

INFORME FINAL PROYECTO CONAF BOSQUE NATIVO

EVALUACIÓN DE ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN DE LA CUBIERTA ARBÓREA CON PRESENCIA DE *Nothofagus macrocarpa* o *Nothofagus glauca* por MEDIO DE REGENERACIÓN NATURAL Y PLANTACIÓN

Peña-Rojas K., Donoso S., Durán S., Pacheco C., Galdames E., Espinoza C.

Programa de Bosques Mediterráneos, Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile

RESUMEN

La eco-región de Chile central, es considerada como una de las 25 áreas más relevantes a nivel mundial, en cuanto a su biodiversidad, por ser uno de los pocos ecosistemas mediterráneos existentes en el mundo. En esta zona se sitúa el bosque mediterráneo, que incluye formaciones esclerófilas y formaciones de latifoliadas caducas entre otras, las cuales tienen una distribución geográfica reducida y se encuentran biogeográficamente aisladas, lo que les da un carácter único.

Las principales amenazas para los bosques mediterráneos de la zona central de Chile son: la degradación debido a los usos inadecuados, la destrucción de los ecosistemas forestales producto de la conversión a la agricultura, ganadería y plantaciones forestales de rápido crecimiento, y los incendios forestales. Esto ha generado ecosistemas fragmentados, en proceso de degradación, con una menor diversidad biológica y servicios ecosistémicos. Lo que se verá acrecentado por efecto del cambio climático.

Por lo anterior es necesario establecer y evaluar pautas silviculturales y generar parte de la información requerida para la construcción de modelos de gestión, para las formaciones con *N macrocarpa* o *N glauca*, en relación a la regeneración natural y plantación, dirigidas a la regeneración y recuperación de éstos, y complementariamente para las especies del bosque esclerófilo. Con el fin de favorecer la recuperación de la cubierta arbórea y mejorar los servicios ecosistémicos de dichas formaciones vegetales.

Se realizaron las instalaciones, el seguimiento, y las evaluaciones en sobrevivencia, crecimiento, biomasa aérea y radicular, variables microambientales, entre otras, de los ensayos de regeneración y plantaciones comprometidas en el proyecto en Cerro El Roble, Reserva Nacional Los Cobres de Loncha y en el Predio Pantanillo. Se colectaron semillas y se hizo la caracterización de ellas (viabilidad, capacidad germinativa, tratamientos pregerminativos, etc). Actividades necesarias para lograr los objetivos propuestos en el proyecto. Complementariamente, se evaluaron plantaciones con especies nativas arbóreas (*Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Cryptocarya alba*) y arbustivas del bosque esclerófilo en Cerro El Roble y Región del Maule.

Dentro de los resultados está la obtención de la información básica requerida para establecer algunas pautas de gestión para favorecer la regeneración y la sobrevivencia de la plantación de *N. macrocarpa* y *N. glauca*, que permiten apoyar la recuperación de la cubierta arbórea de éstas formaciones boscosas. Pero también, de las formaciones esclerófilas presentes en los bosques mediterráneos chilenos aledaños a los sectores evaluados.

La formación de *N. macrocarpa* de Cerro El Roble presenta varias dificultades para afrontar la recuperación de la cubierta arbórea. Si bien las semillas son viables (%) y tienen una buena germinación, es baja la cantidad de plantas obtenidas en vivero para ser utilizadas en una plantación, además son pocos los árboles adultos que producen semillas y esta producción no ocurre todos los años. Por otro lado la sobrevivencia de la regeneración natural del año es muy baja (%), pudiendo ser mejorada con la aplicación de riego en la época estival, siendo muy escasa la regeneración de más de un año y muy lento su desarrollo, no encontrándose regeneración mayor a 30cm de altura. Cuando se piensa en plantar, además de la dificultad de obtener plantas, éstas requieren un nivel de protección (cobertura media a alta) y el riego durante la época de verano. A todo esto se suma el escaso crecimiento de los árboles adultos y la no existencia de árboles juveniles, y adicionalmente el pronóstico del aumento de temperatura y disminución de las precipitaciones en la zona central chilena debido al cambio climático.

Si bien las formaciones de *N. macrocarpa* presentes en la Reserva Nacional Los Cobres de Loncha presentan algunos aspectos de vigorosidad y desarrollo de los árboles adultos, y la

producción de semillas y existe regeneración natural del año, la cual presenta una mayor sobrevivencia, no se encontró regeneración natural de más de 30cm de longitud y no se observaron árboles juveniles y la formación corresponde a un bosque secundario con muchos vástagos por cepa al igual que en Cerro El Roble. Las formaciones de *N. glauca* también presentaron regeneración del año pero no se observó regeneración de más de un año con desarrollo en altura superior a 30cm y no se observaron individuos juveniles, si ocurrió semillación las cuales presentaron una alta viabilidad y buena capacidad germinativa al igual que *N. macrocarpa*.

En el caso de *N. glauca* presente en el predio Pantanillo en región del Maule se observa la presencia de semillas y de regeneración natural del año y de más de un año la cual tiene una sobrevivencia media a baja y tampoco se observa regeneración con desarrollo en altura superior a 30cm, menos aún individuos juveniles. En cuanto la sobrevivencia y desarrollo de la plantación es muy limitada independientemente de la cobertura y trabajo en el suelo, posiblemente requiera la aplicación de riego en la época de mayor restricción hídrica durante los primeros años para mejora el prendimiento y desarrollo de esta.

En cuanto a la sobrevivencia y desarrollo de la plantación con especies del bosque esclerófilo evaluadas en Cerro El Roble, se puede señalar que las con mejor sobrevivencia y desarrollo se encuentran Quillay, Litre y Colliguay (*Colliguaja odorífera*) con aplicación de un riego mensual de 5 litros por planta durante la época de mayor restricción hídrica, mientras que Peumo y Palma Chilena (*Jubaea chilensis*) presentaron una escasa a nula sobrevivencia y crecimiento a pesar de la aplicación de riego de 15 litros por planta en los meses de verano. Por otro lado, en la Región del Maule, las plantas de Quillay, Litre presentaron una buena sobrevivencia al ser plantadas en zanjas de infiltración y sin la aplicación de riego, y Peumo plantada en casillas con colectores y sin riego presentaron una sobrevivencia media a buena.

A partir de los resultados obtenidos, de los ensayos de regeneración y plantación, se corrobora un patrón de restricción hídrica estival que se reduce latitudinalmente de norte a sur. Es así como el riego estival de las plantas es fundamental en la RM para Roble de Santiago y las especies esclerófilas Quillay y Litre. Mientras que en el secano interior de la región del

Maule, las plantas de Quillay, Litre y Peumo toleraron sin riego el primer período estival, no así *N. glauca* que presentó una sobrevivencia baja.

Un punto importante a considerar es que los procesos de restauración requieren ser iniciados con las especies arbustivas y arbóreas que mejor resistan las condiciones más adversas, para en una etapa posterior (varios años o décadas después) establecer las especies más sensibles a los estreses ambientales presentes en la zona. Por otro lado una gran falencia detectada, es la escasa disponibilidad en vivero de plantas arbustivas o rastreras nativas, que faciliten los procesos de revegetación, así como de plantas adecuadamente preparadas para enfrentar los estreses ambientales.

En el marco de la ley 20.283, una de las actividades a financiar corresponde al enriquecimiento ecológico en bosque nativo de preservación o plantación suplementaria en bosques destinados a la obtención de productos madereros y no madereros. Uno de los aspectos que inhibe el desarrollo de estas actividades, es la escasa información respecto a forma de regenerar formaciones vegetales, que en el caso de *N. macrocarpa*, incluso hay dificultades en su viverización. En ese sentido, los propietarios de bosque nativo que desean recuperar sus bosques mediante plantación o regeneración natural, se encuentran en un escenario de alta incertidumbre. El presente proyecto, entrega antecedentes que permite entregar mayor certeza y entrega lineamientos referentes a formas de gestionar estas formaciones para restaurar la cubierta vegetal.

INTRODUCCIÓN

De los usos tradicionales que se le ha dado al bosque perteneciente a la vegetación mediterránea de Chile, la extracción de leña, que antiguamente se utilizaba para el procesamiento de minerales y el consumo doméstico (Fuentes 1988), es quizás uno de los usos que mayor degradación e impacto ha provocado en el recurso forestal nativo. A lo anterior, se suma el pastoreo y el ramoneo, por la introducción de animales herbívoros desde Europa, el desmonte para la habilitación de terrenos agrícolas y los incendios causados por el hombre, todas con consecuencias severas para la sustentabilidad del recurso.

Dentro del área mediterránea de Chile central se encuentran formaciones boscosas que no sólo han sido testigo de esta clase de usos, sino que además comparten características que les confieren un interés particular. Bajo este escenario, se encuentran *Nothofagus macrocarpa* y *Nothofagus glauca*, dos especies del bosque caducifolio pertenecientes al tipo forestal Roble-Hualo y que, en el límite norte de su distribución, pueden considerarse como relictos que quedaron como consecuencia del desplazamiento del frente polar 5 a 7 grados hacia el norte durante la última glaciación (Rundel 1981, Heusser 1983, Pérez y Villagrán 1985, Casassa 1986, citados por Donoso 1998). Ambas especies, tenían una distribución continua en esta área, y al tornarse más árido el clima, quedaron relegadas a las cumbres de los cerros, donde el microclima es más húmedo y las especies esclerófilas están ausentes (Casassa 1986). Los bosques más septentrionales del tipo forestal Roble-Hualo son aquellos ubicados en los Cerros La Campana, El Roble y La Campanita (Donoso 1998), lo que les confiere un enorme interés científico.

La estructura de edades de la formación perteneciente a la localidad de Cerro El Roble, en la cual se encuentra una importante población de *Nothofagus macrocarpa*, muestra una curva normal que a partir de los 30 años tiene forma de J inversa (Donoso 1998), lo cual indica que la regeneración no ha tenido éxito en los últimos años, encontrándose el bosque en un estado de desarrollo estacionario (Gollowash *et al.*, 1982). Si bien se ha observado en algunos sectores abundante semillación y emergencia de plántulas, éstas no logran establecerse debido a factores ambientales que aún no están claramente definidos. El proceso de germinación y establecimiento de plántulas son las etapas más cruciales durante el ciclo de vida de las plantas y son tremendamente dependientes del ambiente abiótico en el cual se desarrollan (Guerrero y Bustamante 2009), por lo que se requiere realizar un continuo monitoreo de las plántulas, especialmente en su fase de emergencia y establecimiento, poniendo énfasis en los factores ambientales que determinan una mayor sobrevivencia. Como medidas de recuperación del bosque, se han propuesto diferentes intervenciones silviculturales con fines de conservación para esta comunidad (Donoso 2007), y en experimentos de campo se ha observado una buena respuesta inicial, hídrica y de crecimiento, en individuos que han sido sometidos a raleo (Pacheco, 2008). Sin embargo, estas medidas, en particular el raleo de vástagos, no están contempladas en la ley de bosque nativo como actividades destinadas a favorecer la regeneración, recuperación o protección de bosques nativos de preservación, por

lo que futuras revisiones de la ley deben realizarse para fomentar la bonificación de dichas actividades. Según Cabello *et al.* (2002), la superficie de bosques caducifolios está progresivamente disminuyendo por ambos extremos de su distribución altitudinal. Si a esto añadimos un mal manejo del recurso podemos llegar a resultados que sean catastróficos para las especies de esta zona especialmente para especies como *Nothofagus macrocarpa*. Frente a esto, resulta necesario establecer un conjunto de acciones dirigidas al rescate, conservación y sostenibilidad de los bosques de *Nothofagus macrocarpa*. En este sentido Gajardo (2004) propone entre varias acciones, realizar un reconocimiento detallado del terreno para fijar pautas para una silvicultura de protección y generar parcelas permanentes, evaluar el impacto ambiental pasado y actual que afecta a dichas formaciones, definir las características de la dinámica ecológica de estos bosques y efectuar estudios de regeneración, reproducción y propagación para futuros enriquecimientos y reforestaciones.

Los bosques de *Nothofagus glauca* en tanto, han estado sometidos a un fuerte proceso de alteración antrópica, y en la cordillera de la costa de la VII Región, su superficie ha decrecido fuertemente producto de talas indiscriminadas y del reemplazo por especies exóticas de rápido crecimiento (Litton y Santelices 1996). El estado actual de sus masas boscosas se reduce a algunas escasas muestras de rodales aún no explotados, desde las cercanías de Alhué, en la Región Metropolitana, a la provincia de Ñuble, VIII Región (Serra *et al.*, 1986). Su estado de conservación es “vulnerable” (Benoit 1985), y actualmente el paisaje de esta región es un mosaico de pequeños fragmentos de bosque nativo inmersos en un “océano” de plantaciones de pinos (Bustamante y Castor 1998), por lo que puede pasar a la categoría “en peligro” si sus poblaciones continúan disminuyendo (Benoit 1985).

En resumen, el tipo forestal Roble-Hualo se encuentra bajo una fuerte presión ambiental, por la mediterraneidad de su distribución y exposición a procesos de sequía y altas temperaturas durante el verano, y antrópica, por la fuerte sustitución de bosque nativo con plantaciones de especies de rápido crecimiento. A esto se suma el hecho de la escasa regeneración y establecimiento de plántulas que presenta el bosque, sobre todo en su distribución más septentrional. Dentro de él, se produce la mayor cantidad de endemismos y ocurrencia de especies leñosas raras y amenazadas de extinción en Chile (Donoso 1998), por lo que es

urgente tomar medidas que permitan la recuperación de estos componentes del bosque caducifolio.

La ley 20.283 sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal, es el instrumento legal que tiene como objeto la protección, recuperación y el mejoramiento del bosque nativo. Actualmente, las medidas destinadas a favorecer la regeneración y recuperación de bosques nativos de preservación se enmarcan en actividades de enriquecimiento, siembra directa, control de malezas y plantación.

La repoblación forestal a través de la plantación, es una importante herramienta que permite asegurar una buena calidad de la futura cubierta vegetal, además de reducir la erosión, y mejorar los suelos degradados (Barberá *et al.*, 2005). Bajo el contexto actual en el que se encuentran estas especies, es preciso recurrir a otros medios como las reforestaciones con el fin de asegurar una suficiente cubierta vegetal a mediano y largo plazo. Sin embargo, la reforestación de ambientes mediterráneos a menudo sufre la pérdida de grandes cantidades de plantas debido a la sequía del periodo estival (Castro *et al.*, 2002, Jordano *et al.*, 2002). Diversas técnicas se han usado para aliviar este problema, como la construcción de zanjas de retención de agua alrededor de cada planta, aplicación de compuestos de retención de humedad en la zona radicular, inoculación con micorrizas y la utilización de tubos protectores en cada planta. Sin embargo, el uso de cualquiera de estas técnicas es limitada ya que encarecen considerablemente el costo de la reforestación (Castro *et al.*, 2002).

