 80%, genera diferenciales en la supervivencia de plantas de ruil del orden del 37% tras la primera temporada de establecimiento en campo, independiente del esquema de producción de plantas utilizado en vivero.

Sin embargo, la protección artificial condiciona el crecimiento en longitud de tallo durante la primera de temporada, favoreciendo un mayor crecimiento para plantas producidas en contenedores de 280 ml. Sin mostrar efecto sobre el crecimiento en el diámetro de cuello de las plantas.

Para las condiciones evaluadas, la cobertura natural no evidenció alguna relación con la supervivencia de las plantas de ruil establecidas.

Las respuestas a la fertilización de apoyo en plantas de ruil establecidas darían las nociones suficientes acerca de la importancia en la disponibilidad hídrica en suelo junto al periodo de aplicación de fertilizantes, a objeto de que las respuestas se comiencen a manifestar in mediatamente aplicada la fertilización. Siendo la fertilización una práctica que manifestaría respuestas en el crecimiento de plantas establecidas, posible de aplicar a programas de recuperación y enriquecimiento de plantas.

A partir de los resultados obtenidos, es posible indicar que las actuales tablas de bonificación contempladas en la Ley 20.283 para el enriquecimiento ecológico, no detallan las actividades a realizar durante la fase de establecimiento.

Estas labores, quedan sujetas a los costos posibles de sostener en función de los montos actualmente bonificados, sin dejar en manifiesto la importancia de la utilización de técnicas de establecimiento que favorezcan la supervivencia y crecimiento.

Es por ello que se recomienda la incorporación de las actividades evaluadas (producción de planta sitio-específica y malla de protección artificial al establecimiento) dentro de las tablas de costos, a objeto de asegurar el éxito al establecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfía R, Mancha J, D Sánchez De Ron, D Barba, J Climent, J García Del Barrio, E Notivol, S Iglesias. 2009. Las regiones de procedencia de las especies forestales en Europa. En: Revista de la Asociación y Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales, Foresta N°46. Pp: 44-48.
- Anderson MC. 1964. Light relations of terrestrial plant communities and their measurement. Biol Rev Camb Philos Soc 39:425–486. doi:10.1111/j.1469-185X.1964.tb01164.x
- Barra M. 2004. Ensayos de inoculación micorrícica en *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., en condiciones de invernadero. Tesis Ing. Forestal. Fac. de Cs. Forestales, Univ. Austral de Chile. Valdivia, Chile. 53p.
- Benoit I. 1989. Libro rojo de la flora terrestre de Chile (Primera parte). Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile. 157 p.
- Birchler T, RW Rose, A Royo, M Pardos. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales. 7: 109-121.
- Bustamante R, C Castor. 1998. The decline of an endangered temperate ecosystem: the ruil (*Nothofagus alessandrii*) forest in central Chile. Biodiversity and Conservation 7: 1607-1626.
- Bustamante R, A Grez. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. Ambiente y Desarrollo 11(1): 58-63.
- Bustos F, M González, P. Donoso, V Gerding, C Donoso, B Escobar. 2008. Efectos de distintas dosis de fertilizante de liberación controlada (Osmocote ®) en el desarrollo de plantas de coigue, raulí y ulmo. Bosque 29: 155-161.
- CBD (CONVENIO SOBRE DIVERSIDAD BIOLOGICA). 2005. Report of the Inter-Sessional (Second) Meeting of the AHTEG on the Review of Implementation of the Programme of Work on Forest Biological Diversity. Montreal, 28 November - 2 December 2005.
- Close D, S Paterson, R Corkrey, C McArthur. 2010. Influences of seedling, container type and mammal browsing on the establishment of *Eucalyptus Globulus* in plantation forestry. New Forests 39:105-115.
- CONAF (CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL) 2012. Estadísticas Forestales. <http://www.conaf.cl/conaf/seccion-estadisticas-forestales.html> (consultado el 19 de marzo de 2012).
- Cortina J, JL Peñuelas, J Puértolas, R Savé, A Vilagrosa. 2006. Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes Mediterráneos. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 191 p.

- Cruz G, R Bravo, S Márquez. 2008. Informe de Gestión año 2007. Presentación de resultados y descripción de ensayos. Documento Técnico Convenio CONAF VI Región- Natural Response S.A. 27 p.
- CTPF – INFOR, 2009. Evaluación de la germinación de semillas de *Nothofagus alessandrii* Espinosa procedentes de la Reserva Nacional Los Riles, Región del Maule. Concepción-Chile. 7p.
- Del Fierro P, L Pancel. 1998. Experiencia Silvicultural del Bosque nativo de Chile. GTZ-CONAF. 420 pp.
- Delta-T Devices, Ltd. 1998. Hemiview User Manual (2.1), Cambridge, UK.
- Dickson A, Leaf AI, IE Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. Forest Chronicle 36: 10-13.
- Domínguez S, N Herrero, I Carrasco, L Ocaña, J Peñuelas. 1997. Ensayo de diferentes tipos de contenedores para *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* y *Pinus pinea*: Resultados en vivero. Actas del II Congreso Forestal Español. Pamplona. Mesa 3. 189-194.
- Donoso C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Documento de trabajo N° 38. Investigación y Desarrollo Forestal. Santiago, Chile. CONAF-FAO. 70 p.
- Donoso C. 1982. Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. Bosque 4 (2): 117-146.
- Donoso C, B Escobar, M Cortes. 1991a. Técnicas de vivero y plantación para Raulí (*Nothofagus alpina*) Documento Técnico 53. Revista Chile Forestal.
- Donoso C, B Escobar, M Cortes. 1991b. Técnicas de vivero y plantación para Coigüe (*Nothofagus dombeyi*) Documento Técnico 55. Revista Chile Forestal.
- Donoso C, M Cortes, B Escobar. 1992a. Técnicas de vivero y plantación para Roble (*Nothofagus obliqua*) Documento Técnico 62. Revista Chile Forestal.
- Donoso C, M Cortes, B Escobar. 1992b. Técnicas de vivero y plantación para Avellano (*Gevuina avellana* Mol) Documento Técnico 63. Revista Chile Forestal.
- Donoso C, B Escobar, M Gonzales. 1993. Técnicas de vivero y plantación para Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) Documento Técnico 53. Revista Chile Forestal.
- Donoso C, A Lara. 1995. Utilización de los bosques nativos de Chile: pasado, presente y futuro, en Armesto J & C Villagrán & MK Arroyo (eds), Ecología de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria, Santiago. Pp. 363-387.
- Donoso C, B Escobar, M Gonzales. 1995a. Técnicas de vivero y plantación para hualo (*Nothofagus glauca*). Documento Técnico 86. Revista Chile Forestal.

- Donoso C, B Escobar, M Gonzales. 1995b. Técnicas de vivero y plantación para Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Documento Técnico 88. Revista Chile Forestal.
- Donoso C. 2006. Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Ediciones Marisa Cuneo, Chile. 678 p.
- Donoso P, C Donoso, M Azpiculeta. 2006a. Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Capítulo *Nothofagus nervosa*. Marisa Cúneo Ediciones. Pp. 448-461.
- Donoso P, C Donoso, B Escobar, C Navarro, L Gallo. 2006b. Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Capítulo *Nothofagus dombeyi*. Marisa Cúneo Ediciones. Pp.423-432.
- Donoso J, D Soto. 2010. Plantaciones con especies nativas en el centro-sur de Chile: experiencias, desafíos y oportunidades. Revista Bosque Nativo 47:10-17.
- Duryea M. 1985. Evaluating seedlings quality: principles, procedures, and predictive abilities of major test. For. Res. Lab. Org., St. Univ. Corvallis, USA. 143 p.
- Duryea ML, Landis TD (Eds.) 1984. Forest nursery manual: production of bare-root seedlings. The Hague/Boston/Lancaster: Martinus Nijhoff/Dr W Junk Publishers. 386 pp
- Echeverría C, D Coomes, J Salas, J Rey-Benayas, A Lara, A Newton. 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. Biological Conservation 130: 481-494.
- EMG, 2005. Estudio Mercado. Proyecto investigación "Centro Tecnológico de la Planta Forestal: Referente científico tecnológico para aumentar calidad y productividad de plantas forestales" Asesoría contratada por INFOR- INNOVA. 72 p.
- Escobar R. 1990. Análisis de algunos elementos básicos involucrados en la producción artificial de plantas de especies nativas. Bosque 11(1):3-9.
- Ezquerro, M. 2003. Evaluación de técnicas de establecimiento de plantación con Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) en el secano interior de la Región Metropolitana. Proyecto para optar al Título de Ingeniero Forestal. Universidad Mayor. Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias. Escuela de Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 73 p
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2002. Proceedings: Second Expert Meeting on Harmonizing Forest-related Definitions for Use by Various Stakeholders. Rome, 11-13 September 2002, Rome.
- Foucard J. 1997. Viveros: de la producción a la plantación. Innovaciones técnicas productos mercados. España. 439p.
- García M. 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Argentina, Octubre de 2007. Disponible en:

<http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312.II.GARCIA.pdf> (con acceso el 15-6-2010).