En el último tiempo, y en el ámbito de la ecología de la restauración, se ha estado utilizando el concepto de planta nodriza para las repoblaciones forestales. La principal razón detrás de este efecto nodriza es el mejoramiento en las relaciones hídricas de las plántulas (Holmgren *et al.*, 1997, Jordano *et al.*, 2002). En la sombra de una planta nodriza, las temperaturas del aire y del suelo son más bajas, y el contenido del agua de las capas superficiales del suelo tienden a permanecer más altas (Joffre y Rambal 1988, Gutiérrez 2001). Bajo tales circunstancias, resulta más beneficioso para un árbol juvenil, crecer al amparo de otra planta leñosa, que actúa como nodriza, que crecer en un claro desprovisto de vegetación protectora. La vegetación protectora puede tener implicancias en la sobrevivencia porque puede modificar, en cierta medida, el microclima en el que desarrolla la nueva cubierta vegetal. El dosel del

bosque, por ejemplo, es uno de los factores más determinantes del hábitat existente al interior de un bosque. Éste controla la cantidad, calidad, la distribución temporal y espacial de la luz, y en cierta medida, la humedad del suelo (Jennings *et al.*, 1999).

Bajo el contexto del ambiente mediterráneo, es de vital importancia evaluar las medidas de restauración con variables ambientales y fisiológicas. Entre las variables fisiológicas más importantes por su interpretación ecológica, destaca el potencial hídrico por su estrecha relación con el contenido de humedad del suelo. El potencial hídrico, es un indicador de la condición de estrés en que se encuentra un vegetal bajo una condición dada de disponibilidad de agua en el suelo (Tyree y Ewers, 1991). Esta relación ha sido utilizada en un gran número de estudios que consideran el potencial hídrico como un indicador del potencial hídrico del suelo (Reich y Hinckley 1989, Rambal 1992, Breda *et al.* 1995, David *et al.*, 2004, González *et al.*, 2004, Otieno *et al.*, 2006). El estudio de esta relación en el campo de la restauración es de vital importancia, pues provee la información básica para la toma de decisiones, especialmente en la fase de establecimiento ya que las plantas pueden experimentar importantes periodos de estrés, sobretodo hídrico (Meghelli 2006). Estudios previos en relaciones hídricas de plantas (Clifford *et al.*, 1998, Roux y Bariac 1998, Vertovec *et al.*, 2001, Gebrekirstos *et al.*, 2006) han enfatizado la necesidad de investigar dichas relaciones y sus respuestas a los cambios en la disponibilidad del recurso.

El estudio realizado es innovador e importante, ya que, en Chile no se han desarrollado investigaciones que analicen los métodos o técnicas de reforestación y manejo de la regeneración, integrados con el análisis de variables fisiológicas y ambientales. Esta metodología permite profundizar en determinados aspectos que se consideran esenciales para entender los mecanismos ecofisiológicos de adaptación de las especies de ecosistemas mediterráneos a las condiciones medioambientales (naturales y antropogénicas). Adicionalmente, la incorporación de parámetros ecofisiológicos permite comprender la forma como se genera la respuesta y por consiguiente plantear propuestas de manejo más sólidas. La evaluación de este tipo de variables en conjunto con la caracterización del ambiente físico y ambiental en el que se desarrollará la reforestación, permitirá por tanto, fijar las pautas básicas para llevar a cabo las operaciones de plantación en este tipo de formaciones, y de esta forma, establecer un modelo de gestión para las formaciones del tipo forestal Roble-Hualo y de

algunas especies esclerófilas acompañantes como quillay (*Quillaja saponaria*), Litre (*Lithraea caustica*) y Peumo (*Cryptocarya alba*).

OBJETIVO GENERAL

Evaluar diferentes actividades silviculturales orientadas a restaurar bosques mediterráneos de alto valor ecológico con presencia de *Nothofagus macrocarpa* o *Nothofagus glauca* por medio de regeneración natural o plantación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar el potencial regenerativo de formaciones de *Nothofagus macrocarpa* y *Nothofagus glauca*, y analizar los grados de tolerancia de la regeneración natural frente a la disponibilidad hídrica e intensidad lumínica, en condiciones de campo. Para determinar los principales factores que inciden en el éxito de su establecimiento y desarrollo.
2. Evaluar diferentes formas de restauración de los bosques mediterráneos con presencia de *Nothofagus macrocarpa* o *Nothofagus glauca* por medio de plantación suplementaria, y analizar los grados de tolerancia de las plantas frente a la disponibilidad hídrica e intensidad lumínica, en condiciones de campo. Para determinar los principales factores que inciden en el éxito de su establecimiento y desarrollo.
3. Establecer pautas silviculturales y modelos de gestión, para los bosques, en relación a la regeneración natural y plantación, dirigidas a la regeneración y recuperación de éstos.

METODOLOGÍAS

Selección de las áreas y evaluación inicial de los rodales:

Los sectores del ensayo estarán localizados en: Cerro El Roble, localidad Caleu, comuna de Til Til, Región Metropolitana, a unos 80km noroeste de Santiago (32° 58' Latitud Sur, 71° 01' Longitud Oeste, aproximadamente), con una superficie de 996,1 ha, donde se encuentra una formación de Roble de Santiago (*Nothofagus macrocarpa*)

Predio Pantanillo, comuna de Constitución, VII Región del Maule, ubicado a 23 kilómetros antes de la ciudad de Constitución en la ruta que une San Javier con la ciudad de Constitución, (35° 26' latitud Sur, 72° 17' Longitud Oeste, aproximadamente), con una superficie de 392ha, donde se encuentra una formación de Hualo (*Nothofagus glauca*).

Reserva Nacional Roblería del Cobre de Loncha, localizado en la comuna de Alhué provincia de Melipilla, Región O'Higgins (34° 9' Latitud Sur, 70° 57' Longitud Oeste, aproximadamente), con una superficie de 5.870 ha, donde se encuentran formaciones de Roble de Santiago y Hualo.

Se identificarán mediante fotografías aéreas las áreas con presencia de Roble de Santiago y Hualo. En estos lugares se realizarán cuatro parcelas de inventario silvícola de 500m², con el fin de caracterizar los sectores. En cada parcela, se identificarán si son árboles de semilla sin intervención previa o vástagos provenientes de cepas intervenidas anteriormente, y se realizarán medidas dendrométricas tales como; diámetro a la altura del tocón (DAT), diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetros de copa, número de vástagos por cepa, entre otras.

También, en estos sectores se realizará una colecta de semillas para caracterizarlas a través de; la viabilidad de las semillas, el número de semillas por kilo, la capacidad germinativa, entre otras. Además, se evaluará el nivel de depredación de semillas a través de la instalación de dispositivos con semillas marcadas. Este punto dependerá si coincide con los años buenos de producción de semillas, ya que se sabe que las especies del género *Nothofagus sp.*, por lo general tienen años bueno y años malos de producción de semillas.

Objetivo 1: En los tres sectores se realizará una prospección para seleccionar las áreas que presenten regeneración natural establecida en el año y establecida en años anteriores y se seleccionarán las zonas donde se instalarán los ensayos para evaluar morfológica y ecofisiológicamente las diferentes regeneraciones natural, y evaluaciones del microclima donde se desarrollan.

En las zonas de ensayo de regeneración natural se realizará una marcación y caracterización dendrométrica (DAT, (DAP), diámetros de copa, número de vástagos por cepa, entre otras),

de los árboles madre. Además, se evaluará la cobertura arbórea e índice de área foliar (LAI), mediante la toma de imágenes hemisféricas (fotografía digital), con el instrumento HEMIv4 (Delta T devices Inc., England), que tiene un lente con una inclinación de 180°, y para la preparación y análisis de las imágenes se utilizará el software Hemiview Canopy Analysis.

En las parcelas de regeneración natural del año se evaluará mensualmente la sobrevivencia de las plántulas según grado de cobertura (tres grados de cobertura (sin cobertura, 50% de cobertura y 80% de cobertura desde noviembre a marzo-abril dependiendo de las condiciones ambientales) y montos de riego (sin riego y con 2,5 litros de riego cada 15 días desde noviembre a marzo-abril dependiendo de las condiciones ambientales). Para cada zona como mínimo se realizarán cuatro parcelas por tratamiento. Además, en cada parcela se realizará un seguimiento del contenido de agua del suelo, antes de cada aplicación de riego, con el instrumento Hidrosence soil water measurement system con sensor de 12 y 20cm, y mensualmente la temperatura del suelo con un termómetro de suelo digital que utiliza una sonda de acero inoxidable de 18cm de longitud, y la radiación fotosintéticamente activa (PAR), con un sensor PAR de barra, el cual entrega un promedio de los seis sensores distribuidos en la barra de un metro de longitud, de forma mensual durante los meses de noviembre a marzo-abril.

En las parcelas de regeneración de más de un año (mínimo cuatro parcelas por sector y con 10 plántulas por parcela), se procederá a identificar y marcar cada plántula de regeneración para realizar un seguimiento de su desarrollo a través del crecimiento en diámetro a la altura al cuello (DAC), previa marcación de la zona de medición, longitud y sobrevivencia. Además, en cada parcela de regeneración, por sector, se evaluará mensualmente el contenido de agua del suelo con el instrumento Hidrosence soil water measurement system con sensor de 12 y 20cm, la temperatura del suelo al mediodía, con un termómetro de suelo digital que utiliza una sonda de acero inoxidable de 18cm de longitud, y la radiación fotosintéticamente activa (PAR) al mediodía, con un sensor PAR de barra, el cual entrega un promedio de los seis sensores distribuidos en la barra de un metro de longitud, durante los meses de mayores restricciones ambientales (noviembre a marzo-abril).

También se extraerán algunas plántulas del año y establecidas en años anteriores para realizar una caracterización y evaluación de de la biomasa aérea total y por componente (hojas y tallo) y radicular, según longitud del tallo.

Mediante análisis de varianza, se comparará la respuesta de los diferentes parámetros evaluados, por tratamiento y zona. Si existen diferencias significativas se utilizará una prueba de comparación múltiple. Estos análisis se realizarán al término de cada evaluación y al final del estudio.

Objetivo 2: En Cerro El Roble (CR) y Pedrío Pantanollos (PP) se realizará una prospección para seleccionar las áreas con apertura del dosel superior a 3m y luego se seleccionarán las zonas donde se instalarán los ensayos de plantación donde aproximadamente para cada zona se plantarán con el fin de evaluar morfológica y fisiológicamente las respuestas de las plantas de Roble de Santiago, Hualo y especies acompañantes del bosque esclerófilo. Además, se realizará un seguimiento ambiental (microclima).

En las zonas de ensayo de plantación se evaluará la cobertura arbórea e índice de área foliar (LAI), mediante la toma de imágenes hemisféricas (fotografía digital), con el instrumento HEMIV4 (Delta T devices Inc., England), que tiene un lente con una inclinación de 180°, y para la preparación y análisis de las imágenes se utilizará el software Hemiview Canopy análisis, de cada apertura del dosel donde se plante.

Previa a la plantación se caracterizarán las plantas a través de la medición y marcación del DAC y altura, y se analizará la biomasa total y por componente, y relación parte aérea parte aérea/parte radicular (PA/PR).

Se evaluará el trabajo en el suelo (casillas con colectores y zanjas de infiltración), nivel de cobertura (sin cobertura, mediana y baja cobertura) y aplicación de riego en el caso de CR y sin riego en PP. se analizarán las respuestas en sobrevivencia, crecimiento y respuestas hídricas, y variables microambientales. En cada ensayo se evaluará el desarrollo de las plantas a través de las mediciones del DAC y longitud de las plantas dos veces al año (diciembre y abril), previa marcación de la zona de medición.

Al término de cada evaluación y al final del estudio, se comparará la respuesta de los diferentes parámetros evaluados, por tratamiento, mediante análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples si existen diferencias significativas.

Objetivo 3: Para cumplir con este objetivo, se analizarán por separado y en conjunto los resultados obtenidos de los análisis dendrométricos, morfo-fisiológicos, y ambientales, obtenidos durante los años evaluados en el proyecto.

Se tendrá una mayor consideración de los resultados obtenidos en el período de verano, época con mayor incidencia de restricciones ambientales (hídrico, lumínico y térmico) que afectan el desarrollo de la regeneración natural y de las plantaciones.

Con el análisis y evaluación de los resultados obtenidos de los ensayos, establecerán pautas silviculturales y modelos de gestión, que estén dirigidas a la recuperación de estas formaciones vegetales a través de la regeneración natural y plantación.

ACTIVIDADES IMPLEMENTADAS Y RESULTADOS ALCANZADOS

Prospección y caracterización de formaciones de *N. macrocarpa* y *N. glauca*

Las primeras actividades que se realizaron para lograr el objetivo general y específicos planteados, y de acuerdo a las metodologías especificadas en el proyecto, fue la identificación mediante fotografías aéreas de las áreas con presencia de Roble de Santiago (*Nothofagus macrocarpa*) y Hualo (*Nothofagus glauca*) en las tres localidades involucradas en el proyecto Cerro El Roble (CR), Reserva Nacional Roblería del Cobre de Loncha (RCL) y Predio Pantanillos (PP) (Anexo, Figura 1). Posteriormente se procedió a realizar en las áreas seleccionadas una caracterización dasométrica de las formaciones boscosas presentes, para lo cual se realizaron parcelas de inventario de 500m² (Anexo, Tablas 1, 2, 3 y 4) las que fueron georeferenciadas. A continuación, se realizó una prospección en terreno para seleccionar las áreas donde se instalarán los ensayos de regeneración natural por semilla, en las tres localidades. Conjuntamente en CR y PP se realizó una prospección para seleccionar las áreas

donde se instalarán los ensayos de plantación de Roble de Santiago, Hualo y especies esclerófilas acompañantes.

Resultados: Los bosques de *N. macrocarpa* de CR y RCL se pueden catalogar como renovales marginales de acuerdo a su área basal y su estructura que se caracteriza por presentar un alto número de vástagos de DAP pequeños (menores a 20cm), formando una estructura diamétrica tipo J inversa. La formación de los renovales presentes en las dos localidades es de monte bajo (Anexo Tablas 1 y 4).

Hualo en PP y RCL presenta una distribución diamétrica bimodal, que sugiere que puede ser multietaneo, encontrándose una población mayor en torno a los 40cm de DAP y otra población menor en torno a los 15cm de DAP, posiblemente más jóvenes. En RCL los bosques de Hualo presentan una mejor ocupación del sitio a juzgar por el área basal y posiblemente más avanzado en desarrollo que los de PP (Anexo Tablas 2 y 3).

Objetivos específicos 1.

Viabilidad y germinación de semillas de *N. macrocarpa* y *N. glauca*

Entre enero a abril de 2011, se colectaron semillas en los sectores de RCL (Roble de Santiago y Hualo) y PP (Hualo), las que fueron guardadas a 4°C hasta ser evaluadas. Con las semillas colectadas se realizaron los ensayos de viabilidad y de germinación. En el caso de CR, ocurrió una gran producción de semillas en verano de 2009, no obstante en verano de 2010, 2011 y 2012 fue escasa a nula, por lo cual no se pudo colectar semillas para realizar los análisis de viabilidad y germinación. Esta periodicidad o ciclos de producción de semilla concuerda con lo observado en otras especies del género *Nothofagus*, las cuales producen una gran cantidad de semillas ciertos años y en otros hay una escasa o nula producción de semillas.