- García, E.; González, M.; Quiroz, I.; Soto, H. 2009. Germinación de semillas y Producción de plantas de *Nothofagus leonii* (Espinosa) procedentes de Laguna de La Planta, San Fabián de Alico, Región del Bío-Bío. *Revista Chile Forestal* 346: 40-44.
- Gómez Y, I Leyva. 2005. Producción de plantas de *Eucalyptus grandis* en viveros, mediante la obtención de un sustrato utilizando como elemento principal la cachaza. *Revista Electrónica Hombre Ciencia y Tecnología*, Guantánamo, Cuba. Volumen 33: 10p. Disponible en: http://www.gtmo.inf.cu/revista%20electronica/numero_33/Producci%F3n%20de%20plant a.pdf (con acceso el 23 de julio de 2008).
- González M, C Donoso, S Fraver. 1997. Respuesta inicial de *Eucryphia cordifolia* Cav., *Laurelia sempervirens* R. et P. Tul, y *Aextoxicon punctatum* R. et P. en Plantaciones mixtas en sectores recientemente florecidos con *Chusquea quila* Kunth en el centro sur de Chile. *Bosque* 18(1): 53-59.
- González M, I Quiroz, E García, H Soto. 2009a. Ensayo de germinación y producción. Plantas de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. *Revista Chile Forestal* 344: 40-44.
- González M, Quiroz I, García E, Soto, H. 2011. Estándares de producción de plantas de *Quillay* (*Quillaja saponaria* Mol.) *Revista Chile Forestal* 353: 43-46.
- Greze A, R Bustamante, J Simonetti, L Fahrig. 1997. Landscape ecology, deforestation and forest fragmentation: the case of the ruil forest, en Chavez E & J Middleton (eds), *Landscape ecology as a tool for sustainable development in Latin America*. Libro electrónico <http://www.brocku.ca/epi/lebk/grez.html>.
- Grosse H. 1988. Crecimiento de una plantación de Raulí y Roble bajo dosel en dependencia del grado de luminosidad y fertilización. *Ciencia e Investigación Forestal* 2(5):13-30.
- Grosse H, M Bourke. 1988. Desarrollo de Rauli en vivero bajo distintos niveles de luminosidad y espaciamento. *Ciencia e Investigación Forestal* 2: 11-12.
- Haase D.L., R Rose. 1995. Vector analysis and its use for interpreting plant nutrient shifts in response to silvicultural treatments. *For. Sci.* 41: 54–66.
- INFOR (INSTITUTO FORESTAL). 2010a. Determinación de parámetros de calidad de plantas en vivero de dos especies arbóreas nativas de la zona centro-sur de Chile: Roble y Quillay. Centro Tecnológico de la Planta Forestal. Informe Interno. Julio 2010.

- INFOR (INSTITUTO FORESTAL). 2010b. Estándares de producción de plantas de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.). Centro Tecnológico de la Planta Forestal. Informe Interno. Junio 2010.
- INFOR (INSTITUTO FORESTAL). 2010c. Estándares de producción de plantas de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Centro Tecnológico de la Planta Forestal. Informe Interno. Junio 2010.
- INFOR (INSTITUTO FORESTAL). 2010d. Ensayo establecimiento de especies nativas en la comuna Curepto, predio la Montaña. 37 p. Disponible en: http://www.ctpf.cl/publicaciones-forestales/cat_view/69-proyectos-investigacion-.html?start=5
- INFOR (INSTITUTO FORESTAL). 2011. Anuario Forestal 2011. Boletín Estadístico N° 132. 136p.
- INN (INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, CL). 2006. Norma Chilena Oficial. NCh 2957 Of 2006. Material de propagación de uso forestal. 1ª edición. Santiago, Chile.
- Imo M, VR Timmer. 1997. Vector diagnosis of nutrient dynamics in mesquite seedlings. *For. Sci.* 43: 268–273.
- Kramer PJ. 1974. Relaciones hídricas del suelo y plantas. Una síntesis moderna. Centro regional de ayuda técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D). México/Buenos Aires, 538 pp.
- Lamb D, D. Gilmour. 2003. Rehabilitation and Restoration of Degraded Forests. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and WWF, Gland, Switzerland. 110 pp.
- Landaeta, E. 1981. Estudio de las Semillas y Plantas de Vivero para Cuatro Procedencias de *Nothofagus alessandrii* Espinosa. Tesis Ing. Forestal. Santiago, Universidad de Chile, Fac. de Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales. 141 p.
- Landis TD. 2000. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. In Landis TD, RW Tinus, SE McDonald, JP Barnett. Manual Agrícola. Volumen No 4. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. p. 1-67.
- Luna G. 2006. Evaluación de parámetros fisiológicos y de crecimiento en plantas de *Quillaja saponaria* Mol. Bajo condiciones de déficit hídrico. Mem. Ing. Forestal. Depto. de Silvicultura, Esc. de Cs. Forestales, Fac. de Cs. Forestales. Univ. de Chile. Santiago, Chile. 35p.
- Malfanti O. 2004. Evaluación de diferentes técnicas de establecimiento en un ensayo de *Quillaja saponaria* Mol. (*Quillay*), en la zona semiárida de la Región Metropolitana. Memoria de Título. Universidad Santo Tomás. Escuela de Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 97 p.
- Mexal JG., RA Cuevas, P Negreros, C Paraguirre. 2002. Nursery production practices affect survival and growth of tropical hardwoods in Quintana Roo, Mexico. *Forest Ecology and Management* 168: 125-133.

- Mexal JG, TD Landis. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. In: R Rose, SJ Campbell, TD Landis (eds.) Target Seedling Symposium, Páginas 17-35. UDSA. Forest Service, Roseburg (Oregon).
- Montoya JM, MA Camara. 1996. La planta y el vivero forestal. Ed. Mundi-Prensa. 127 p.
- Mujica, R. 2008. Opciones de recuperación para bosques degradados. En: R. Mujica, H. Grosse, B. Muller-Using (eds). Bosques seminaturales: una opción para la rehabilitación de bosques degradados. Instituto Forestal, Innova Chile CORFO, Ministerio de agricultura. 4 - 23p.
- Navarro G, R Bravo. 2001. Establecimiento y crecimiento inicial de plantaciones de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) secano interior, Provincia de Colchagua. In: Documento Técnico. Proyecto FONDEF D971 – 2010. Ensayos de Campo. CONAF VI Región. Colchagua, Chile. pp. 2-25.
- Navarro R, R Santelices, A Ruiz, A Cabello. 2013. Morphoanatomy of *Nothofagus alessandrii* seeds and its use in the variability of populations. *Gayana Botánica* 70(1): 110-109.
- NCh2057/0.Of2006. Maderas-Material de propagación de uso forestal-Parte 0: Producción y Comercialización.
- OIMT (Organización Internacional de las Maderas Tropicales). 2005. Criterios e indicadores revisados por la OIMT para la ordenación sostenible de los bosques tropicales con inclusión de un formato de informes. ITTO Policy Development Series No 15. Yokohama.
- Olivares P, J San Martín, R Santelices. 2005. RUIL (*Nothofagus alessandrii*) Estado del conocimiento y desafíos para su Conservación. Departamento de Protección de Recursos Naturales, Comisión Nacional del Medio Ambiente, Región del Maule. Talca, Chile. 54 p.
- Oliet J, R Planelles, M López, F Artero. 1997. Efecto de la fertilización en vivero sobre la supervivencia en plantación de *Pinus halepensis*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 4: 69-79.
- Oliet J, A Valdecantos, J Puértolas, R Trubat. 2007. Influencia del estado nutricional y el contenido en carbohidratos en el establecimiento de las plantaciones, capítulo 5. En Cortina J., Peñuelas, Puértolas J. Savé R. Vilagrosa A. (Coord.). Calidad de la planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos.
- Ortega U, A Kindelman, A Hevia, E Álvarez, J Majada. 2006. Control de calidad de planta forestal. Información Agroforestal. Boletín Informativo del Serida N° 3:23-28.
- Palma K. 2004. Evaluación de la degradación de los fragmentos vegetacionales de *Nothofagus alessandrii*, "Ruil", en el periodo 1991-2003, en la VII Región del Maule. Tesis de grado para optar al título de ingeniería forestal de la Universidad de Talca. Talca. Chile. 89 p.

- Peñuelas J, L Ocaña. 2000. Cultivo de plantas forestales en contenedor. 2ª edición. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 190p.
- Puntieri J, J Grosfeld, M Stecconi, C Brion, M Azpilicueta, L Gallo. 2006. Desarrollo temprano del roble (*Nothofagus obliqua*): un análisis arquitectural de procedencias de Argentina. *Bosque* 27(1):44-51.
- Quiroz I, M González, P Chung. 2009a. Buscando alternativas para valorizar el Bosque Nativo. *Revista Chile Forestal* 347: 40-45.
- Quiroz I, M González, E García, H Soto. 2009b. Ensayo de germinación para semillas de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. *Revista Chile Forestal* 345: 40-44.
- Quiroz I, E García, M González, P Chung, H Soto. 2011a. Producción de plantas nativas a raíz cubierta. 2ª Impresión. Centro Tecnológico de la Planta Forestal-INFOR Sede Biobío. 128p.
- Quiroz I, A Hernández, E García, H Soto, M González. 2011b. Establecimiento de Especies Nativas en la Comuna Curepto, Predio la Montaña. Asesoría de Investigación a Transnet. Concepción. Instituto Forestal 67 p.
- Quiroz I, B Gutiérrez, E García. 2012. Bases para un reglamento de semillas y plantas de especies forestales utilizadas en Chile. INFOR Documento de Divulgación N°35. 73p.
- Quiroz I, M Pincheira, A Hernández. 2013. Técnicas silvícolas para la supervivencia y crecimiento de Ruil, Hualo y Peumo bajo condiciones de estrés hídrico. *Revista Chile Forestal* 363: 50-53.
- Ríos A. 2008. Desarrollo inicial de plantaciones de Raulí y Raulí-Roble bajo un régimen de establecimiento intensivo en la Depresión Intermedia de la Región de Los Ríos. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Austral, Valdivia, Chile. 39 p.
- Ritter A. 2008. Efecto de tres tipos de fertilizantes para estimulación radicular sobre la calidad de las raíces en plantas de roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) como reacción rápida al repique. Tesis Ing. Forestal. Fac. de Cs. Forestales, Univ. Austral de Chile. Valdivia, Chile. 27p.
- Rocuant L. 1984. Efecto de giberelina y de tiourea en la germinación de semillas: especies del genero *Nothofagus*. *Bosque* 5(2): 53-58.
- Rodríguez, D. 2008. Indicadores de Calidad de Planta Forestal. Ediciones Mundi-Prensa. México. 156 p.
- Rose R, T Birchler, M Pardos, A Royo. 1998. La plántula ideal: producción de Plántulas de calidad para mejorar el comportamiento de las plantaciones. Versión 28 de Marzo 2008., p 44.
- Ruano J. 2008. Viveros forestales. 2ª edición. Madrid, España. 285p.

- Salisbury FB, C Ross. 1992. Plant Physiology, 4th ed. Wadsworth, Belmont, CA. 682 p.
- Saenz JT, HJ Muñoz, F Villaseñor, JA Prieto, A Rueda. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 12. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich. México. 50 p
- San Martín J, C Donoso. 1996. Estructura florística e impacto antrópico en el Bosque Maulino de Chile. En: J.J. Armesto, C. Villagrán & M.T.K. Arroyo (eds.), Ecología de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria, Santiago. Pp. 153-168.
- San Martín J, V Mourgues, A Villa, C Carreño. 1991. Catastro actualizado de la distribución y estado de conservación de los bosques de ruil en la VII Región. Informe Final Proyecto Investigación y Desarrollo Forestal CHI/89/003. Talca, Chile. Corporación Nacional Forestal. 35 p.
- San Martín J, R Santelices, R Henríquez. 2006. *Nothofagus alessandrii* Espinosa, Ruil. Familia: Fagaceae. In C. Donoso (ed.) Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina, autoecología. Valdivia, Chile. Marisa Cuneo Ediciones. p. 390-400.
- Santelices R. 2009. Bases científico - tecnológicas para repoblar a restaurar bosques de ruil. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Forestal, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes, Universidad de Córdoba. Córdoba – España. 186 p.
- Santelices R, L Herrera, J Osorio. 1995. Cultivo en vivero del Hualo (*Nothofagus glauca* (phil) Krasser) bajo diferentes gradientes de luminosidad y espaciamiento. Revista Ciencias Forestales 10(1): 3-13.
- Santelices R, M Riquelme. 2007. Antecedentes dasométricos de *Nothofagus alessandrii* de la procedencia Coipué. Bosque 28(3): 281-287.
- Santelices R, R Navarro, F Drake. 2009. Caracterización del material forestal de reproducción de cinco procedencias de *Nothofagus alessandrii* Espinosa, una especie en peligro de extinción. Interciencia INCI [online], vol.34, n.2, pp. 113-120. ISSN 0378-1844.
- Santelices R, R Navarro-Cerrillo, F Drake. 2011a. Propagation and seedling cultivation of the endemic species *Nothofagus alessandrii* Espinosa in central Chile. Restoration Ecology 19:177-185.
- Santelices R, R Navarro, F Drake, C Mena. 2011b. Efecto de la cobertura y de la fertilización en el desarrollo de plantas de *Nothofagus alessandrii* cultivadas en contenedor. Bosque 32(1):85-88.
- Santelices R, F Drake, RM Navarro-Cerrillo. 2012. Establishment of a *Nothofagus alessandrii* plantation using different levels of shade and weed control methods in Talca province, central Chile. Southern Forests 74(1): 71–76.
- Serra M, R Gajardo, A Cabello. 1986. *Nothofagus alessandrii* Espinosa «ruil» Especie en Peligro. Ficha Técnica de especies amenazadas.

- Programa de protección y recuperación de la flora nativa de Chile. Ficha Técnica. CONAF. Santiago. 25 p.
- Serrada R, Navarro R, J Pemán. 2005. La calidad de las repoblaciones forestales: una aproximación desde la silvicultura y la ecofisiología. *Investigación Agraria: Sistema de Recursos Forestales* 14(3):462-481
- Soto D, A Ríos. 2009. Seis años de respuesta de una plantación intensiva de Raulí y Coihue en la Precordillera de la Costa. *Revista Bosque Nativo* 44: 7-11.
- South D, S Harrisa, J Barnett, M Hainds, D Gjerstada. 2004. Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, U.S. *Forest Ecology and Management* 204(2): 385-398.
- Toral I. 1997. Conceptos de calidad de plantas en viveros forestales. Documento técnico 1. Programa de desarrollo forestal integral de Jalisco. Guadalajara, Jalisco, México. 26 p.
- Thompson BE. 1985. Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking. In: ML Duryea (ed), *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Oregon State University, Corvallis (Oregon). pp 59-71.
- Timmer VR. 1991. Interpretation of seedling analysis and visual symptoms. In: R van den Driessche (ed.) *Mineral nutrition of conifer seedlings*. CRC Press LLC, Boca Raton, Fla. pp. 113–114.
- UICN. 2001. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 33. <http://www.florachilena.cl/conservacion/redlistcatspanish.pdf> (revisado 05-01-2011).
- Valenzuela L. 2007. Evaluación de un ensayo de riego y fertilización de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), en la comuna de San Pedro, provincia de Melipilla, Región Metropolitana. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 66 p.
- Van den Driessche R. 1988. Nursery growth of conifer seedlings using fertilizers of different solubilities and application time, and their forest growth. *Canadian Journal of Forest Research* 18: 172-180.
- Van den Driessche R. 1992. Changes in drought resistance and root growth capacity of container seedlings in response to nursery drought, nitrogen, and potassium. *Canadian Journal of Forest Research* 22: 740-749.
- Villar P, S Domínguez, JL Peñuelas, I Carrasco, N Herrero, JL Nicolás, L Ocaña. 2000. Plantas grandes y mejor nutridas de *Pinus pinea* L. tienen mejor desarrollo en campo. En 1er Simposio del pino piñonero (*Pinus pinea* L.), Volumen 1, pp219-227. Junta de Castilla y León, Valladolid.