El 2011 se instalaron ensayos de germinación en laboratorio para de *N. macrocarpa* colectadas en la RCL, de *N. glauca* colectadas en la RCL y de *N. glauca* colectadas en el Predio Pantanillos, aplicando diversos tratamientos pregerminativos (Anexo, Tablas 6) y se evaluó la capacidad germinativa, valor máximo y velocidad de germinación para cada especie y localidad.

Resultados: En relación al NSK, se observa que *N. macrocarpa* presenta un mayor NSK (97%) que Hualo, el contenido de humedad (CH) de las semillas no superan el 18%, siendo un 38% mayor el NSK y un 50% mayor el CH de las semillas provenientes de RCL que del CR, mientras que Hualo presenta un CH (12,5% aprox) de las semillas similares en ambos predios analizados (RCL y PP). (Anexo Tabla 5)

Si evaluamos la viabilidad de las semillas se observar que las de *N. macrocarpa* provenientes de CR presentan una mayor viabilidad (73% aprox.) que las de RCL independientemente de la técnica utilizada en la evaluación. Mientras que para las semillas de Hualo de las dos localidades en estudio presentan una muy buena viabilidad, superior al 80%, independientemente de la técnica y es superior (32% aprox.) a la de *N. macrocarpa* en CR (Anexo Tabla 5).

La capacidad germinativa (CG) es medianamente buena para las dos especies y depende del tratamiento pregerminativo aplicado. Para Hualo es mayor un 44% la CG para las semillas provenientes de RCL (considerando el mejor tratamiento para cada localidad). Mientras que para Roble de Santiago fue mayor en un 39% la CG de las semillas obtenidas el 2009 en CR que las de RCL obtenidas el 2010, considerando el mejor tratamiento para cada localidad. (Anexo Tabla 5).

Instalación y evaluación de ensayos de regeneración con *N. macrocarpa* y *N. glauca*

En las zonas de ensayo de regeneración natural, en las formaciones de Roble de Santiago y Hualo, se realizó una marcación y caracterización dendrométrica de los árboles madre (Anexo, Tablas 8, 9, 10, 11). Además, la regeneración presente fue identificada y caracterizada para su posterior seguimiento en sobrevivencia (Anexo, Tabla 12, 13, 14 y 15), y evaluación microambiental de las parcelas de regeneración instaladas (Anexo, Tabla 16).

En CR por la escasa regeneración presente en diciembre de 2010 y la experiencia obtenida en investigaciones anteriores se instaló un ensayo de 16 parcelas de regeneración del año con 10 a 15 plantas, a las cuales se le aplicó riego en los meses de mayor restricción hídrica. Se aplicó a ocho parcelas cinco litros de riego por parcela cada 15 días y a las restante ocho parcelas se les aplicaron cinco litros de riego por parcela cada 30 días, analizando la

cobertura, índice de área foliar (LAI), sobrevivencia y variables microambientales (Anexo, Tabla 17, 18).

Además, en CR se continuó con la evaluación de parcelas de regeneración de más de 1 años instalada en noviembre de 2009, esto con la finalidad de evaluar la supervivencia y desarrollo de la regeneración que logra superar el primer año de restricción hídrica en los bosques de *N. macrocarpa*. También se determinó la cobertura, índice de área foliar y seguimiento de las variables microambientales en los cuatro sectores (Sector 1 ubicado a 1200msnm, en una quebrada al inicio de la formación de *N. macrocarpa* y Sector 2 a 1900msnm, localizado dentro de la formación boscosa de *N. macrocarpa*, Sector 3 ubicado a unos 1800msnm, al costado de un sendero y Sector 4 ubicado a unos 1800msnm, en una quebrada) (Anexo, Tabla 19, 20).

Resultados: Los árboles madres de *N macrocarpa* en CR presentan 2.580árb/ha con un área basal de 32,3m²/ha sin presencia de otras especies en el dosel arbóreo, mientras que los de la RCL presentan un total de 1.633árb/ha correspondiendo a un 91% a *N. macrocarpa* con un área basal de 13,9m²/ha (Anexo, Tablas 8 y 11). En el caso de *N glauca* en RCL son formaciones puras con 1.793árb/ha con un área basal de 31,8m²/ha, mientras que en PP no son puros y presentan 1.820arb/ha de los cuales un 74% corresponden a Hualo con un área basal de 23,1m²/ha. (Anexo, Tablas 9 y 10)

En CR se observa una nula presencia de regeneración natural del año de *N. macrocarpa* esto se puede deber a la escasa a nula producción de semillas durante los años 2010, 11 y 12, mientras que en RCL que si existió semillación el año 2010 se obtuvo en promedio 2.867 plántulas de regeneración del año, la que se encuentra agrupada dejando amplios sectores sin regeneración (Anexo, Tabla 12), según los resultados se podría pensar que la escasa regeneración de *N. macrocarpa* en RCL se debe a la baja viabilidad de las semillas, mientras que en CR la causa sería la escasa semillación, pero aún faltan evaluaciones.

En el PP se observa una baja presencia de regeneración natural de Hualo, mientras que en RCL a pesar de que existe un 92% más de regeneración del año que la detectada en PP (Anexo, Tabla 12), es baja comparándola con regeneración de otros *Nothofagus*, como por

ejemplo *N. obliqua* y *N. pumilio*. Si bien los montos son superiores a los observados para *N. macrocarpa*, también se puede ver una concentración de la regeneración en algunas zonas y otra sin.

El diámetro a la altura del cuello (DAC), longitud y relación PA/PR promedio de la regeneración del año de *N. macrocarpa* en RCL son de 0,9mm, 4,1cm, 0,1 respectivamente, inferiores a las de Hualo en RCL (1,6mm, 6,4cm y 0,7 respectivamente) y PP (2mm, 12,1cm y 0,2 respectivamente) (Anexo, Tablas 14 y 15). La sobrevivencia de la regeneración del año de *N. macrocarpa* en RCL disminuyó en un 80% desde ene-2011 a mar-2012, mientras que para Hualo la sobrevivencia de la regeneración disminuyó en un 57% en RCL y un 75% en PP (Anexo, Tabla 13). Según estos resultados y los obtenidos en CR en evaluaciones previas dic-2009 a mar-2010 (supervivencia promedio de 8%) se podía indicar que *N. macrocarpa* se encuentra con problemas de regeneración en bosque, mientras que en los bosques de Hualo este problema es menos grave. Pero no obstante, es necesario continuar con las evaluaciones. Las variables microambientales de las parcelas de regeneración no presentan grandes variaciones entre ellas y mes de evaluación, al igual que la cobertura arbórea (74% en RCL para *N. macrocarpa* y 71% en promedio para Hualo), siendo el PAR lo que más varió entre localidad y meses (Anexo, Tablas 13 y 16).

En las parcelas de regeneración con riego instaladas en CR la sobrevivencia desde Dic-2010 a Mar-2011 fue de un 50% y este bajo a 13% en abr-2012 en las regadas una vez al mes y de 69% y 21,3% respectivamente en las con riego dos veces al mes (Anexo Tabla 17), siendo un 38% y 62% superior respectivamente a la alcanzada en años anteriores sin riego (8%). Esto indicaría que uno de los factores limitantes del establecimiento y desarrollo de la regeneración de *N. macrocarpa* en CR es el recurso hídrico en verano. La regeneración observada al momento de la instalación del ensayo fue más abundante bajo las copas de los árboles semillero (18,5 % de cobertura aproximadamente en Di-2011) y en la exposición norte coincidiendo con la presencia de mayor número de flores femeninas y semillación de la sección de las copas con exposición norte de los árboles. Las variables microambientales evaluadas no fueron significativamente diferentes entre las parcelas con riego mensual o bimensual. Si existen diferencias significativas entre las variables microambientales monitoreadas según el mes de evaluación. Los meses de ene-febr presentaron temperaturas máximas del suelo superiores a las de los meses de mar-abr. El contenido hídrico volumétrico

tiende a ser mayo en las regadas quincenalmente, mientras que el PAR fue menor en el mes de abr. (Anexo Tabla 18).

Las planta de regeneración de más de un año, al comienzo del ensayo, presentaron un DAC promedio de 2,2mm y una longitud promedio de 9,6cm, bajo una cobertura promedio de 74,4% (Anexo, Tabla 19). Al considerar el incremento en DAC (1,1 mm en promedio de los cuatro sectores) y longitud (1,9 cm en promedio de los cuatro sectores) durante todo el período de evaluación (Dic-2009 a Mar-2012) el efecto del cercado para protección no tiene un efecto significativo. Mientras que el Sector 3 mantiene un incremento mayor en DAC (de 3,2 mm en promedio) y el sector 3 y 4 presentan un incremento en longitud superior (5,2 cm en promedio) a los otros dos sectores (Anexo, Tabla 19). La temperatura máxima del suelo al mediodía fue significativamente mayor en los meses de ene-febr, para todas las parcelas. El VWC del suelo no es significativamente diferente entre los meses. En el PAR sólo se observan diferencias significativas entre diciembre y febrero en las parcelas sin protección (Anexo, Tabla 20).

Si bien la regeneración de más de un año mostró una supervivencia alta e incrementos en DAC y longitud, es extraño que no se observen en las formaciones analizadas (CR, RCL y PP) árboles juveniles, como es normal encontrar en otros bosques de *Nothofagus* de Chile como de Argentina.

Objetivos específicos 2:

Instalación de ensayos de plantación con *N. macrocarpa*, *N. glauca*

En dos de las localidades evaluadas (CR y PP) se delimitaron los sectores a ser plantados y específicamente en CR se cercó el sector seleccionado para plantar con *N. macrocarpa* para evitar la entrada de ganado. En PP se seleccionaron dos sectores a plantar con Hualo y con Peumo (*Cryptocarya alba*) especie que se desarrolla junto a Hualo en algunos sectores del predio.

Los tratamientos aplicados son en el sector uno dos tipos de plantas de Hualo (plantas en bolsa de 20x20 y plantas a raíz desnuda), con dos sistemas de plantación (con zanjas de infiltración y con casillas con colectores) y dos cobertura arbórea (menor a 20% de cobertura

y mayor de 50% de cobertura). Mientras que en el sector dos se utilizó dos especies (Hualo en bolsa 12x15 y Peumo en bolsa de 20x20) en casillas con colectores y con una cobertura arbórea mayor al 50%.

En CR se plantó en octubre de 2010 (cuando el terreno quede libre de nieve, 1900 msnm), plantas de *N. macrocarpa* provenientes de estacas de aproximadamente 4 años, en casillas de 30x30x40 cm con fertilización inicial (NPK), bajo tres coberturas (sin cobertura, cobertura media y cobertura alta) y aplicación de riego de 5 litros y 10 litros una vez al mes durante la época de verano (Diciembre a Abril). Posteriormente en octubre 2011 y se utilizarán dos tipos de plantas de *N. macrocarpa* (plantas de semillas generadas en vivero y plantas repicadas desde el bosque a bolsas), en casillas con colectores y dos cobertura arbórea (menor a 20% de cobertura y mayor de 50% de cobertura). Se evaluó la sobrevivencia, variables morfo-fisiológicas (crecimiento, biomasa y variables hídricas de las plantas y variables microambientales)

Resultados: En plantación de *N. macrocarpa* en el 2010 en CR, las plantas provenían de estacas con 3 a 4 años de edad con un DAC promedio de 11,3mm y una longitud del tallo promedio de 83, 3cm, en las plantas bajo una cobertura arbórea promedio de 75% presentaron una tendencia a aumentar su DAC (en 0,8mm a Abr-2012) y disminuir su longitud del tallo (en 10cm a Abr-2012), por otro lado las plantas bajo cobertura arbórea inferior a 50% presentaron una tendencia a disminuir su DAC y longitud del tallo, en ambos monto de riego. El porcentaje de sobrevivencia fue disminuyendo a través del tiempo alcanzando los mayores valores las plantas bajo una cobertura alta y los menores valores las bajo cobertura baja después de un año de plantación, no obstante a abril del 2012 se observó una sobrevivencia (23,8%) sólo bajo cobertura alta (Anexo, Tablas 21 y 22). El potencial hídrico de las plantas vivas en Dic-2011 fue de -1,1MPa y en Feb-2012 de -2MPa, mientras que el CHR fue superior al 80% en ambas épocas de evaluación, indicando que aumentó la restricción hídrica en las plantas (Anexo, Tabla 23). Es importante considerar que pueden pasar un año sin presentar follaje o indicios de vida pero luego al siguiente año si mejoran las condiciones ambientales (hídricas principalmente) genera follaje.

En la plantación realizada en CR con plantas de *N. macrocarpa* de un año provenientes de semillas presentaban un DAC inicial de 1,4 mm en promedio y una longitud de tallo de 5,8cm en promedio. La sobrevivencia de las plantas en septiembre de 2011 fue de 50% en promedio para ambas coberturas arbóreas de plantación, presentando una tendencia a disminuir en el tiempo alcanzando valores promedios de 8,4% en Abr-2012 (Anexo, Tablas 21 y 22). los potenciales hídricos a prealba promedios registrados en Dic-2011 fue de -0,6 MPa y un CHR de 86% en promedio indicando que se encuentran en buen estado hídrico, mientras que en Feb-2012 el potencial hídrico fue mas negativo llegando a valores promedios de -1,7MPa y CHR de 79%, indicando que las plantas a pesar del riego presentan una restricción hídrica (Anexo, Tabla 23). Se realizó un replante con plantas de semillas, de 8,4cm de longitud del tallo, en invierno de 2012 que aún no ha sido evaluada.

En la plantación con Hualo en PP, las plantas provenientes de bolsas al inicio presentaron un DAC promedio de 4,8mm y una longitud de tallo promedio de 22,6cm, mientras que las a raíz desnuda presentaron un DAC menor y una longitud de tallo mayor que las de bolsa (3,8mm y 26,1cm en promedio respectivamente). Las plantas provenientes de bolsa y plantadas en casilla con colectores aumentaron su DAC, mientras que las plantadas en zanjas de infiltración disminuyeron su DAC, desde Jul-2011 a nov-2012 independientemente de la cobertura y no existe un patrón claro en el incremento en longitud del tallo. En el caso de las a raíz desnuda existió crecimiento en DAC y longitud de tallo en todos los tratamientos desde jul-2011 a nov-2012, siendo mayores en las plantadas en zanjas sin cobertura y luego en las con cobertura y casillas con colectores para ambas variables. La sobrevivencia en promedio fue mayor en las plantas con zanja de infiltración (Anexo, Tabla 24). En el caso del potencial hídrico (Ψ) foliar a prealba siempre fue más negativo el de abr-2012 (valores más negativos que -2MPa) que el de jul-2011 independientemente del tratamiento siendo más negativos en las plantadas en casillas con colectores y bajo cobertura. En contenido hídrico relativo (CHR) foliar a prealba también disminuye independientemente del tratamiento pero alcanzaron siempre valores superiores a 70% indicando que a finales del período de verano se encuentran bajo restricción hídrica moderada a severa, los tratamientos con cobertura presentan menores temperaturas máximas del suelo y menores PAR que los sin cobertura, mientras que en contenido hídrico del suelo no varían mucho entre los tratamientos (Anexo, Tabla 25).