Villar, P., 2003. Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. En. JM Rey-Benayas, T Espigares, JM Nicolau (eds.) Restauración de Ecosistemas Mediterráneos. Universidad de Alcalá/Asociación Española de Ecología Terrestre.

Waisel Y, A Eshel, U Kalkafi. 1991. Plant roots: the hidden half. Marcel Decker, New York.

ANEXO 1

Encuesta de parámetros de calidad de planta en viveros

1. Calidad de planta.

En su mayoría los trabajos de producción de plantas nativas desarrollados en Chile consideran las especies raulí, coigüe, roble, avellano, alerce, ulmo, hualo, ciprés de la cordillera y laurel (Donoso et al., 1991a, Donoso et al., 1991b, Donoso et al., 1992a, Donoso et al., 1992b, Donoso et al., 1993, Donoso et al., 1995a y Donoso et al., 1995b), sin embargo, las técnicas y resultados se limitan a la zona sur del país donde la disponibilidad hídrica no constituye el principal factor limitante de sitio, no adaptándose a la realidad de la zona centro, junto con ser una práctica poco utilizada por los productores de plantas que prefieren la producción de plantas nativas en bolsa, bandeja o tubete.

En Chile, no existen trabajos en especies nativas documentados que evalúen el impacto del tamaño del contenedor y su respuesta en terreno para la especie ruil. La única experiencia disponible a la fecha es la evaluación del comportamiento de quillay en diferentes tamaño de contenedores (González et al., 2011) donde se entregan resultados sobre la producción y la calidad obtenida según diferente tipo y tamaño de contenedores.

Estudios de este tipo se han realizado en vivero mayoritariamente con especies de rápido crecimiento, entre ellas *Pinus pinea*, *P. halapensis*, *P. pinaster*, *Quercus ilex* y quillay (Domínguez et al., 1997, González et al., 2011) y en plantaciones sobre especies como *Eucalyptus globulus* y *Pinus palustris* (Close et al., 2010). Del mismo modo, existen pocas experiencias reportadas o documentadas sobre el tipo de plantas y sus resultados en terreno, en particular para las especies que constituyen los bosques mediterráneos del país. Siendo aún posible observar el uso de la bolsa de polietileno como forma de producción común de plantas. Esta práctica es subsidiada por el Estado al bonificar la producción, evidenciable en la “Tabla de costos que fija costos de forestación, recuperación de suelos degradados, estabilización de dunas, poda y raleo, por hectárea, y establecimiento de cortinas cortavientos por kilómetro”, al 31 de julio de 2008, para los efectos del decreto ley nº 701 de 1974 y sus modificaciones posteriores. En esta ley se privilegia el uso de la bolsa o cepellón sobre las otras formas de producción, siendo necesario diferenciar por tipo y volumen del contenedor, en el cual fueron producidas.

Por otra parte, existen antecedentes que muestran que la utilización de la bolsa induce una fuerte espiralización del sistema radicular, que en experiencias en España producen mortalidad después de 35 a 40 años. Esto es coincidente con lo planteado Domínguez et al. (1997), quien indica que se llegan a perder plantaciones en estado avanzados de crecimiento por

problemas de reviramientos radicular. Sin embargo, la importancia de la calidad de plantas nativa a establecer no ha sido suficientemente estudiada y tampoco exigida por los forestadores privados y por el Estado.

La relevancia de la calidad de las plantaciones ha sido tratada por diversos autores (Duryea, 1985; Cortina et al., 2006; Rodríguez, 2008). Siendo necesario evaluar el comportamiento de plantas de distinta calidad en terreno y su relación con los factores del medio. En tal sentido se requiere desarrollar tecnologías que permitan producir “plantas sitio-específicas”, de acuerdo con los objetivos de la plantación, ya sea este para la repoblación, restauración, producción u ornamental. Además deben ser consideradas como base las características de sitio de establecimiento, así como los potenciales riesgos abióticos a los que se debe enfrentar toda nueva repoblación o revegetación (heladas, sequía estival, viento, insolación, entre otros).

De acuerdo con lo señalado en experiencias nacionales y extranjeras, la calidad de la planta es un factor determinante en el comportamiento de la plantación respecto de la probabilidad de supervivencia y crecimiento inicial (Escobar, 1990; Toral, 1997; Saenz et al., 2010).

El éxito de una plantación está determinado por una serie de factores relacionados con el ambiente en el cual se establece como también de aquellos vinculados directamente con el material vegetal que se utilice, en este último más específicamente las características morfológicas y fisiológicas, las que puede variar dependiendo de los objetivos de producción (Toral, 1997; Serrada et al., 2005; Cortina et al., 2006).

La principal función de estas características es maximizar la supervivencia de la planta, crecimiento y potencial productivo una vez que se establece en terreno, es decir, que respondan satisfactoriamente al estrés inicial de la plantación, arraigamiento acelerado y profuso que permita una pronta y apropiada absorción de agua y nutrientes, y que ocurra un rápido crecimiento que incremente la superficie fotosintética de la planta lo antes posible (Toral, 1997; Villar, 2003).

Para conseguir que estos parámetros cumplan con los objetivos, es imprescindible que las labores que se realizan en vivero se orienten al buen desarrollo de la planta que eviten características morfológicas y fisiológicas inadecuadas (Serrada et al., 2005). Más aún, es mantener una apropiada manipulación desde el vivero al lugar de plantación que, en el caso que no se tenga el cuidado necesario, podrían originar causas de estrés severos que disminuyen de manera importante en la supervivencia de la misma.

Los atributos morfológicos y fisiológicos de las plantas son los que determinan la calidad, y la exigencia de ésta será mayor cuanto más limitante sean las condiciones de los sitios (Villar, 2003).

2. Parámetros de calidad.

2.1. Parámetros morfológicos.

Los atributos morfológicos cualitativos o cuantitativos, determinados física o visualmente, son los más utilizados en la determinación de la calidad de una planta, y hacen referencia a la forma y estructura de la planta o alguna de sus partes (Villar, 2003). Son el resultado de una respuesta fisiológica a la disponibilidad de recursos y a los tipos de estrés durante el proceso de producción, y en general, se espera que estos atributos logren valores máximos cuidando que las partes aérea y radicular permanezcan en equilibrio (Saenz et al., 2010).

2.1.1. Criterios morfológicos cualitativos.

En relación con la calidad morfológica de una planta, está influenciada por características de naturaleza cualitativa como cuantitativa, ambas pudiendo ser evaluadas a simple vista o con mediciones sencillas. En cuanto a los de naturaleza cualitativa, estos están vinculados con el estado sanitario de las plantas que se producen en vivero y son motivos de descalificación cuando presentan algún tipo de daño o herida presentes en el follaje, tallo, cuello o raíz, (Foucard, 1997; Peñuelas & Ocaña, 2000; Rodríguez, 2008; Ruano, 2008; Quiroz et al., 2012).

En el año 2006 fue publicada en el Diario Oficial la Norma Chilena 2957 de Madera - Material de propagación de Uso Forestal para 5 especies forestales, Pino radiata, Eucalipto (*Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*), pino oregón y Raulí (INN, 2006). En esta Norma se hace mención a los atributos morfológicos que son causales de descalificación o no certificación de plantas. Si bien es cierto, esta Norma no incluye otras especies del Bosque Nativo, es una primera aproximación de valores deseables para ciertos atributos para especies de características similares.

Entre los atributos morfológicos cualitativos de mayor uso para el control de calidad de plantas, y que se mencionan en la Norma Chilena NCh 2957, están:

- Plantas con heridas no cicatrizadas
- Plantas parcial o totalmente secas
- Tallos con fuertes curvaturas
- Tallos múltiples
- Tallos con muchas guías
- Tallos y ramas con receso invernal incompleto
- Tallos desprovistos de una yema terminal sana
- Inexistencia de ramificaciones o claramente insuficiente
- Follaje reciente
- Cuello de raíz dañado

Estos criterios, que no requiere de análisis por la clara incidencia que tiene el uso de una planta con presencia de daño en la calidad de una plantación, además son aplicables independientemente del sistema de producción (raíz cubierta o desnuda) y tipo de contenedor en el cual se produce la planta en vivero.

2.1.2. Criterios morfológicos cuantitativos.

En cuanto a los atributos morfológicos cuantitativos, estos pueden correlacionarse exitosamente con la supervivencia y el crecimiento inicial en terreno de muchas especies forestales (Villar et al., 2000; Villar, 2003) y están vinculados esencialmente con los ambientes a los cuales son destinadas las plantas (Montoya & Camara, 1996; Rodríguez, 2008). La importancia está dada por su relación directa con el comportamiento metabólico y su incidencia en el desarrollo de la planta.

Son indicadores relevantes que están relacionados con el equilibrio de la planta como un todo, una planta equilibrada es aquella que mantiene una adecuada proporción entre su raíz y su parte aérea (Montoya & Camara, 1996), mencionándose comúnmente la relación entre biomasa aérea y radicular, entre altura de la planta y diámetro de cuello (índice de esbeltez), y la combinación entre los atributos de altura y diámetro con biomasa (índice de Dickson) (Rodríguez, 2008).

- **Altura:** La altura de la planta es un indicador de la superficie fotosintética y representa al mismo tiempo su capacidad para almacenar carbohidratos y el área de transpiración, asimismo una mayor altura le otorga a la planta un mejor nivel de competencia frente a hierbas y arbustos, y un mayor número de hojas o acículas permite una mayor regulación de pérdida de agua, mejor intercepción y utilización de luz (Toral, 1997; Rodríguez, 2008). Si bien este parámetro se ha utilizado por mucho tiempo como un indicador de la calidad, se considera insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios (Saenz et al., 2010).
- **Diámetro de cuello:** El diámetro de cuello es otro de los parámetros mayormente empleados para predecir la supervivencia, define la robustez del tallo asociándolo con el vigor y el éxito de la plantación (Saenz et al., 2010), y a una mayor resistencia a daños por animales y altas temperaturas (Rodríguez, 2008).

Mexal (1994; citado por Toral, 1997), indica que la supervivencia de las especies forestales más importantes aumenta entre un 5-7% por cada mm de aumento en el diámetro de la plántula y que las tasas más altas de supervivencia de coníferas a raíz desnuda, mayores a 80%, se alcanzan cuando las plantas tienen un diámetro de cuello de a 5 a 6 mm.

- **Sistema radicular:** Un sistema radicular abundante con una alta presencia de raíces finas permite una exploración del suelo más eficiente por agua y nutrientes (Rodríguez, 2008), permitiendo una mayor posibilidad de supervivencia de la planta además de una mayor

probabilidad de infección micorrícica (Torral, 1997; González, 1995, citado por Saenz et al., 2010). El mejor sistema radicular lo constituye una raíz principal bien conformada, abundantes raíces laterales uniformemente repartidas y de raíces finas, esto aumenta la estabilidad de la planta y mejora la capacidad exploratoria de la parte superior e inferior del suelo para mantener el estado hídrico (Quiroz et al., 2011a). La presencia de raíces finas además, favorece aquellos tratamientos que presentan niveles de endurecimiento fuerte, por ejemplo en *Pinus halapensis* niveles bajos o moderados de endurecimiento no influyen en la capacidad de nuevas raíces, pero niveles fuertes si la inhiben (Villar et al., 1997, cit. por Saenz et al., 2010).

Lo fundamental es que una vez realizada la plantación, la planta pueda recuperarse del estrés sufrido durante su manejo, por lo tanto se debe establecer a la brevedad el contacto entre las raíces y el suelo que le permita retomar las funciones vitales de absorción de agua y nutrientes, y de fijación al sustrato (Cortina et al., 2006).

Habitualmente, y como se puede desprender, cuando se evalúa el sistema radicular por si sólo ésta se realiza sólo en función de su arquitectura y de manera visual, además, y producto de la tendencia general a producir en contenedores, la preocupación está orientada más bien al cuidado de la altura para mantener una proporción adecuada para un volumen radicular conocido. Sin embargo, la relevancia aparece al momento de evaluar su proporción en cuanto a largo y peso respecto de otras partes de la planta.

Índices de calidad: Como se ha señalado, la calidad de la planta tiene injerencia directa en su comportamiento en terreno, y para determinar dicha calidad es preferible evaluar los diferentes parámetros en su conjunto. Para ello, habitualmente se relacionan los parámetros morfológicos con los de biomasa. Entre los índices más utilizados están el Índice de Esbeltez (IE), que es el cociente entre la altura y el DAC (H/DAC), y que relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma (Torral, 1997). También se señala que este índice permite estimar la resistencia física de las plantas durante las operaciones de plantación y su resistencia al efecto mecánico del viento (Gómez & Leyva, 2005). A menudo se considera que el valor de Esbeltez no debe ser mayor a 6, no obstante Mitchel et al. (1990 citado por Hunt, 1990) señalan que, la esbeltez debe ser menor o igual a 8 para que la planta esté equilibrada. Guifan (1997, citado por García, 2007) agrega que una planta de buena calidad debe tener un valor de diámetro de cuello relativamente alto y un índice de esbeltez bajo.

Otro de los índices que se utilizan es Tallo/Raíz (ITR), que se define como la razón entre el peso seco de la parte aérea (tallo y hojas) y el peso de la raíz, valor que determina el balance que existe entre la

superficie transpirante y la superficie absorbente de la planta. En general, el peso de la parte aérea no debe doblar al de la raíz, y mientras más estrecha es la relación (cercana a 1), mayor es la posibilidad de supervivencia en sitios secos (Montoya & Camara, 1996).

El Índice de Dickson (QI) (Dickson et al., 1960), comúnmente también es empleado para estimar la calidad de una planta. Este integra la relación entre la masa seca total de la planta y la suma del cociente de esbeltez (IE) y la relación parte seca aérea/parte seca radical (ITR), con lo que se logra expresar el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura pero con mayor vigor. Para coníferas se menciona que valores para QI menores a 0,15 podría significar problemas en el establecimiento de una plantación, y para latifoliadas éste debe ser 0,2 como mínimo (Hunt, 1990; García, 2007).

2.2. Parámetros fisiológicos.

Los atributos fisiológicos se relacionan con la aclimatación de las plantas en terreno y su crecimiento, más que con la supervivencia luego de la plantación. La adecuada concentración por ejemplo de los nutrientes macro y micro elementos) proporciona una reserva que contribuye a la formación de los tejidos hasta que el sistema radicular se haya establecido (Villar, 2003; Ruano, 2008). Del mismo modo, el nivel de carbohidratos es relevante por su participación en la constitución de estructuras como también de reserva, para mantenimiento y crecimiento. Si bien el potencial hídrico es considerado impreciso y no muy fácil de definir, es considerado también de importancia para conocer la respuesta de la planta al estrés del medio. Lo mismo ocurre con la conductividad eléctrica, que es un indicador del daño que puede tener la planta a nivel celular más específicamente en la membrana protoplasmática, lo que origina pérdida de semipermeabilidad, es decir pérdida de electrolitos afectando la absorción normal de minerales, además de una disminución de la tolerancia a bajas temperaturas (Rodríguez, 2008; Ruano, 2008).

- Contenido de nutrientes: Los atributos fisiológicos de mayor uso son los nutricionales, los cuales, para la mayoría de especies forestales, se encuentran dentro un rango considerado como adecuado. Uno de los primeros resultados de la deficiencia nutricional es la reducción de la tasa de crecimiento, la cual disminuye la productividad sin presentarse síntomas visibles (Saenz et al., 2010).

Toral (1997) señala que, el crecimiento de las plantas se restringe fuertemente cuando los niveles nutricionales son bajos y se incrementa rápidamente cuando éstos se encuentran en cantidades suficientes u óptimas, y se estabiliza cuando son excesivos o simplemente ocurre la muerte de la planta. Por ejemplo, el nivel de

nitrógeno en el follaje afecta el crecimiento y supervivencia, y puede oscilar entre 1,7 y 2,3%. Bajo el menor valor, se reduce el crecimiento y en algunos casos la resistencia al frío, por sobre el valor más alto se reduce la supervivencia y la resistencia a la sequía.