En el ensayo de plantación realizada en PP con Hualo y Peumo (*Cryptocarya alba*), bajo una cobertura promedio de 47,8% y en casillas con colectores, las plantas utilizadas presentaban al momento de la plantación (jul-2011) un DAC de 4,6mm y 3mm, una longitud de tallo de 28,1cm y 19,1cm, una longitud de raíces de 15,5cm y 11,7cm, biomasa aérea de 2,2g y 3,1g, y una relación PA/PA de 0,8 y 1,8 respectivamente (Anexo, Tabla 26). Las plantas de Hualo disminuyeron su DAC, longitud de tallo, longitud de raíces, biomasa aérea y relación PA/PR, mientras que las plantas de Peumo aumentaron su DAC, longitud de tallo, longitud de raíces y biomasa de raíces, disminuyendo la biomasa aérea y la relación PA/PR (Anexo, Tabla 26). La sobrevivencia para ambas especies fue de 100% en Nov-2012 y el Ψ fue más negativo en abr-2012 que en Dic-2011, siendo más negativos en Hualo, el CHR también disminuyó en ambas especies pero Hualo alcanzó los valores mas bajo, indicando que a finales del período de verano ambas especies se encuentran con una restricción hídrica moderada a severa especialmente Hualo. La temperatura máxima del suelo y el PAR fueron menores en Abr-2012 que en Dic-2011 independientemente de la especie, mientras que el contenido hídrico del suelo no presentó grandes variaciones, siendo mayores los observados en Peumo (Anexo, Tabla 27).

En la plantación realizada en las Brizas (Región del Maule) en jul-2011 con Quillay y Litre en zanjas de infiltración y bajo una cobertura promedio de 6,3%, inicialmente presentaban un DAC de 4,1mm y 5,4mm, una longitud de tallo de 45cm y 24,8cm, una longitud de raíces de 17cm y 14,9cm, una biomasa aérea de 3,5g y 6,3g y una relación PA/PR de 1,8 y 2,1 respectivamente. En ambas especies existió un incremento del DAC, de longitud del tallo, de longitud de raíces, de biomasa aérea y disminuyó la relación PA/PR (Anexo, Tabla 28). La sobrevivencia fue del 100% hasta Nov-2012 y el potencial hídrico a prealba en ambos períodos de evaluación fue menos negativos que -1,6MPa, el CHR fue siempre superior a 84% indicando que se encuentran bien hídricamente al final del período de verano. La temperatura máxima del suelo y el PAR fueron menores en Abr-2012 que en Dic-2011 independientemente de la especie, mientras que el contenido hídrico del suelo no presentó grandes variaciones (Anexo, Tabla 29).

En la plantación con especies del bosque esclerófilo en CR, podemos señalar que durante el primer año (Dic-2009 a Abr-2010), la sobrevivencia de Quillay y Litre en ambos sectores

fueron superiores al 90% independiente del monto de riego (5 o 10 litros por planta un riego al mes en la época de verano), mientras que para Peumo esta se redujo drásticamente (17% en promedio) en ambos sectores, a pesar que el riego aplicado fue de (10 y 15 litros por planta un riego al mes en la época de verano), en el caso de Colliguay la sobrevivencia fue superior al 59%, siendo mayor en las con mas riego en ambos sectores. Quillay, Litre y Colliguay posteriormente (Dic-2010 a Dic-2011) fueron regados con 5 litros al mes en la época de verano y el año 2012 fueron regadas sólo una vez en la época de verano con 5 litros por planta lograron mantener una sobrevivencia alta (superior al 65% en promedio) hasta abril de 2012. En el caso de Peumo este al segundo año en el sector 1 la mortalidad fue de un 100% y en el sector 2 se logró un 15% en promedio hasta abril de 2012 pero con un riego de 10 litros por planta una vez por mes durante todo el ensayo (Anexo, Tabla 31).

Existió a lo largo del ensayo incremento en DAC para Quillay, Litre y Colliguay (Anexo, Figura 2), mientras que la altura sólo Quillay y Litre incrementaron a lo largo del estudio, Colliguay siempre fue disminuyendo su altura (Anexo, Figura 3).

En el caso del potencial hídrico (Ψ) a prealba en la evaluaciones realizadas al inicio de verano los valores fueron siempre superiores a -1MPa para Quillay, Litre y Colliguay indicando que están bien hídricamente y al final del periodo de verano (evaluaciones de abril) estos fueron mas negativos pero superiores a -3,7MPa inclusive el último año en que sólo se aplicó riego una vez durante el verano, los valores más negativos los presentó Quillay en el sector 1, indicando que la aplicación de riego ayudó a superar el período de máxima restricción ambiental (Hídrica, térmica y lumínica). En el caso de Peumo este ya en Diciembre de 2009 presentó potenciales hídricos a prealba de -4,3MPa indicando que se encontraba bajo restricción hídrica severa y no logró recuperarse en su totalidad con los riegos posteriores y posiblemente fue la causa de su gran mortalidad. (Anexo, Tabla 32). En relación al contenido hídrico relativo este fue siempre superior al 75% para Quillay, Litre y Colliguay en todas las épocas de evaluación. (Anexo, Tabla 33).

Objetivos específicos 3:

Recomendaciones (Pautas) silvícola y de manejo

A partir de la información base obtenida de los objetivos específicos 1 y 2 se procedió a definir algunas pautas silvícolas y de manejo, dirigidas al establecimiento de la regeneración y enriquecimiento para restaurar la cubierta arbórea de las formaciones boscosas de *N. macrocarpa* y *N. glauca* en las tres localidades (CR, RCL y PP), y de forma complementaria, también enriquecimiento de formaciones esclerófilas presentes en las localidades evaluadas (CR y PP).

Resultados: A partir de los resultados obtenidos, se corrobora un patrón de restricción hídrica estival que se reduce latitudinalmente de norte a sur. Es así como el riego estival de las plantas es fundamental en la RM para *N. macrocarpa* y las especies como Quillay y Litre. En el secano interior de la región del Maule, las plantas toleraron sin riego el primer período estival, establecidas en zanjas de infiltración.

Se observa un marcado crecimiento del sistema radical de las plantas por sobre el desarrollo aéreo, esto se traduce en la necesidad de a nivel de vivero, desarrollar plantas que estimulen el desarrollo de raíz y con macetas de mayor largo en lugar de la clásica 20x15, llevar a terreno plantas de 20x30 o incluso 20x40. Lo anterior se justifica en la necesidad que las plantas en el menor tiempo posible puedan obtener autonomía del riego estival, lo que se logra con una rápida exploración y captura de humedad a mayor profundidad de suelo que se ve menos afecto a la alta evaporación ambiental en los meses de verano. Esta planta tendrá un mayor costo y la plantación también lo será, pero se reduciría de forma importante el alto costo de riego.

En las condiciones ambientales mas restrictivas para la especie del bosque mediterráneo chileno, la cobertura parcial de forma artificial o empleando la vegetación arbustiva y arbórea presente, reducen en la etapa inicial los estreses. La información recopilada no permite indicar si en unos años más la competencia con la vegetación acompañante se volverá un escollo para el desarrollo y sobrevivencia de las plantas.

La dosificación del riego, aportando montos suficientes para garantizar la sobrevivencia, estimula el desarrollo de plantas que concentra su esfuerzo en la exploración de su sistema radicular, permitiendo ser autónomas en un período de tiempo razonable. El monto de riego estimado en el ensayo de enriquecimiento en la RM, indica que en la condición evaluada, la aplicación de 5 litros por planta durante los meses de mayor estrés es suficiente para que las plantas sobrevivan. Sin embargo, el valor obtenido, solo es aplicable a las condiciones específicas del ensayo (altitud aprox. 1000msnm, suelo granítico altamente erosionado y aprox. 600 a 700mm de precipitación anual). Evaluaciones realizadas en otras condiciones en la misma Provincia, requieren montos significativamente diferentes.

Los procesos de restauración requieren ser iniciados con las especies arbustivas y arbóreas que mejor resistan las condiciones adversas, para en una etapa posterior establecer las especies más sensibles a los estreses ambientales presentes en la zona.

Finalmente, se detectó la escasa disponibilidad en vivero de plantas arbustivas o rastreras nativas, que faciliten los procesos de revegetación, así como de plantas adecuadamente preparadas para enfrentar los estreses ambientales.

Recomendaciones para el manejo silvícola en el establecimiento inicial de *N. macrocarpa*, *N. glauca* y algunas especies arbóreas del bosque esclerófilo.

Las recomendaciones son específicas para la zona donde se realizaron los ensayos debido al carácter puntual de los ensayos y al limitado tiempo de estudio, de 1 a 1,5 años de evaluación después de la plantación.

Plantación en Cerro El Roble, Comuna de Til-Til Región Metropolitana:

Para realizar un enriquecimiento o recuperación de la cubierta arbórea con *N. macrocarpa* en Cerro El Roble a una altitud de 1000 a 1900msnm, en un suelo muy degradado y con gran pedregosidad, y en años secos, con altas temperaturas y radiación estival como lo ocurrido el 2010 al 2012: La plantación se debe hacer antes de las primeras nevadas y si aún no ha llovido aplicar un riego al momento de la plantación. Ésta debe realizarse bajo cobertura arbórea superior al 45%, en lo posible hacer casillas de 30cm x 30cm de lado x 40 a 60cm de

profundidad con colectores de agua lluvia. No se recomienda realizar zanjas de infiltración por la excesiva pedregosidad del suelo del lugar. Al establecer la planta, para las condiciones estudiadas, se debe aplicar fertilización básica NPK y urea (1,20 y 0,32g/l respectivamente). Se puede realizar con plantas provenientes de estacas, de dos años provenientes de vivero en bolsas y de dos años provenientes de repique de plántulas germinadas en del bosque y repicadas en bolsas. Lo más importante es la aplicación de riego de 15 litros cuando las plantas tengan un potencial hídrico a prealba más negativo que -1,5MPa, durante el primer año y el segundo año aplicar riego de 15 litros cuando el potencial hídrico a prealba sea más negativo que -2,0MPa. No se puede indicar para los años siguientes ya que no hay evaluaciones pero lo ideal es ir disminuyendo paulatinamente el riego año tras año para asegurar su autonomía de las plantas. Es fundamental evaluar el potencial hídrico a prealba a partir de noviembre para determinar si es necesario aplicar riego especialmente en los años secos.

Para realizar recuperación de suelos muy degradados o enriquecimiento (suelos muy degradados) con especies arbóreas del bosque esclerófilo en Cerro El Roble a unos 1000 m.s.n.m, se puede señalar que es preferible escoger laderas con exposiciones sur tanto para quillay, litre y colliguay. La plantación debe realizarse en lo posible bajo algún grado de cobertura para mejorar la sobrevivencia y crecimiento de las plantas además del riego y un buen trabajo en el suelo. En lo posible hacer casillas de 30cm x 30cm de lado x 40 a 60cm de profundidad con colectores (No se recomienda realizar zanjas de infiltración por la excesiva pedregosidad del lugar) y realizar un buen trabajo del suelo y aplicar fertilización básica NPK y urea (1,20 y 0,32g/l respectivamente). Utilizar plantas endurecidas previamente y con uno a dos años provenientes de vivero en bolsas. Es clave la aplicación de riego de 10 litros cuando las plantas tengan un potencial hídrico a prealba más negativo que -2,0MPa, durante el primer año en la época de mayor restricción hídrica y en el segundo y tercer año aplicar riego de 5 litros cuando el potencial hídrico a prealba sea más negativo que -2,5MPa. No se puede indicar para los años siguientes ya que no hay evaluaciones pero lo ideal es ir disminuyendo paulatinamente el riego año tras año para asegurar su autonomía de las plantas. Es fundamental evaluar el potencial hídrico a prealba a partir de inicios de noviembre para ver si es necesario aplicar riego especialmente en los años secos y el primer año de plantación.

Plantación en Los Predios Pantanillo y las Brisas Región del Maule

Para realizar un enriquecimiento con *N. glauca* en el Predio Pantanillo, Región del Maule, en un suelo degradado, y en años secos, con altas temperaturas y radiación estival como lo ocurrido el 2010 al 2012: La plantación se puede realizar bajo cobertura arbórea o sin cobertura arbórea en lo posible hacer la plantación en zanjas de infiltración, de no ser factible se pueden utilizar casillas con colectores de 30cm x 30cm de lado x 40 a 60cm de profundidad y un buen trabajo del suelo (En ambos casos aplicar fertilización básica NPK y urea (1,20 y 0,32g/l respectivamente)). Se puede realizar con plantas de 1 a 2 años a raíz desnuda o en bolsas, para mejorar la sobrevivencia se recomienda la aplicación de riego de 10 litros cuando las plantas tengan un potencial hídrico a prealba más negativo que -2,0MPa, durante el primer año especialmente en la época de mayor restricción hídrica. No se puede indicar para los años siguientes ya que no hay evaluaciones pero lo ideal es ir disminuyendo paulatinamente el riego año tras año para asegurar su autonomía de las plantas.

En el caso de enriquecimiento con Peumo en el Predio Pantanillo, en un suelo degradado, y en años secos, con altas temperaturas y radiación estival como lo ocurrido el 2010 al 2012: La plantación se puede realizar bajo cobertura arbórea de un 40 a 60%, en lo posible hacer la plantación considerando realizar zanjas de infiltración, de no ser factible se pueden utilizar casillas con colectores de 30cm x 30cm de lado x 40 a 60cm de profundidad y un buen trabajo del suelo (En ambos casos aplicar fertilización básica NPK y urea (1,20 y 0,32 g/l respectivamente)), utilizar plantas de 1 a 2 años en vivero en bolsas, para mejorar la sobrevivencia se recomienda la aplicación de riego de 10 litros cuando las plantas tengan un potencial hídrico a prealba más negativo que -2,0MPa, durante el primer año en la época de mayor restricción hídrica. No se puede indicar para los años siguientes ya que no hay evaluaciones pero lo ideal es ir disminuyendo paulatinamente el riego año tras año para asegurar su autonomía de las plantas.

Para realizar recuperación de suelos muy degradados o enriquecimiento (suelos muy degradados) con quillay y litre en el Predio las Brisas. La plantación se puede realizar bajo cobertura arbórea o sin cobertura arbórea. En lo posible hacer la plantación complementando con zanjas de infiltración, de no ser factible se pueden utilizar casillas con colectores de 30cm

x 30cm de lado x 40 a 60cm de profundidad y un buen trabajo del suelo (En ambos casos aplicar fertilización básica NPK y urea (1,20 y 0,32 g/l respectivamente)). Se puede realizar con plantas de 1 a 2 años en bolsas, para mejorar la sobrevivencia se recomienda la aplicación de riego de 10 litros cuando las plantas tengan un potencial hídrico a prealba más negativo que -2,0MPa, durante el primer año especialmente en la época de mayor restricción hídrica. No se puede indicar para los años siguientes ya que no hay evaluaciones pero lo ideal es ir disminuyendo paulatinamente el riego año tras año para asegurar su autonomía de las plantas.