La nutrición mineral contribuye a la calidad de la planta afectando su desarrollo en terreno. Los niveles óptimos de los elementos dependen de cada especie, del lugar de plantación y de las condiciones del cultivo utilizados (Oliet et al., 2007).

- Nivel de carbohidratos: La reserva de carbohidratos es otro elemento que condiciona la respuesta de la planta a los factores del sitio, y que están relacionados con su disponibilidad para cubrir las demandas de crecimiento y respiración en la fase previa de establecimiento, traslado de vivero a terreno, hasta que sean facilitadas por la actividad fotosintética (Rodríguez, 2008).

El nivel de carbohidratos es producto de la fotosíntesis y es determinante en el proceso de plantación y lignificación del tallo, o endurecimiento de la planta (Toral, 1997). Su contenido varía de acuerdo con el tejido o partes de la planta y los períodos de crecimiento (Saenz et al., 2010).

Si bien, la determinación de este elemento requiere un proceso de laboratorio de mayor complejidad, se ha empleado en algunas ocasiones como indicador de calidad de plantas. En coníferas por ejemplo, la formación de nuevas raíces durante las primeras etapas en campo se produce principalmente a partir de los azúcares formados en la fotosíntesis del momento y en menor medida de los de reserva, sólo en situaciones de estrés en que la fotosíntesis disminuye, las plantas recurren a los azúcares almacenados previamente, en estos casos la falta de carbohidratos de reserva puede afectar negativamente el desarrollo de las plantaciones como se ha demostrado en *Pinus sylvestris* (Villar, 2003).

- Potencial hídrico y conductividad eléctrica: Si bien estos son criterios menos recurrentes, aparecen como de mayor precisión para situaciones particulares. La conductividad eléctrica está asociada al daño que puede tener la planta a nivel celular más específicamente en la membrana protoplasmática, lo que origina pérdida de electrolitos, es decir se ve afectada la absorción normal de minerales, y por otro lado el potencial hídrico está relacionado con la cantidad de agua dentro de la planta y su respuesta al momento de la plantación (Rodríguez, 2008; Ruano, 2008).

Saenz et al. (2010), mencionan que el estado hídrico de la planta es dinámico y cambia en relación con la humedad que exista en el sustrato de crecimiento y en el ambiente, cuándo estos están sometidos durante mucho tiempo a tensión hídrica se altera el proceso de asimilación de CO₂ y de transpiración, lo que se traduce

en una degradación del mecanismo de fotosíntesis y un deterioro en su crecimiento.

El potencial hídrico representa el estado de la energía del agua dentro de la planta, el cual se hace más negativo conforme avanza el agua en su ruta de la raíz al follaje (Rodríguez, 2008). Se sugiere potencial hídrico, por ejemplo para pino oregón a raíz desnuda mayor de -1,0 MPa, y preferiblemente mayor de -0,5 MPa, tras la extracción del vivero (Lavender & Cleary, 1974, citado por Birchler et al., 1998).

3. Estándares de Calidad de plantas.

3.1. Estándares de calidad para especie forestales.

Cuando se habla de calidad, se debe tener presente que en todo programa de producción silvícola se requiere generar plantas de calidad, al menor costo posible (Rose et al., 1998), ello implica producir en el vivero, en la forma más eficiente, plantas que posean las mayores tasas de supervivencia y de crecimiento inicial para un sitio determinado (Duryea & Landis, 1984). La calidad se demuestra en el lugar de plantación, por su capacidad de arraigar y crecer satisfactoriamente, aunque se reconoce que parte de las capacidades depende de la técnica de repoblación y de las condiciones de cultivo en vivero (Montoya & Cámara, 1996).

Por lo anterior, en el vivero se debe efectuar una selección de aquellas plantas que cumplen con los requisitos establecidos por el productor o el forestador. Aunque lo usual es que el estándar de calidad sea determinado por los productores de plantas. En tanto, las grandes empresas forestales, que disponen de viveros, poseen sus propios estándares morfológicos, fisiológicos y genéticos, logrando en la mayoría de las ocasiones plantas de alta calidad.

La gran cantidad de viveros forestales (CONAF, 2012) producen de acuerdo a sus propios estándares de calidad y en muchas ocasiones se observa una falta de transparencia en el tipo de producto que se comercializa, especialmente en sus cualidades genéticas (EMG, 2005; INFOR, 2011). Hasta el momento, el sector forestal chileno no ha implementado iniciativas que conduzcan a la certificación de semillas y plantas forestales, sin embargo, desde la perspectiva sanitaria se cuenta con una normativa oficial del Servicio Agrícola y Ganadero (www.sag.cl), relativa a la Fiscalización de Viveros y Depósitos de Plantas, orientada a tenedores, a cualquier título, de viveros o depósitos de plantas, con el objetivo de disminuir el riesgo de diseminación de plagas, con el objeto de mejorar la calidad productiva y asegurar la identificación correcta de las plantas a la venta.

Una iniciativa tendiente a la certificación de plantas es la desarrollada por profesionales del Centro Tecnológico de la Planta Forestal (www.ctpf.cl),

centro dependiente del Instituto Forestal (INFOR), quienes durante el año 2005 y 2006 elaboraron en conjunto con la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización y con la participación de un comité conformado por Servicios del Agro del Estado (SAG; CONAF e INFOR), empresas forestales, universidades y viveros forestales, la norma de certificación NCh N°2957 publicada el año 2006 (INN, 2006) que estandariza la producción y comercialización del material de propagación de uso forestal, de las 5 principales especies forestales del país (*Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus*, *E. nitens*, *Pseudotsuga menziesii* y *Nothofagus nervosa*), con la finalidad de resolver los principales problemas de baja calidad genética del material de propagación que se produce en los viveros forestales.

Iniciativas de estas características se encuentran implementadas en diversas partes del mundo, especialmente en la Comunidad Europea, ejemplo de ello es lo realizado en España (Montoya & Cámara, 1996; Peñuelas & Ocaña, 2000; Alía et al., 2009).

A continuación se presentan los parámetros de calidad de planta señalados en la Norma Chilena de producción de plantas NCh 2957 para la especie nativa raulí (Tablas 19 y 20).

Tabla 19. Atributos morfológicos de plantas de raulí según NCh 2957/5 del 2006.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	TIPO PLANTA	ATRIBUTO	MAGNITUD
A raíz desnuda	1-0	Altura (A)	25 cm - 40 cm
		Diámetro de cuello (D)	> 5 mm
		Relación (D/A)	Mínimo 1/50
		Raíces	Longitud desde 8 cm a 15 cm
	2-0	Altura (A)	40 cm - 100 cm
		Diámetro de cuello (D)	>8 mm
		Relación (D/A)	Mínimo 1/50
		Raíces	Longitud desde 20 cm a 30 cm. Con abundante masa de raíces
Mixto	1*	Altura (A)	25 cm - 40 cm
		Diámetro de cuello (D)	>5 mm
		Relación (D/A)	Mínimo 1/50
		Raíces	Longitud desde 8 cm a 15 cm
A raíz cubierta	1-0*	Altura (A)	25 cm - 35 cm
		Diámetro de cuello (D)	>3 mm
		Relación (D/A)	Mínimo 1/83
		Raíces	Pan íntegro. Volumen mínimo de la cavidad 135 cm ³
1-0	:	Planta cultivada por 1 temporada en la platabanda en que fue sembrada originalmente.	
2-0	:	Planta cultivada por 2 temporadas en la platabanda en que fue sembrada originalmente.	
1*	:	Planta cultivada inicialmente en contenedor y luego trasplantada a platabanda, donde se mantiene hasta su despacho, todo esto en una temporada.	
1-0*	:	Planta cultivada 1 temporada en contenedor hasta su despacho.	

Tabla 20. Atributos fisiológicos de plantas forestales según NCh 2957 del 2006.

TIPO	NUTRIENTE	SÍMBOLO	RANGO ADECUADO		
Macronutriente	Nitrógeno	N	1,70%	a	2,50%
	Fósforo	P	0,12%	a	0,25%
	Potasio	K	0,50%	a	1,50%
	Calcio	Ca	0,20%	a	0,90%
	Magnesio	Mg	0,10%	a	0,30%
	Azufre	S	0,15%	a	0,20%
Micronutriente	Fierro	Fe	50 m g/g	a	400 m g/g
	Manganeso	Mn	100 m g/g	a	1 250 m g/g
	Zinc	Zn	10 m g/g	a	150 m g/g
	Cobre	Cu	6 m g/g	a	100 m g/g
	Boro	B	10 m g/g	a	100 m g/g

Son numerosos los atributos morfológicos y fisiológicos de las plantas, que en su conjunto son determinantes de su calidad y comportamiento en terreno, esto posibilita una producción en vivero que se ajusta a los requerimientos exigidos por las condiciones del sitio a plantar o a una calidad determinada más homogénea y estandarizada (Escobar, 1990; Toral, 1997; Ortega et al., 2006). Entre los atributos morfológicos cuantitativos asociados al comportamiento de las plantas en terreno están los relacionados con la morfología de la planta (altura, diámetro de cuello, sistema radicular y algunos índices de crecimiento y desarrollo), y entre los fisiológicos están principalmente los niveles de macro y micro nutrientes. Pero además, se definen otros atributos morfológicos relacionados con las características que no son deseables en las plantas y que las descalificarían.

Para especies nativas tales como roble, coigüe, quillay, hualo y canelo, no son muchos los estudios relacionados con evaluaciones de los atributos morfológicos de una o dos temporadas. No obstante y de acuerdo con los antecedentes recopilados vía encuestas a los viveros que producen plantas nativas y bibliográficos, se definen como criterios morfológicos cuantitativos para estas especies (Tablas 21 a 24) (Santelices et al., 1995; Montoya & Camara, 1996; Toral, 1997; Villar, 2003; Barra, 2004; INN, 2006; Luna, 2006; Puntieri et al., 2006; González, 2007; Bustos et al., 2008; Ritter, 2008; Rodríguez, 2008; González et al., 2009; González et al., 2011; INFOR, 2010a; INFOR, 2010b; INFOR, 2010c; Donoso et al., 2011; Quiroz et al., 2011b; Quiroz et al., 2012).

Tabla 21. Criterios morfológicos cuantitativos para las especie roble y coigüe.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	TIPO DE PLANTA	ATRIBUTO	MAGNITUD
A raíz desnuda	1-0 ^{a)}	Altura (A)	20-30 cm
		Diámetro de cuello (D)	> 3 mm
		Relación (D/A)	Mínimo 1/60
		Raíces	Longitud desde 8 cm a 15 cm
	2-0 ^{b)}	Altura (A)	40-60 cm
		Diámetro de cuello (D)	> 6 mm
		Relación (D/A)	Mínimo 1/65
Mixto	1 ^{*c)}	Raíces	Longitud desde 20 cm a 30 cm. Con abundante masa de raíces
		Altura (A)	20-40 cm
		Diámetro de cuello (D)	> 3 mm
		Relación (D/A)	Mínimo 1/60
	2 ^{*d)}	Raíces	Longitud desde 8 cm a 15 cm
		Altura (A)	50-100 cm
		Diámetro de cuello (D)	> 7 mm
A raíz cubierta	1-0 ^{e)}	Relación (D/A)	Mínimo 1/70
		Raíces	Longitud desde 20 cm a 30 cm. Con abundante masa de raíces
		Altura (A)	20-30 cm
		Diámetro de cuello (D)	> 3 mm
		Raíces	Pan íntegro. Volumen mínimo de la cavidad 130 cm ³
a) 1-0	:	Planta cultivada por 1 temporada en la platabanda en que fue sembrada originalmente.	
b) 2-0	:	Planta cultivada por 2 temporadas en la platabanda en que fue sembrada originalmente.	
c) 1*	:	Planta cultivada inicialmente en contenedor y luego trasplantada a platabanda, donde se mantiene hasta su despacho, todo esto en una temporada.	
d) 2*	:	Planta cultivada 1 temporada en contenedor y luego trasplantada a platabanda por una segunda temporada hasta su despacho.	
e) 1-0	:	Planta cultivada 1 temporada en contenedor hasta su despacho.	

Tabla 22. Criterios morfológicos cuantitativos para la especie hualo.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	TIPO DE PLANTA	ATRIBUTO	MAGNITUD
A raíz cubierta	1-0 ^{e)}	Altura (A)	20-30 cm
		Diámetro de cuello (D)	> 3 mm
		Relación (D/A)	Mínimo 1/60
		Raíces	Pan íntegro. Volumen mínimo de la cavidad 130 cm ³
1-0	:	Planta cultivada 1 temporada en contenedor hasta su despacho.	

Tabla 23. Criterios morfológicos cuantitativos para las especie quillay.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	TIPO DE PLANTA	ATRIBUTO	MAGNITUD
A raíz cubierta	1-0 ^{j)}	Altura (A)	25-30 cm
		Diámetro de cuello (D)	> 3 mm
		Relación (D/A)	Mínimo 1/80
		Raíces	Pan íntegro. Volumen mínimo de la cavidad 100 cm ³
1-0	:	Planta cultivada 1 temporada en contenedor hasta su despacho.	

Tabla 24. Criterios morfológicos cuantitativos para la especie canelo.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	TIPO DE PLANTA	ATRIBUTO	MAGNITUD
A raíz cubierta	1-0	Altura (A)	20-30 cm
		Diámetro de cuello (D)	> 4 mm
		Relación (D/A)	Mínimo 1/50
		Raíces	Pan íntegro. Volumen mínimo de la cavidad 130 cm ³
	2-0 ¹	Altura (A)	50-80 cm
		Diámetro de cuello (D)	> 7 mm
		Relación (D/A)	Mínimo 1/70
		Raíces	Pan íntegro. Volumen mínimo de la cavidad 130 cm ³
1-0	:	Planta cultivada 1 temporada en contenedor hasta su despacho.	
2-0	:	Planta cultivada 2 temporadas en contenedor hasta su despacho.	

3.2. Estándares de calidad de planta para ruil.

Si bien es cierto, los estudios acerca de producción de plantas en especies como ruil, son escasos, existen algunas experiencias en el contexto de investigaciones científicas con fines de restauración más que de orden productivo. A continuación se señalan los resultados de dichas experiencias para algunos atributos de calidad de plantas que se han obtenido en las investigaciones (Tabla 25).

- Altura: Estudios realizados por Santelices et al. (2009) con plantas de ruil procedentes de 5 sectores de la región del Maule, después de ocho meses de cultivo, registraron una altura media de 11,5 cm. Por su parte, San Martín et al. (2006) reportan crecimientos para plantas cultivadas durante una temporada en la ciudad de Valdivia, en contenedores de 130 ml, de alturas superiores a los 35 cm. A su vez, Del Fierro & Pancel (1998) señalan que es posible producir en una temporada plantas de ruil de más de 50 cm de altura en una temporada.

Otro estudio realizado por Santelices et al. (2011b) evaluaron el efecto de la fertilización y sombra sobre el crecimiento de plantas de Ruil producidas en contenedor, luego de una temporada, se concluye que para la altura de las plantas, las dosis de fertilización probadas no generan diferencias significativas para esa variable, obteniendo medias de entre 28,4 y 29,7 cm. Los resultados muestran que hubo un efecto significativo de la sombra en el desarrollo de las plantas, observándose mejores atributos en plantas con 35-50 % de sombra (27,9 – 31,8 cm, respectivamente), respecto de las cultivadas con 80 % (25,2 cm). Alturas superiores las señala, un estudio realizado por INFOR (2010d), para plantas de ruil de una temporada, producidas en contenedores de 130 ml y 280 ml, alcanzando medias de 42,8 y 57,2 cm.

- Diámetro a la altura del cuello: Santelices et al. (2009) con plantas de Ruil procedentes de 5 sectores de la región del Maule, después de ocho meses de cultivo, registraron un dac medio de 2,5 mm. Por su

parte, San Martín et al. (2006) reportan para plantas cultivadas durante una temporada en la ciudad de Valdivia, en contenedores de 130 ml, diámetros de cuello medios de 4-6 mm. Santelices et al. (2011b) evaluaron el efecto de la fertilización y sombra sobre el crecimiento de plantas de ruil producidas en contenedor. Los resultados muestran que hubo un efecto significativo de la sombra en el desarrollo de las plantas, observándose dac mayores en plantas con 35-50 % de sombra (2,2 y 2,3 mm, respectivamente), respecto de las cultivadas con 80 % (1,6 mm). En general, la fertilización no afectó el dac de las plantas (3,8 – 3,9 mm). Diámetros superiores las señala, un estudio realizado por INFOR (2010d), para plantas de ruil de una temporada, producidas en contenedores de 130 ml y 280 ml, alcanzando medias de 4,4 y 5,5 mm.