BIBLIOGRAFÍA

- Barberá G, F Martínez, R Álvarez, J Albaladejo, V Castillo. 2005. Short and intermediate-term effects of site and plant preparation techniques on reforestation of a mediterranean semiarid ecosystem with *Pinus halepensis* Mill. *New Forest* 29: 177-198.
- Benoit I. 1985. Libro rojo de la flora terrestre de Chile (Primera parte). Santiago, Chile. Corporación Nacional Forestal. 157 p.
- Breda N, A Granier, F Barataud, C Moyne. 1995. Soil water dynamics in an oak stand. 1. Soil moisture, water potentials and water uptake by roots. *Plant and Soil* 172: 17-27.
- Bustamante R, C Castor. 1998. The decline of an endangered temperate ecosystem: the rui (*Nothofagus alessandrii*) forest in central Chile. *Biodiversity and Conservation* 7: 1607-1626.
- Cabello G, Ch Darwin, S Elórtegui, F Lubert, H Manríquez, F Meynard, A Moreira, A Muñoz, P Pliscoff, C Solervicens, B Stingo, J Torres-Murra, F Venegas, F Vivillo. 2002. Vegetación y flora de La Campana. In Elórtegui S, A Moreira eds. Parque Nacional La Campana. Origen de una Reserva de la Biosfera en Chile Central. Santiago, Chile. Taller La Era-Fondo de las Américas. p. 36-69.
- Casassa I. 1986. Estudio demográfico y florístico de los bosques de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. en Chile central. Tesis Magíster en Ciencias Biológicas. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias. Universidad de Chile. 130 p.
- Castro J, R Zamora, Hódar J, Gómez J. 2002. Use of shrubs as nurse plants: a new technique for reforestation in mediterranean mountains. *Restoration Ecology* 10: 297-305.

- Clifford S, S Arndt, J Corlett, S Joshi, N Sankhala, M Popp, H Jones. 1998. The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Zizyphus mauritiana* (Lamk.). *Journal of Experimental Botany* 49: 967-977.
- David T, M Ferreira, S Cohen, J Pereira, J David. 2004. Constraints on transpiration from an evergreen oak tree in southern Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology* 122: 193-205.
- Donoso C. 1998. Bosques Templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 483 p.
- Donoso L. 2007. Propuesta de intervención silvícola con fines de conservación para la formación boscosa de *Nothofagus macrocarpa* (Caleu, Prov. Chacabuco). Tesis Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 107 p.
- Fuentes E. 1988. Ecología del paisaje en Chile Central. Estudios sobre sus espacios montañosos. Santiago, Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile. 125 p.
- Gajardo R. 2004. Antecedentes sobre el roble de Santiago o roble blanco (*Nothofagus macrocarpa*) y sus problemas de conservación. *Chagual* 2: 42-47.
- Gebrekirostos A, D Teketay, M Fetene, R Mitlöhner. 2006. Adaptation of five co-occurring tree and shrub species to water stress and its implication in restoration of degraded lands. *Forest Ecology and Management* 229: 259-267.
- Gutiérrez J. 2001. Importancia de los arbustos leñosos en los ecosistemas de la IV Región. In Squeo F, G Arancio, J Gutiérrez eds. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. La Serena, Chile. Ediciones Universidad de La Serena. p. 253-260.
- Golowasch J, M Kalyn, C Villagran, J Armesto. 1982. Características demográficas de una población de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Blume var. *macrocarpa* DC. en el Cerro El Roble (33° Lat. S) en Chile. *Boletín Museo Nacional de Historia Natural, Chile* 39: 37-44.
- González H, I Cantú, M Gómez, R Ramírez. 2004. Plant water relations of thornscrub shrub species, north-eastern Mexico. *Journal of Arid Environments* 58: 483-503.

- Guerrero P, R Bustamante. 2009. Abiotic alterations caused by forest fragmentation affect tree regeneration: a shade and drought tolerance gradient in the remnants of Coastal Maulino Forest. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 413-424.
- Holmgren M, M Scheffer, M Huston. 1997. The interplay of facilitation and competition in plant communities. *Ecology* 78:1966-1975.
- Jennings S, N Brown, D Sheil. 1999. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry* 72: 59-73.
- Joffre R, S Rambal. 1988. Soil water improvement by trees in the rangelands of southern Spain. *Acta Oecologica* 9: 405-422.
- Jordano P, R Zamora, T Marañón, J Arroyo. 2002. Claves ecológicas para la restauración del bosque mediterráneo. Aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. *Ecosistemas* 11 (1).
- Litton G, R Santelices. 1996. Comparación de las comunidades vegetales en bosques de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser en la Séptima Región de Chile. *Bosque* 17: 77-86.
- Meghelli N. 2006. Metodologías para la optimización de la producción viverística y la restauración de zonas mediterráneas afectadas por grandes incendios. Tesis Doctoral. Barcelona, España. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Barcelona. 124 p.
- Otieno D, C Kurz-Besson, J Liu, M Schmidt, R Vale-Lobo, T David, R Siegwolf, J Pereira, J Tenhunen. 2006. Seasonal variations in soil and plant water status in a *Quercus suber* L. stand: roots as determinants of tree productivity and survival in the mediterranean-type ecosystem. *Plant and Soil* 283: 119-135.
- Pacheco C. 2008. Respuestas hídricas y de crecimiento en un bosque secundario de *Nothofagus macrocarpa* ((A. DC.) Vázquez & Rodríguez) sometido a raleo en el sector de Cerro El Roble, Región Metropolitana. Tesis Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 36 p.
- Rambal S. 1992. *Quercus ilex* facing water stress: a functional equilibrium hypothesis. *Vegetatio* 99/100: 147-153.
- Reich P, T Hinckley. 1989. Influence of pre-dawn water potential and soil-to-leaf hydraulic conductance on maximum daily leaf diffusive conductance in two oak species. *Functional Ecology* 3: 719-726.
- Roux X, T Bariac. 1998. Seasonal variations in soil, grass and shrub water status in a west African humid savanna. *Oecologia* 113: 456-466.

- Serra MT, R Gajardo, A Cabello. 1986. Ficha técnica de especies amenazadas: *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser, Hualo (Fagaceae) especie vulnerable. Programa de Protección y Recuperación de la Flora de Chile, CONAF/UCH, Santiago.
- Tyree M, F Ewers. 1991. The hydraulic architecture of trees and other woody plants. *New Phytologist* 119: 345-360.
- Vertovec M, S Sakcali, M Ozturk, S Salleo, P Giacomich, E Feoli, A Nardini. 2001. Diagnosing plant water status as a tool for quantifying water stress on a regional basis in Mediterranean drylands. *Annals of Forest Science* 58: 113-125.

Anexo

Proyecto “Evaluación de actividades de restauración de la cubierta arbórea en sectores con presencia de *Nothofagus macrocarpa* o *Nothofagus glauca* por medio de regeneración natural y plantación”

Figura 1: Mapa de ubicación de localidades en estudio; Cerro El Roble (CR), Reserva Nacional Roblería del Cobre de Loncha (RCL) y Predio Pantanillos (PP).

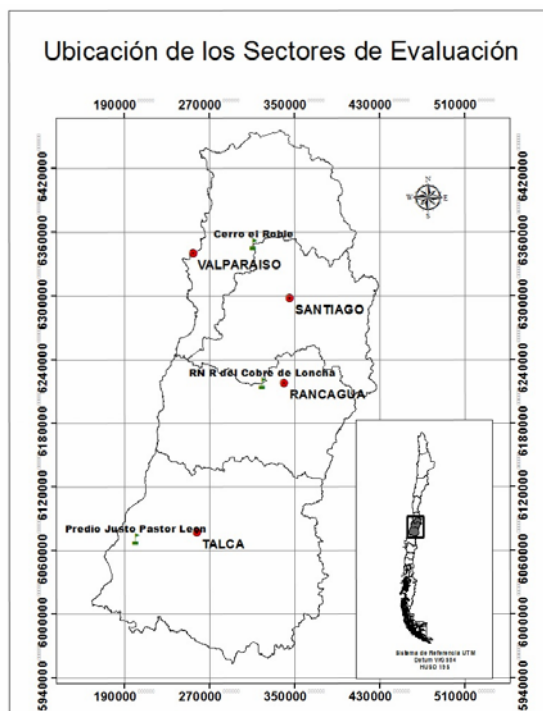


Tabla 1: Número de árboles por hectárea y Área basal (m^2/ha) por clase diamétrica y total, para Roble de Santiago (RS), otras especies y total en las formaciones de *N. macrocarpa* de la Reserva Nacional Roblería del Cobre de Loncha (RCL). Los valores son las medias de $n = 3$.

Clase DAP (cm)	Número de árboles/ha			Área Basal (m^2/ha)		
	Roble de Santiago	Otras especies	Total	Roble de Santiago	Otras especies	Total
$5 \leq DAP \leq 10$	920	553	1.473	5,9	2,0	7,9
$10 < DAP \leq 15$	527	47	574	8,3	0,6	8,9
$15 < DAP \leq 20$	127	7	134	2,6	0,1	2,7
$20 < DAP \leq 25$	0	0	0	0	0	0
$25 < DAP \leq 30$	7	0	7	0,3	0	0,3
$30 < DAP \leq 35$	0	0	0	0	0	0
$35 < DAP \leq 40$	0	0	0	0	0	0
$40 < DAP \leq 45$	0	0	0	0	0	0
$45 < DAP$	7	0	7	2,0	0	2,0
Total	1.588	607	2.195	19,1	2,7	21,8

Tabla 2: Número de árboles por hectárea y Área basal (m^2/ha) por clase diamétrica y total, para Hualo (H), otras especies y total en las formaciones de *N. glauca* de la Reserva Nacional Roblería del Cobre de Loncha (RCL). Los valores son las medias de $n = 3$.

Clase DAP (cm)	Número de árboles/ha			Área Basal m^2/ha		
	Hualo	Otras especies	Total	Hualo	Otras especies	Total
$5 \leq DAP \leq 10$	960	347	1.307	1,2	0,4	1,6
$10 < DAP \leq 15$	2.080	80	2.160	6,7	2,1	8,8
$15 < DAP \leq 20$	1.560	80	1.640	9,2	0,5	9,7
$20 < DAP \leq 25$	560	160	720	5,2	1,7	6,9
$25 < DAP \leq 30$	240	320	560	3,5	5,0	8,5
$30 < DAP \leq 35$	80	80	160	1,6	1,6	3,2
$35 < DAP \leq 40$	160	80	240	4,7	2,4	7,1
$40 < DAP \leq 45$	80	80	160	2,8	3,0	5,8
$45 < DAP$	0	0	0	0	0	0
Total	5.720	1.227	6.947	34,9	16,7	51,6

Tabla 3: Número de árboles por hectárea y Área basal (m^2/ha) por clase diamétrica y total, para Hualo (H) en las formaciones de *N. glauca* del Predio Pantanillos (PP). Los valores son las medias de $n = 5$.

Clase diamétrica (cm)	Número de árboles/ha	Área Basal m^2/ha
$5 \leq DAP \leq 10$	1.680	8,4
$10 < DAP \leq 15$	804	9,7
$15 < DAP \leq 20$	147	3,7
$20 < DAP \leq 25$	120	4,7
$25 < DAP \leq 30$	0	0
$30 < DAP \leq 35$	0	0
$35 < DAP \leq 40$	120	14,1
$40 < DAP \leq 45$	80	11,6
$45 < DAP$	80	13,9
Total	3.031	66,1

Tabla 4: Número de árboles por hectárea y Área basal (m^2/ha) por clase diamétrica y total, para Roble de Santiago (RS) en las formaciones de *N. macrocarpa* de Cerro El Roble (CR). Los valores son las medias de $n = 6$.

Clase diamétrica (cm)	Número de vástagos/ha	Área Basal m^2/ha
$0 \leq DAP \leq 6$	382	0,5
$6 < DAP \leq 12$	927	6,0
$12 < DAP \leq 18$	278	4,5
$18 < DAP \leq 24$	9	0,3
Total	1.596	11,3

Tabla 5: Número de semillas por kilo (NSK), Contenido de humedad de las semillas (CH) en porcentaje, Viabilidad de las semillas según flotación, corte y tetrazolio por localidad (Reserva Nacional Los Cobres de Loncha (RNCL), Predio Pantanillos (PP) y Cerro El Roble (CR)), especie ((Roble de Santiago (RS) y Hualo (H)), y año de colecta y de evaluación. Los valores son las medias.

Localidad	Sp	Año		NSK	CH (%)	Viabilidad (%)		
		Colecta	Periodo			Flotación	Corte	Tetrazolio
RCL	RS	2011	2011	75.768	18	13	16	17
	H	2011	2011	1.377	12	88	83	80
PP	H	2011	2011	1.878	13	89	80	79
CR	RS	2009	2010	46.803	9	68	53	49

Tabla 6: Ensayos pregerminativos realizados en semillas de *N. macrocarpa* (RS) colectadas en la Reserva Nacional Roblería del Cobre de Loncha (RCL), de *N. glauca* (H) colectadas en la Reserva Nacional Roblería del Cobre de Loncha y de *N. glauca* colectadas en el Predio Pantanillos (PP). Capacidad germinativa, Valor máximo y Velocidad de germinación. Los valores son las medias \pm error estándar.