- Índices de calidad de planta: En el estudio realizado por Santelices et al. (2009) con plantas de ruil procedentes de 5 sectores de la región del Maule, a pesar de no tener un gran tamaño, presentan gran estabilidad, dado por la relación H/D, la que es menor de 10, lo que facilitaría su posterior establecimiento en campo. Otro estudio realizado por Santelices et al. (2011b) evaluaron el efecto de la fertilización y sombra sobre el crecimiento de plantas de ruil producidas en contenedor. Los índices de las plantas cultivadas con sombra moderada (35-50 %) muestran un equilibrio entre el crecimiento de la parte aérea y el de la radical.
 - o Volumen radicular: evaluaron el efecto de la fertilización y sombra sobre el crecimiento de plantas de ruil producidas en contenedor con un volumen de 140 cm³, obteniendo plantas equilibradas de una temporada (Santelices et al. 2011b). Por su parte INFOR (2010d), obtuvo plantas de ruil de una temporada con atributos morfológicos que permitieron su establecimiento en terreno, con plantas producidas en contenedores de 130 cm³.

Tabla 25. Criterios morfológicos para plantas de ruil según bibliografía.

ATRIBUTO	MAGNITUD	AUTOR
Altura (cm)	50	Fierro & Pancel, 1998
	35	San Martín et al. 2006
	11,5	Santelices et al., 2009
	42,8 – 57,2	INFOR, 2010 d
	25,2 – 31,8	Santelices et al., 2011b
Dac (mm)	4 – 6	San Martín et al., 2006
	2,5	Santelices et al., 2009
	4,4 – 5,5	INFOR, 2010d
	1,6 – 3,9	Santelices et al., 2011b
Volumen contenedor (cm ³)	130 ml	San Martín et al., 2006
	130	INFOR, 2010d
	140 cc	Santelices et al., 2011b

4. Encuesta de Terreno.

4.1. Estructuración y Elaboración de la Encuesta de Terreno.

La encuesta desarrollada para determinar el tipo de plantas de ruil que están produciendo los viveros, consideró en una primera parte, información administrativa, y luego información acerca de parámetros morfológicos y fisiológicos de las plantas producidas. A continuación se adjunta encuesta tipo utilizada en la entrevista a los viveros forestales.

ELABORACIÓN PRELIMINAR DE PROPUESTA DE ESTÁNDARES DE CALIDAD DE PLANTA PARA RUIL

Nombre vivero:.....

Nombre encuestado:.....

Fecha encuesta:.....

Coordenadas:.....

Región.....

Provincia.....

Comuna.....

Producción total de plantas.....

Tipo de producción.....

CONSULTA	SI	NO
Considera necesaria la certificación Morfológica de las plantas con fines forestales.		
Considera necesaria la certificación Fisiológica de las plantas con fines forestales		
Considera necesaria la certificación de las semillas forestales.		

CRITERIOS MORFOLÓGICOS CUANTITATIVOS PARA LA ESPECIE RUIL

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	TIPO DE PLANTA	ATRIBUTO	MAGNITUD	SUGERENCIA	OBSERVACIÓN
A raíz cubierta	1-0	Altura (A)	20 - 30 cm		
		Diámetro de cuello (D)	> 3 mm		
		Relación (D/A)	Mínimo 1 / 60		
		Raíces	Pan íntegro. Volumen mínimo de la cavidad 130 cm ³		
1-0 : Planta cultivada 1 temporada en contenedor hasta su despacho.					

ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS DE LAS PLANTAS FORESTALES

TIPO	NUTRIENTE	SÍMBOLO	RANGO ADECUADO			SUGERENCIA	OBSERVACIÓN
Macronutriente	Nitrógeno	N	1,70%	a	2,50%		
	Fósforo	P	0,12%	a	0,25%		
	Potasio	K	0,50%	a	1,50%		
	Calcio	Ca	0,20%	a	0,90%		
	Magnesio	Mg	0,10%	a	0,30%		
	Azufre	S	0,15%	a	0,20%		
Micronutriente	Fierro	Fe	50 m g/g	a	400 m g/g		
	Manganeso	Mn	100 m g/g	a	1 250 m g/g		
	Zinc	Zn	10 m g/g	a	150 m g/g		
	Cobre	Cu	6 m g/g	a	100 m g/g		
	Boro	B	10 m g/g	a	100 m g/g		

4.2. Levantamiento de la Información.

Se realizó una visita a 19 viveros forestales ubicados en la región del Maule, a los cuales se les entrevistó, utilizando la encuesta indicada en el punto 3.1. Cabe señalar que de los 19 viveros visitados en la región, solo 9 de ellos producen plantas nativas, correspondiendo principalmente a especies como quillay, roble, raulí y hualo (Tabla 26).

Tabla 26. Viveros forestales visitados en la región del Maule.

REGIÓN	PROVINCIA	COMUNA	NOMBRE VIVERO	TIPO DE PLANTAS	NOMBRE PROPIETARIO / ADMINISTRADOR
Maule	Cauquenes	Cauquenes	Agriform	exóticas	Juan Hernández
Maule	Cauquenes	Cauquenes	El Arenal	exóticas	Mauricio Ulloa Ewert
Maule	Cauquenes	Cauquenes	El Roble	exóticas y nativas	Mauricio Ulloa Ewert
Maule	Cauquenes	Cauquenes	Los Notros	exóticas y nativas	Carlos Fuentes
Maule	Cauquenes	Chanco	Las Trancas	exóticas	Juan Hernández
Maule	Cauquenes	Pelluhue	Emaser	exóticas	Sergio van Rysselberghe Buder
Maule	Curicó	Molina	Los Maitenes	exóticas y nativas	José Olivares P.
Maule	Curicó	Sagrada Familia	Tripan S.A.	exóticas y nativas	Rodrigo Correa G.
Maule	Linares	Longavi	El Llano	exóticas y nativas	Manuel Neira
Maule	Linares	Parral	Don Benjamin	exóticas y nativas	Maria José Falcón Cofré
Maule	Linares	Parral	Trayenco	exóticas	Leonardo Muñoz/Maria Millar
Maule	Linares	Retiro	El Álamo	exóticas	CAF El Álamo. Luis Retamal
Maule	Linares	San Javier	La Esperanza	exóticas	Manuel Camerón
Maule	Talca	Constitución	El Peral	exóticas	Gonzalo Gómez
Maule	Talca	Curepto	Don Augusto	exóticas	Augusto Barrios San Martín
Maule	Talca	Maule	Maule	exóticas	Marco Salgado
Maule	Talca	Talca	Purísima Ltda.	exóticas y nativas	Elio Barrios Lagos
Maule	Talca	Talca	Universidad Católica del Maule	exóticas y nativas	U.C. del Maule (Juan Carlos Bobadilla)
Maule	Talca	Talca	Universidad de Talca	exóticas y nativas	Marta Albornoz

4.3. Evaluación y Análisis de Encuesta.

De acuerdo a la información bibliográfica recopilada, así como los resultados de la encuesta realizada en terreno, en la Tabla 27 se presentan los valores recomendados para cada uno de los atributos morfológicos para plantas de ruil producidas en una temporada en vivero.

Cabe señalar que debido a la baja cantidad de viveros que producen plantas nativas y en particular Ruil, tan solo un vivero respondió la encuesta específica para esta especie. Este vivero fue el de la Universidad Católica de

Maule, no obstante, existen actualmente otros viveros que están incorporando para sus nuevas producciones la especie ruil, como el vivero Quivolgo de Forestal Celco.

Tabla 27. Atributos morfológicos sugeridos para la especie ruil.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	TIPO DE PLANTA	ATRIBUTO	MAGNITUD
A raíz cubierta	1-0 ^{a)}	Altura (A)	> 25 cm
		Diámetro de cuello (D)	> 3 mm
		Relación (D/A)	Mínimo 1/80
		Raíces	Pan íntegro. Volumen mínimo de la cavidad 130 cm ³
a) 1-0 : Planta cultivada 1 temporada en contenedor hasta su despacho.			