Localidad	Sp	Tratamiento	Capacidad Germinativa	Valor Máximo	Velocidad de Germinación
RCL	RS	Sin Tratamiento	0 \pm 0	0 \pm 0	0 \pm 0
		Remojo H2O x 24 horas + Est.fría x 30 días	26,5 \pm 3,6	0,8 \pm 0	34,8 \pm 4,3
		Remojo H2O x 24 horas + Est.fría x 45 días	26,5 \pm 2,6	0,8 \pm 0,1	30,3 \pm 1,1
		Remojo GA3 x 24 horas (100ppm)	38,5 \pm 5	1,3 \pm 0,1	28,5 \pm 2
		Remojo GA3 x 24 horas (200ppm)	30 \pm 4,8	0,9 \pm 0,1	30,3 \pm 0,9
		Remojo GA3 x 24 horas (400ppm)	28 \pm 2,7	0,8 \pm 0,1	31,5 \pm 1,9
	H	Sin Tratamiento	0 \pm 0	0 \pm 0	0 \pm 0
		Remojo H2O x 24 horas + Est.fría x 30 días	26,5 \pm 3,6	0,8 \pm 0	34,8 \pm 4,3
		Remojo H2O x 24 horas + Est.fría x 45 días	26,5 \pm 2,6	0,8 \pm 0,1	30,3 \pm 1,1
		Remojo GA3 x 24 horas (100ppm)	38,5 \pm 5	1,3 \pm 0,1	28,5 \pm 2
Remojo GA3 x 24 horas (400ppm)		28 \pm 2,7	0,8 \pm 0,1	31,5 \pm 1,9	
PP	H	Sin Tratamiento	0 \pm 0	0 \pm 0	0 \pm 0
		H2O x 24 horas + Est.fría x 45 días	35,3 \pm 14,7	0,9 \pm 0,2	36,7 \pm 1,5
		Remojo GA3 x 24 horas (200ppm)	21,3 \pm 0,7	0,6 \pm 0,1	38 \pm 4,9
		Remojo GA3 x 24 horas (400ppm)	50,7 \pm 9,3	1,3 \pm 0,2	36,3 \pm 1,2
		Remojo GA3 x 24 horas (800ppm)	70 \pm 5	2,2 \pm 0,2	30 \pm 2
CR	RS	Sin tratamiento	0 \pm 0	0 \pm 0	0 \pm 0
		H2O x 24 horas + Est.fría 30 días	40,9 \pm 5,7	1,1 \pm 0,2	34,8 \pm 2,6
		H2O x 24 horas + Est.fría x 60 días	63,6 \pm 6,1	4,1 \pm 0,6	10,5 \pm 2,5

Tabla 8: Número de árboles por hectárea y Área basal (m^2/ha) por clase diamétrica y total, para Roble de Santiago (RS), otras especies y total donde se instalaron las parcelas de regeneración de *N. macrocarpa* en la Reserva Nacional Roblería del Cobre de Loncha (RCL). Los valores son las medias de $n = 4$.

CLASE S DAP (cm)	Número de Árbol/ha			Área Basal (m^2/ha)		
	Roble de Santiago	Otras especies	Total	Roble de Santiago	Otras especies	Total
$5 \leq DAP \leq 10$	720	53	773	3,4	1,9	5,3
$10 < DAP \leq 15$	630	90	720	7,3	1,0	8,3
$15 < DAP \leq 20$	115	5	120	2,5	0,1	2,6
$20 < DAP \leq 25$	20	0	20	0,7	0	0,7
$25 < DAP \leq 30$	0	0	0	0	0	0
$30 < DAP \leq 35$	0	0	0	0	0	0
$35 < DAP \leq 40$	0	0	0	0	0	0
$40 < DAP \leq 45$	0	0	0	0	0	0
$45 < DAP$	0	0	0	0	0	0
Total	1.485	148	1.633	13,9	3,0	16,9

Tabla 9: Número de árboles por hectárea y Área basal (m^2/ha) por clase diamétrica y total, para Hualo (H) donde se instalaron las parcelas de regeneración de *N. glauca* en la Reserva Nacional Roblería del Cobre de Loncha (RCL). Los valores son las medias de $n = 2$.

CLASE S DAP (cm)	Hualo	
	Número de Árbol/ha	Área Basal (m^2/ha)
$5 \leq DAP \leq 10$	780	3,45
$10 < DAP \leq 15$	460	5,65
$15 < DAP \leq 20$	340	8,18
$20 < DAP \leq 25$	120	4,77
$25 < DAP \leq 30$	27	1,58
$30 < DAP \leq 35$	27	2,21
$35 < DAP \leq 40$	7	0,74
$40 < DAP \leq 45$	20	2,84
$45 < DAP$	13	2,36
Total	1793	31,77

Tabla 10: Número de árboles por hectárea y Área basal (m^2/ha) por clase diamétrica y total, para Hualo (H) donde se instalaron las parcelas de regeneración de *N. glauca* en Predio Pantanillos (PP). Los valores son las medias de $n = 3$.

CLASE S DAP (cm)	Número de Árbol/ha			Área Basal (m^2/ha)		
	Hualo	Otras especies	Total	Hualo	Otras especies	Total
$5 \leq DAP \leq 10$	340	340	680	1,7	1,3	3,0
$10 < DAP \leq 15$	493	100	593	6,0	1,2	7,2
$15 < DAP \leq 20$	353	13	366	8,3	0,3	8,6
$20 < DAP \leq 25$	147	7	154	5,5	0,2	5,7
$25 < DAP \leq 30$	7	13	20	0,3	0,8	1,1
$30 < DAP \leq 35$	0	0	0	0	0	0
$35 < DAP \leq 40$	0	0	0	0	0	0
$40 < DAP \leq 45$	0	0	0	0	0	0
$45 < DAP$	7	0	7	1,3	0	1,3
Total	1.347	473	1.820	23,1	3,8	26,9

Tabla 11: Número de árboles por hectárea y Área basal (m^2/ha) por clase diamétrica y total, para Roble de Santiago (RS) donde se instalaron las parcelas de regeneración de *N. macrocarpa* en Cerro El Roble (CR). Los valores son las medias de $n = 4$.

CLASE S DAP (cm)	Roble de Santiago	
	Número de Árbol/ha	Área Basal (m^2/ha)
$5 \leq DAP \leq 10$	1110	4,90
$10 < DAP \leq 15$	900	11,04
$15 < DAP \leq 20$	450	10,82
$20 < DAP \leq 25$	90	3,58
$25 < DAP \leq 30$	25	1,48
$30 < DAP \leq 35$	5	0,41
$35 < DAP \leq 40$	0	0,00
$40 < DAP \leq 45$	0	0,00
$45 < DAP$	0	0,00
Total	2580	32,25

Tabla 12: Regeneración por hectárea por localidad (Reserva Nacional Los Cobres de Loncha (RNCL), Predio Pantanillos (PP) y Cerro El Roble (CR)) y especie ((Roble de Santiago (RS) y Hualo (H)). Los valores son las medias \pm error estándar.

Localidad	Especie	Regeneración/ha
		Media \pm E.E
RCL	RS	2.867 \pm 1.545
	H	17.975 \pm 8.724
PP	H	1.430 \pm 325
CR	RS	0 \pm 0

Tabla 13: Supervivencia de la regeneración en porcentaje, según localidad (Reserva Nacional Los Cobres de Loncha (RCL) y Predio Pantanillo (PP)), especie (Hualo (H) y Roble de Santiago (RS)) y época de evaluación. Cobertura e Índice de área foliar (LAI), los valores son las medias \pm error estándar

Localidad	Sp	Periodo	Supervivencia (%)	Cobertura	LAI
RCL	H	Mar-2011	100		
		Nov-2011	75,4	72,0 \pm 1,1	1,5 \pm 0,1
		Mar-2012	42,8	-	-
	RS	Ene-211	100		
		Feb-2011	84,5	-	-
		Nov-2011	21,8	73,8 \pm 1,9	1,6 \pm 0,1
		Mar-2012	19,9	-	-
PP	H	Dic-2010	100		
		Ene-2011	64,1	-	-
		Feb-2011	57,5	-	-
		Abr-2011	48,8	-	-
		Dic-2011	37,3	68,8 \pm 2,2	1,8 \pm 0,1
		Feb-2012	25,1	-	-
		Abr-2012	24,6	-	-

Tabla 14: Diámetro a la altura del cuello (DAC. mm) y Longitud del tallo (cm) de la regeneración según localidad (Reserva Nacional Los Cobres de Loncha (RCL) y Predio Pantanillo (PP)), especie (Hualo (H) y Roble de Santiago (RS)) y época de evaluación. Los valores son las medias \pm desviación estándar.

Localidad	Especie	Periodo	DAC (mm)	Longitud de Tallo (cm)
RCL	Hualo	Abr-2011	1,65 \pm 0,70	6,32 \pm 3,13
		Mar-2012	1,75 \pm 0,19	6,84 \pm 1,11
	Roble	Feb-2011	0,94 \pm 0,30	4,41 \pm 1,40
		Mar-2011	0,74 \pm 0,44	5,75 \pm 1,80
		Mar-2012	1,18 \pm 0,21	5,14 \pm 0,39
PP	Hualo	Dic-2010	1,98 \pm 0,78	12,15 \pm 6,47
		Abr-2011	1,95 \pm 0,88	12,33 \pm 4,84
		Feb-2012	2,33 \pm 0,49	14,06 \pm 4,09

Tabla 15: Biomasa aérea, Biomasa radicular y Relación parte aérea/parte radicular (PA/PR) de la regeneración según localidad (Reserva Nacional Los Cobres de Loncha (RCL) y Predio Pantanillo (PP)), especie (Hualo (H) y Roble de Santiago (RS)) y época de evaluación. Los valores son las medias \pm desviación estándar.

Localidad	Sp	Biomasa Aérea (g)	Biomasa Radicular (g)	PA/PR
RCL	H	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,2	0,7 \pm 0,2
	RS	0,1 \pm 0,01	0,1 \pm 0,01	0,1 \pm 0,01
PP	H	0,1 \pm 0,01	0,1 \pm 0,01	0,2 \pm 0,01
CR	RS	0,5 \pm 0,1	0,8 \pm 0,2	1,3 \pm 0,3

Tabla 16: Contenido hídrico del suelo a 12 cm (VWC), Temperatura máxima del suelo máxima (°C) y radiación fotosintéticamente activa (PAR, $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) en las parcelas de regeneración de Hualo (H) y Roble de Santiago (RS), según localidad (Reserva Nacional Los Cobres de Loncha (RCL) y Predio Pantanillo (PP)), y época de evaluación. Los valores son las medias \pm error estándar.

Localidad	Sp	Periodo	VWC a 12 cm (%)	Temperatura Máxima del Suelo (°C)	PAR ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$)
RCL	RS	Ene-11	5,6 \pm 0,4	15,9 \pm 0,2	56,9 \pm 16,0
		Mar-11	5,0 \pm 0,2	13,0 \pm 0,2	67,2 \pm 16,5
		Nov-11	7,1 \pm 0,4	12,7 \pm 0,3	70,8 \pm 36,4
		Feb-12	5,4 \pm 0,3	15,3 \pm 0,2	272,6 \pm 82,9
		Mar-12	4,6 \pm 0,3	15,4 \pm 0,2	118,5 \pm 28,9
	H	Abr-11	5,2 \pm 0,1	13,8 \pm 0,2	223,3 \pm 118,2
		Nov-11	5,4 \pm 0,3	13,8 \pm 0,3	145,1 \pm 24,3
PP	H	Mar-12	3,3 \pm 0,2	16,2 \pm 0,3	103,6 \pm 35,2
		Ene-11	3,6 \pm 0,1	17,7 \pm 0,2	96,2 \pm 58,6
		Feb-11	6,1 \pm 0,2	16,7 \pm 0,3	377,9 \pm 140,2
		Abr-11	5,2 \pm 0,2	15,1 \pm 0,2	42,8 \pm 5,6
		Dic-11	4,9 \pm 0,4	16,5 \pm 0,3	165,5 \pm 47,8
		Feb-12	9,3 \pm 0,6	17,3 \pm 0,3	339,3 \pm 85,9
		Abr-12	5,1 \pm 0,3	14,4 \pm 0,2	170,6 \pm 68,1

Tabla 17: Cobertura e Índice de área foliar (LAI) del ensayo, y Supervivencia de la regeneración de *N. macrocarpa* (RS) en Cerro El Roble (CR), según época de evaluación y tratamiento (Riego Quincenal; Riego Mensual). Los valores representan la media \pm el error estándar.

Período	Tratamiento de Riego	Supervivencia (%)	Cobertura (%)	LAI
Ene-2011	Mensual	76,6 \pm 8,8	-	-
	Quincenal	84,8 \pm 6,6	-	-
Feb-2011	Mensual	51,9 \pm 8,6	-	-
	Quincenal	70,1 \pm 10,4	-	-
Mar-2011	Mensual	50,3 \pm 7,9	-	-
	Quincenal	69,3 \pm 11,2	-	-
Dic-2011	Mensual	36,7 \pm 8,3	19 \pm 0,1	0,8 \pm 0,03
	Quincenal	47,5 \pm 11,4	18 \pm 0,1	0,8 \pm 0,03
Ene- 2012	Mensual	32,5 \pm 7,0	-	-
	Quincenal	40,4 \pm 10,8	-	-
Feb-2012	Mensual	23,4 \pm 7,7	-	-
	Quincenal	46,6 \pm 10,2	-	-
Mar-2012	Mensual	24,1 \pm 7,7	-	-
	Quincenal	43,0 \pm 8,8	-	-
Abr-2012	Mensual	13,1 \pm 5,7	-	-
	Quincenal	21,3 \pm 7,8	-	-

Tabla 18: Temperatura máxima del suelo máxima (°C), Contenido hídrico del suelo a 20 cm (VWC) y Radiación fotosintéticamente activa (PAR, $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) de la regeneración de *N. macrocarpa* (RS) en Cerro El Roble (CR), según época de evaluación y tratamiento (Riego Quincenal; Riego Mensual). Los valores representan la media \pm error estándar.

Período	Tratamiento de Riego	Temperatura Máxima del Suelo (°C)	VWC (%) a 20 cm	PAR ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$)
Ene-2011	Mensual	17,1 \pm 0,4	6,6 \pm 0,6	565,7 \pm 119,8
	Quincenal	17,2 \pm 0,6	7,3 \pm 0,5	1.117,3 \pm 449,3
Feb-2011	Mensual	16,9 \pm 0,3	6,7 \pm 0,5	702,8 \pm 147,2
	Quincenal	16,8 \pm 0,4	7,9 \pm 0,7	649,4 \pm 175,2
Mar-2011	Mensual	13,7 \pm 0,4	5,0 \pm 0,3	478,5 \pm 179,2
	Quincenal	13,3 \pm 0,4	5,3 \pm 0,4	537,4 \pm 220,6
Dic-2011	Mensual	16,3 \pm 0,6	6,2 \pm 0,4	307,8 \pm 177,6
	Quincenal	17,6 \pm 0,7	6,4 \pm 0,5	463,1 \pm 232,1
Feb-2012	Mensual	17,4 \pm 0,2	4,4 \pm 0,3	366,0 \pm 147,6
	Quincenal	17,5 \pm 0,6	4,7 \pm 0,5	635,0 \pm 189,0
Abr-2012	Mensual	13,5 \pm 0,3	5,9 \pm 0,3	54,1 \pm 11,9
	Quincenal	13,1 \pm 0,4	5,4 \pm 0,5	88,3 \pm 20,1

Tabla 19: Cobertura e Índice de área foliar (LAI), y Diámetro a la altura del cuello (DAC; mm) y Longitud (cm) de las plantas de *N. macrocarpa* (RS) en Cerro El Roble (CR), al inicio del ensayo (diciembre 2009), e Incremento en DAC y longitud de las plantas durante el período estival (diciembre 2009 a marzo 2012), según sector (Sector 1 ubicado a 1200 msnm, en una quebrada al inicio de la formación de *N. macrocarpa* y Sector 2 a 1900 msnm, localizado dentro de la formación boscosa de *N. macrocarpa*, Sector 3 ubicado a unos 1800 msnm, al costado de un sendero y Sector 4 ubicado a unos 1800 msnm, en una quebrada), tratamiento de protección (sin y con cerco de protección contra ganado y lagomorfos). Los valores representan la media \pm error estándar, para n=23.

Sector	Tratamiento	Cobertura	LAI	Diciembre 2009		Diciembre 2009 a Marzo 2012	
				DAC (mm)	Longitud (cm)	Incremento en DAC (mm)	Incremento en Longitud (cm)
1	Sin Cerco	82,2 \pm 12,7	4,2 \pm 0,6	1,7 \pm 0,2	13,8 \pm 2,1	0,6 \pm 0,1	0,1 \pm 0,8
	Con Cerco	92,4 \pm 0,5	3,0 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	9,4 \pm 1,1	-0,4 \pm 0,1	-9,4 \pm 0,9
2	Sin Cerco	76,5 \pm 2,2	1,5 \pm 0,1	3,1 \pm 0,7	9,5 \pm 2,4	-1,1 \pm 0,3	-0,1 \pm 0,9
	Con Cerco	72,6 \pm 1,8	1,4 \pm 0,1	2,6 \pm 0,3	10,2 \pm 1,5	2,1 \pm 0,2	3,6 \pm 0,5
3	Sin Cerco	64,9 \pm 6,1	3,0 \pm 0,1	2,4 \pm 0,2	9,8 \pm 1,1	3,3 \pm 0,4	4,5 \pm 0,6
	Con Cerco	64,0 \pm 0,6	1,3 \pm 0,1	2,1 \pm 0,1	8,9 \pm 0,5	3,0 \pm 0,2	6,9 \pm 0,6
4	Sin Cerco	68,1 \pm 0,8	1,5 \pm 0,1	2,0 \pm 0,1	8,1 \pm 0,6	0,9 \pm 0,1	4,9 \pm 1,5
	Con Cerco	67,7 \pm 0,8	1,4 \pm 0,1	2,1 \pm 0,1	9,5 \pm 0,7	0,6 \pm 0,1	4,6 \pm 0,9

Tabla 20: Temperaturas máximas del suelo al mediodía, Contenido hídrico volumétrico del suelo a 20 cm de profundidad y medidos al mediodía, y la Radiación fotosintéticamente activa (PAR) al mediodía en plantas de *N. macrocarpa* (RS) de Cerro El Roble (CR), según tratamiento de protección contra ganado y lagomorfos (Sin y Con Cerco) y período de evaluación (2009 a 2012). Los valores representan la media \pm error estándar., para $n = 92$.

Período	Tratamiento	Temperatura Máxima del suelo (C°)	VWC a 20 cm (%)	PAR ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$)
Dic-2009	Con Protección	12,6 \pm 0,4	12,0 \pm 2	188,3
	Sin Protección	12,2 \pm 0,4	13,1 \pm 3	772,8
Ene-2010	Con Protección	15,0 \pm 0,4	8,7 \pm 1,4	248,9
	Sin Protección	14,8 \pm 0,5	8,4 \pm 1,6	358,2
Feb-2010	Con Protección	14,6 \pm 0,4	7,2 \pm 0,7	567,4
	Sin Protección	14,6 \pm 0,4	9,5 \pm 1,8	369,1
Mar-2010	Con Protección	13,9 \pm 0,5	6,8 \pm 0,8	202,9
	Sin Protección	13,4 \pm 0,5	8,8 \pm 2,0	565,0
Abr-2010	Con Protección	11,4 \pm 0,6	7,3 \pm 0,9	459,7
	Sin Protección	11,5 \pm 0,3	7,5 \pm 1,1	426,1
Dic-2010	Con Protección	12,7 \pm 0,4	10,3 \pm 1	230,0
	Sin Protección	12,6 \pm 0,5	10,9 \pm 2	344,3
Ene-2011	Con Protección	15,0 \pm 0,4	6,8 \pm 1	527,5
	Sin Protección	15,2 \pm 0,5	8,4 \pm 2	418,9
Feb-2011	Con Protección	14,3 \pm 0,4	7,1 \pm 1	119,8
	Sin Protección	14,4 \pm 0,5	7,8 \pm 1	118,6
Mar-2011	Con Protección	11,8 \pm 0,4	5,1 \pm 1	108,2
	Sin Protección	11,6 \pm 0,4	6,0 \pm 1	225,0
Abr-2011	Con Protección	8,7 \pm 0,4	9,6 \pm 1	141,8
	Sin Protección	8,3 \pm 0,3	9,7 \pm 1	55,8
Dic-2011	Con Protección	15,3 \pm 0,3	6,5 \pm 0,3	152,1
	Sin Protección	15,3 \pm 0,3	7,8 \pm 0,9	237,2
Feb-2012	Con Protección	14,3 \pm 0,4	5,2 \pm 0,2	339,2
	Sin Protección	13,9 \pm 0,4	5,3 \pm 0,2	174,6

Tabla 21: Cobertura sobre la plantación (%), Índice de área foliar (LAI), por tipo de planta (Estacas y Semillas), según año de plantación, en Cerro El Roble. Los valores son las media \pm error estándar.

Planta	Año Plantación	Tipo Cobertura	Cobertura (%)	LAI
Estacas	2010	Alta	75 \pm 0,9	1,4 \pm 0,03
		Media	49 \pm 1,5	0,8 \pm 0,03
		Baja	17 \pm 2,1	0,5 \pm 0,01
Semilla	2011	Alta	68 \pm 0,8	1,3 \pm 0,02
		Media	49 \pm 1,2	0,9 \pm 0,02

Tabla 22: Porcentaje de sobrevivencia, de la plantación de Roble de Santiago por tipo de planta, época de plantación y período de evaluación

Año de Plantación	Época de Evaluación	Cobertura	Supervivencia (%)
2010	Sep-2011	Alta	33,3
		Media	9,6
		Baja	4,8
	Dic-2011	Alta	33,3
		Media	9,6
		Baja	4,8
	Ene-2012	Alta	28,6
		Media	9,5
		Baja	4,8
	Feb-2012	Alta	28,6
		Media	9,5
		Baja	4,8
	Mar-2012	Alta	23,8
		Media	9,5
		Baja	0,0
Abr-2012	Alta	23,8	
	Media	0,0	
	Baja	0,0	
2011	Sep-2011	Alta	44,4
		Media	55,6
	Dic-2011	Alta	16,7
		Media	13,0
	Ene-2012	Alta	18,5
		Media	13,0
	Feb-2012	Alta	13,0
		Media	11,2
	Mar-2012	Alta	5,6
		Media	11,1
	Abr-2012	Alta	5,6
		Media	11,1

Tabla 23: Potencial hídrico (Ψ , MPa) y Contenido hídrico relativo (CHR (%)) foliar a prealba por tipo de planta, años de plantación y periodo de evaluación. Los valores son las media \pm error estándar.

Planta	Año Plantación	Periodo	Ψ (MPa)	CHR (%)
Estacas	2010	Dic-2011	-1,1 \pm 0,2	86,8 \pm 1,3
		Feb-2012	-2,0 \pm 0,1	81,7 \pm 1,3
Semilla	2011	Dic-2011	-0,6 \pm 0,1	85,8 \pm 7,1
		Feb-2012	-1,7 \pm 0,2	78,8 \pm 3,2

Tabla 24: Supervivencia, Diámetro a la altura del cuello (DAC, mm) y Longitud de tallo (cm) de plantas de Hualo (H) plantadas en Predio Pantanillos (PP), dos tipos de plantas (Bolsa (B) y Raíz desnuda (RD)) bajo dos coberturas y dos sistemas de plantación (Zanjas de infiltración y Casillas con colectores), según período de evaluación. Los valores son las medias \pm error estándar.

Planta	Cobertura (%)	Plantación	Período	Supervivencia	DAC (mm)	Longitud de Tallo (cm)
B	0	Casilla	Jul-2011	100	4,5 \pm 0,2	22,4 \pm 1,4
			Dic-2011	77,8	-	-
			Abr-2012	55,5	4,1 \pm 0,5	18,1 \pm 2,4
			Nov-2012	33,3	5,1 \pm 0,6	21,7 \pm 1,9
	0	Zanja	Jul-2011	100	5,1 \pm 0,3	23,0 \pm 1,5
			Dic-2011	66,7	-	-
			Abr-2012	22,2	4,3 \pm 0,3	12,8 \pm 3,5
			Nov-2012	88,9	4,1 \pm 0,3	16,1 \pm 1,7
	66,2 \pm 1,4	Casilla	Jul-2011	100	4,9 \pm 1,7	23,5 \pm 1,7
			Dic-2011	88,9	-	-
			Abr-2012	77,8	4,7 \pm 0,3	22,5 \pm 2,3
			Nov-2012	55,6	4,0 \pm 0,5	21,8 \pm 1,2
	40,8 \pm 10,2	Zanja	Jul-2011	100	4,7 \pm 0,3	21,6 \pm 1,3
			Dic-2011	88,9	-	-
			Abr-2012	55,6	4,2 \pm 0,4	19,3 \pm 1,9
			Nov-2012	55,6	4,1 \pm 0,4	18,3 \pm 0,8
RD	0	Casilla	Jul-2011	100	3,9 \pm 0,2	34,2 \pm 2,5
			Dic-2011	100	-	-
			Abr-2012	77,8	5,7 \pm 0,6	37,0 \pm 3,6
			Nov-2012	44,4	5,1 \pm 0,5	35,1 \pm 7,3
	0	Zanja	Jul-2011	100	3,7 \pm 0,3	27,5 \pm 3,2
			Dic-2011	66,6	-	-
			Abr-2012	33,3	4,8 \pm 0,4	27,5 \pm 8,1
			Nov-2012	66,7	7,5 \pm 0,4	56,6 \pm 10,2
	68,4 \pm 0,5	Casilla	Jul-2011	100	4,3 \pm 0,3	23,7 \pm 2,9
			Dic-2011	88,9	-	-
			Abr-2012	55,6	5,4 \pm 0,2	26,5 \pm 3,8
			Nov-2012	55,6	6,3 \pm 0,7	47,6 \pm 11,6
	18,4 \pm 5,9	Zanja	Jul-2011	100	3,1 \pm 0,2	19,0 \pm 2,8
			Dic-2011	100	-	-
			Abr-2012	88,9	3,6 \pm 0,6	19,1 \pm 3,5
			Nov-2012	77,8	3,4 \pm 0,4	19,2 \pm 1,4

Tabla 25: Potencial hídrico (Ψ , MPa) y Contenido hídrico relativo (%) foliar a prealba, y Temperatura máxima del suelo ($^{\circ}\text{C}$), Contenido hídrico del suelo (%) y Radiación fotosintéticamente activa (PAR) evaluadas al mediodía, en plantas de Hualo (H) plantadas en Predio Pantanillos (PP), dos tipos de plantas (Bolsa (B) y Raíz desnuda (RD)) bajo dos cobertura y dos sistemas de plantación (Zanjas de infiltración y Casillas con colectores), según período de evaluación. Los valores son las media \pm error estándar.

Planta	Cobertura (%)	Plantación	Período	Ψ (MPa)	CHR (%)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	VWC (%)	PAR ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$)	
B	0	Casilla	Jul-2011	$-0,9 \pm 0,1$	$91 \pm 0,6$	$27,3 \pm 0,6$	$6 \pm 0,5$	1.153 ± 296	
			Abr-2012	$-2,3 \pm 0,2$	$70 \pm 3,3$	$19,2 \pm 0,5$	$5 \pm 0,2$	1.160 ± 22	
	0	Zanja	Jul-2011	$-2,4 \pm 1,2$	78 ± 10	$27,4 \pm 1,1$	$4 \pm 0,3$	1.790 ± 57	
			Abr-2012	-	-	-	-	-	
	$66,2 \pm 1,4$	Casilla	Jul-2011	$-0,9 \pm 0,1$	$91 \pm 1,8$	$18,4 \pm 1,8$	$5 \pm 0,4$	115 ± 60	
			Abr-2012	$-3,4 \pm 0,7$	$76 \pm 2,2$	$13,8 \pm 0,1$	$5 \pm 0,3$	78 ± 52	
	$40,8 \pm 10,2$	Zanja	Jul-2011	$-0,9 \pm 0,1$	$89 \pm 2,8$	$20,1 \pm 0,8$	$4 \pm 0,5$	614 ± 262	
			Abr-2012	$-2,5 \pm 0,2$	$69 \pm 2,6$	$13,5 \pm 0,2$	$5 \pm 0,2$	378 ± 257	
	RD	0	Casilla	Jul-2011	$-1,0 \pm 0,2$	$92 \pm 0,8$	$27,4 \pm 0,3$	$6 \pm 0,5$	1.748 ± 45
				Abr-2012	$-2,8 \pm 0,2$	$71 \pm 1,4$	$14,3 \pm 0,2$	$5 \pm 0,3$	$18 \pm 1,8$
		0	Zanja	Jul-2011	$-1,1 \pm 0,2$	$88 \pm 1,7$	$27,4 \pm 0,5$	$4 \pm 0,2$	1.636 ± 129
				Abr-2012	$-2,1 \pm 0,3$	$81 \pm 1,6$	$19,2 \pm 0,5$	$6 \pm 0,3$	1.146 ± 19
$68,4 \pm 0,5$		Casilla	Jul-2011	$-1,3 \pm 0,5$	$85 \pm 3,1$	$17,8 \pm 1,1$	$5 \pm 0,6$	698 ± 366	
			Abr-2012	$-3,9 \pm 1,6$	$67 \pm 9,2$	$16,7 \pm 0,3$	$4 \pm 0,3$	1.103 ± 119	
$18,4 \pm 5,9$		Zanja	Jul-2011	$-0,9 \pm 0,2$	$92 \pm 1,8$	$19,3 \pm 0,7$	$4 \pm 0,4$	676 ± 336	
			Abr-2012	$-2,6 \pm 0,2$	$81 \pm 5,2$	$13,5 \pm 0,2$	$5 \pm 0,4$	550 ± 252	

Tabla 26: Diámetro a la altura del cuello (DAC, mm), Longitud de tallo (cm), Longitud de raíz (cm), y Biomasa de Hojas (g, %), Tallo y Ramas (g, %), Raíces (g, %), y Relación parte aérea/parte radicular (PA/PR) por especie (Hualo (H) y Peumo (P)) y periodo de evaluación, plantadas en casillas con colectores en predio Pantanillos (PP). Los valores son las media \pm error estándar.

Evaluaciones	Unidades	Período	Hualo	Peumo
DAC	mm	Julio 2011	4,6 \pm 0,2	3,0 \pm 0,1
		Abril 2012	4,1 \pm 0,3	3,8 \pm 0,2
Longitud de Tallo	cm	Julio 2011	28,1 \pm 1,3	19,1 \pm 0,9
		Abril 2012	26,4 \pm 3,1	23,6 \pm 1,5
Longitud de Raíces	cm	Julio 2011	15,5 \pm 2,6	11,7 \pm 1,4
		Abril 2012	14,8 \pm 1,0	19,2 \pm 1,7
Biomasa de Hojas	g	Julio 2011	0,5 \pm 0,2	1,5 \pm 0,4
		Abril 2012	0,0 \pm 0,0	1,0 \pm 0,1
	%	Julio 2011	9,4 \pm 3,4	29,4 \pm 2,3
		Abril 2012	0,0 \pm 0,0	30,0 \pm 2,2
Biomasa de Tallos	g	Julio 2011	1,7 \pm 0,3	1,6 \pm 0,1
		Abril 2012	1,9 \pm 0,2	0,5 \pm 0,1
	%	Julio 2011	34,3 \pm 3,8	33,9 \pm 5,9
		Abril 2012	17,0 \pm 4,3	14,9 \pm 1,2
Biomasa de Raíces	g	Julio 2011	2,8 \pm 0,1	1,9 \pm 0,5
		Abril 2012	11,0 \pm 2,3	2,1 \pm 0,5
	%	Julio 2011	56,3 \pm 3,5	36,7 \pm 3,7
		Abril 2012	83,3 \pm 4,3	55,1 \pm 3,2
PA/PR	---	Julio 2011	0,8 \pm 0,1	1,8 \pm 0,3
		Abril 2012	0,2 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1

Tabla 27: Cobertura sobre la plantación (%), Índice de área foliar (LAI), Supervivencia (%), Potencial Hídrico (Ψ , MPa) y Contenido Hídrico Relativo (CHR, %) foliar a prealba, Temperatura máxima del suelo a 12 cm de profundidad ($^{\circ}\text{C}$), Contenido volumétrico de agua en el suelo a 12 cm de profundidad (VWC, %), Radiación fotosintéticamente activa (PAR, $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), por especie (Hualo (H) y Peumo (P)) plantadas en casillas con colectores en predio Pantanillos (PP) y periodo de evaluación. Los valores son las media \pm error estándar.

Evaluaciones	Unidades	Período	Hualo	Peumo
Cobertura	%	Dic-2011	49,9 \pm 9,6	41,3 \pm 10,6
		Abr- 2012	43,0 \pm 14,4	55,8 \pm 4,4
LAI		Dic-2011	1,4 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1
		Abr- 2012	1,5 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1
Supervivencia	%	Dic-2011	100	100
		Abr- 2012	100	100
		Nov-2012	100	100
Ψ	MPa	Dic-2011	-1,1 \pm 0,2	-0,8 \pm 0,1
		Abr- 2012	-3,3 \pm 0,3	-2,8 \pm 0,2
CHR	%	Dic-2011	85,3 \pm 1,8	99,5 \pm 5,8
		Abr- 2012	69,2 \pm 5,8	89,7 \pm 1,1
Temperatura suelo	$^{\circ}\text{C}$	Dic-2011	20,0 \pm 0,9	21,0 \pm 1,2
		Abr- 2012	13,5 \pm 0,2	13,5 \pm 0,2
Contenido de agua	%	Dic-2011	5,6 \pm 0,4	6,2 \pm 0,6
		Abr- 2012	5,0 \pm 0,3	6,4 \pm 0,6
PAR	$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	Dic-2011	1.190,8 \pm 281,0	1.211,6 \pm 285,6
		Abr- 2012	331,5 \pm 21,3	203,6 \pm 31,7

Tabla 28: Diámetro a la altura del cuello (DAC, mm), Longitud de tallo (cm), Longitud de raíz (cm), Biomasa de; Hojas (g, %), Tallo y Ramas (g, %), Raíces (g, %), y relación parte aérea/parte radicular (PA/PR) por especie (Quillay (Q) y Litre (L) y período de evaluación, plantadas en zanjas en predio Las Brizas (Región del Maule). Los valores son las media \pm error estándar.

Evaluaciones	Unidades	Quillay		Litre	
		Julio (2011)	Abril (2012)	Inicio (2011)	Abril(2012)
DAC	mm	4,1 \pm 0,1	6,5 \pm 0,4	5,4 \pm 0,1	6,8 \pm 0,3
Longitud de Tallo	cm	45,0 \pm 1,0	49,6 \pm 2,6	24,8 \pm 0,7	29,5 \pm 1,7
Longitud de Raíces	cm	17,0 \pm 2,6	24,0 \pm 4,8	14,9 \pm 2,6	18,1 \pm 2,8
Biomasa de Hojas	g	2,0 \pm 0,3	3,2 \pm 1,1	4,4 \pm 0,8	4,5 \pm 1,5
	%	36,8 \pm 1,4	23,9 \pm 7,1	45,9 \pm 3,5	20,0 \pm 6,8
Biomasa de Tallos	g	1,5 \pm 0,2	4,6 \pm 0,4	1,9 \pm 0,3	4,3 \pm 0,8
	%	27,7 \pm 0,9	34,7 \pm 3,3	20,3 \pm 1,7	23,1 \pm 7,0
Biomasa de Raíces	g	1,9 \pm 0,1	6,0 \pm 2,1	3,1 \pm 0,3	18,4 \pm 10,3
	%	35,5 \pm 1,7	41,4 \pm 7,6	33,8 \pm 4,4	57,0 \pm 11,7
PA/PR	---	1,8 \pm 0,1	1,7 \pm 0,4	2,1 \pm 0,3	1,0 \pm 0,3

Tabla 29: Cobertura sobre la plantación (%), Índice de área foliar (LAI), Supervivencia (%), Potencial Hídrico (Ψ , MPa) y Contenido Hídrico Relativo (CHR, %) foliar a prealba, Temperatura máxima del suelo a 12 cm de profundidad ($^{\circ}\text{C}$), Contenido volumétrico de agua en el suelo a 12 cm de profundidad (VWC, %), Radiación fotosintéticamente activa (PAR, $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), por especie (Quillay (Q) y Litre (L) plantadas en zanjas en predio Las Brizas (Región del Maule) y período de evaluación. Los valores son las media \pm error estándar.

Evaluaciones	Unidades	Período	Quillay	Litre
Cobertura	%	Dic-2011	6,2 \pm 4,3	6,7 \pm 4,1
		Abr- 2012	8,0 \pm 5,1	4,3 \pm 3,0
LAI		Dic-2011	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1
		Abr- 2012	0,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1
Supervivencia	%	Dic-2011	100	100
		Abr- 2012	100	100
		Nov-2012	100	100
Ψ	MPa	Dic-2011	-1,2 \pm 0,1	-1,2 \pm 0,1
		Abr- 2012	-1,6 \pm 0,1	-1,4 \pm 0,1
CHR	%	Dic-2011	84,7 \pm 2,1	90,5 \pm 2,0
		Abr- 2012	86,3 \pm 1,4	91,4 \pm 0,9
Temperatura suelo	$^{\circ}\text{C}$	Dic-2011	28,4 \pm 0,6	30,0 \pm 0,6
		Abr- 2012	19,4 \pm 0,5	19,9 \pm 0,7
Contenido de agua	%	Dic-2011	5,0 \pm 0,4	5,2 \pm 0,5
		Abr- 2012	-	-
PAR	$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	Dic-2011	1.604,3 \pm 65,9	1.580,9 \pm 48,2
		Abr- 2012	941,6 \pm 127,0	1.107,0 \pm 93,3

Tabla 30: Diámetro a la altura del cuello (DAC, mm), Longitud de tallo (cm), Largo de raíces (cm) y Biomasa de hojas, Tallos, Raíz, y Relación parte aérea/parte radicular (PA/PR) por especie (Hualo (H), Peumo (P) y Quillay (Q)) plantadas en julio 2012. Los valores son las media \pm error estándar.

Especie		Hualo	Peumo	Quillay
Evaluación Inicial (Julio 2012)	DAC (mm)	\pm	2,9 \pm 0,1	6,2 \pm 0,1
	Longitud de Tallo (cm)	4,5 \pm 0,9	12,6 \pm 0,3	38,6 \pm 6,6
	Longitud de Raíces (cm)	3,9 \pm 0,3	23,0 \pm 1,4	
	Biomasa de Hojas (g)	0,01 \pm 0,002	0,65 \pm 0,06	
	Biomasa de Tallos (g)	0,07 \pm 0,06	0,34 \pm 0,06	
	Biomasa de Raíces (g)	0,08 \pm 0,09	0,15 \pm 0,39	
	PA/PR	0,1 \pm 0,06	6,8 \pm 0,22	

Tabla 31: Porcentaje de sobrevivencia de la plantación por especie (*Quillaja saponaria* (Quillay), *Lithraea caustica* (Litre), *Cryptocarya alba* (Peumo), *Colliguaja odorifera* (Colliguay)) y *Muehlenbeckia hastulata* (Quilo), sector (1 y 2), monto de riego (5 y 10 litros una vez al mes) y período de evaluación

Período	Sector	Riego (litros)	Sobrevivencia de las Especies (%)				
			Quillay	Litre	Peumo	Colliguay	Quilo
Dic-2009	1	5	92	95	100	100	-
		10	92	94	100	100	
	2	5	99	91	93	100	-
		10	97	99	100	100	
Abr- 2010	1	5	77	88	16	60	-
		10	77	88	20	75	
	2	5	82	68	15	68	-
		10	82	73	18	82	
Dic-2010	1	5	72	87	6	68	50
	2	5	80	70	17	76	62
Abr- 2011	1	5	72	85	0	68	20
	2	5	80	68	17	76	41
Dic-2011	1	5	72	84	0	65	10
	2	5	80	68	17	76	31
Abr- 2012	1	5	70	81	0	65	3
	2	5	80	68	15	76	28

En noviembre y diciembre de 2010 no se aplicó riego a las plantas.
Los Quilos a partir de enero de 2011 fueron regados con 15 litros.
El 2012 sólo se regó una vez a mediados de verano.

Figura 2: Crecimiento acumulado en Diámetro a la altura del cuello (DAC; cm), según especie (160 plantas de *Quillaja saponaria* (Quillay), 150 plantas de *Lithraea caustica* (Litre), y 40 plantas de *Colliguaja odorifera* (Colliguay)), desde julio 2009 a marzo 2012. Los valores representan la media.

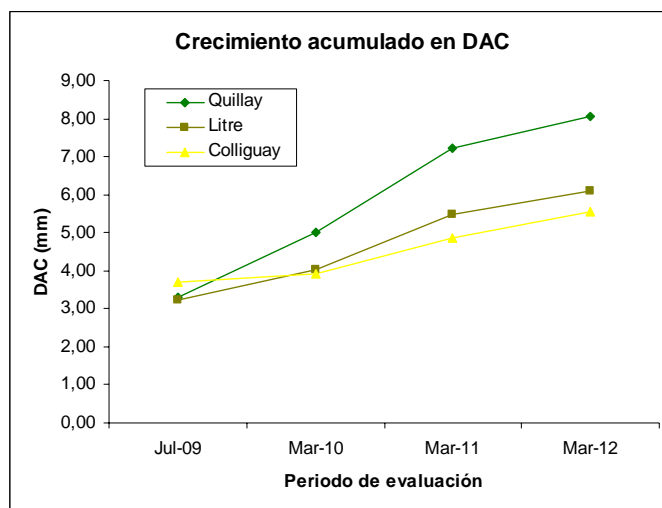


Figura 3: Crecimiento acumulado en Altura (cm), según especie (160 plantas de *Quillaja saponaria* (Quillay), 150 plantas de *Lithraea caustica* (Litre), y 40 plantas de *Colliguaja odorifera* (Colliguay)), desde julio 2009 a marzo 2012. Los valores representan la media.

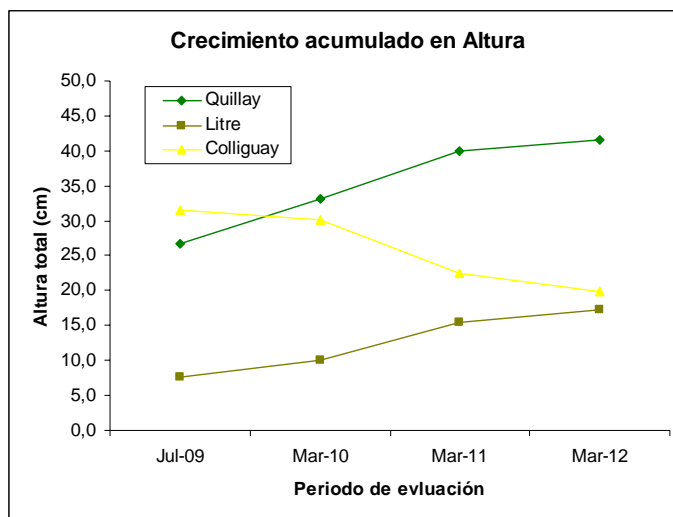


Tabla 32: Potencial hídrico a pre-alba (Ψ ; -MPa), según especie (*Quillaja saponaria* (Quillay), *Lithraea caustica* (Litre), *Cryptocarya alba* (Peumo), *Colliguaja odorifera* (Colliguay) y (*Muehlenbeckia hastulata* (Quilo)), sector (Sector 1 y Sector 2), tratamiento de riego (5 y 10 litros mensualmente) y para cada período de evaluación (diciembre 2009 a abril 2012). Los valores representan la media \pm error estándar, con n=6.

Sector	Período	Tratamiento de Riego (litros)	Ψ_{PD} (-MPa)				
			Especies				
			Quillay	Litre	Colliguay	Peumo	Quilo
1	Dic-2009	5	-0,6 \pm 0,1	-0,8 \pm 0,2	-0,7 \pm 0,2	-4,3 \pm 1,1	-
		10	-0,6 \pm 0,1	-0,8 \pm 0,2	-0,7 \pm 0,2	-4,3 \pm 1,1	-
	Abr-2010	5	-3,1 \pm 0,7	-1,7 \pm 0,2	-3,0 \pm 0,8	-	-
		10	-3,2 \pm 0,9	-1,9 \pm 0,1	-1,7 \pm 0,3	-	-
	Dic-2010	5	-1,3 \pm 0,3	-1,1 \pm 0,1	-1,1 \pm 0,2	-	-2,0 \pm 0,4
	Abr-2011	5	-1,5 \pm 0,1	-1,7 \pm 0,2	-1,6 \pm 0,3	-	-1,1 \pm 0,1
	Dic-2011	5	-1,5 \pm 0,3	-1,2 \pm 0,1	-2,0 \pm 0,3	-	-
Abr-2012	5	-3,7 \pm 0,7	-3,0 \pm 0,4	-3,2 \pm 0,6	-	-	
2	Dic-2009	5	-0,6 \pm 0,1	-0,8 \pm 0,2	-0,7 \pm 0,1	-3,2 \pm 0,8	-
		10	-0,6 \pm 0,1	-0,8 \pm 0,2	-0,7 \pm 0,1	-3,2 \pm 0,8	-
	Abr-2010	5	-1,9 \pm 0,6	-1,8 \pm 0,7	-1,5 \pm 0,1	-	-
		10	-2,2 \pm 0,7	-1,7 \pm 0,5	-1,6 \pm 0,4	-	-
	Dic-2010	5	-0,7 \pm 0,1	-1,0 \pm 0,1	-0,9 \pm 0,1	-	-0,9 \pm 0,1
	Abr-2011	5	-1,3 \pm 0,1	-1,2 \pm 0,1	-1,1 \pm 0,1	-	-1,1 \pm 0,1
	Dic-2011	5	-0,5 \pm 0,1	-1,0 \pm 0,2	-1,2 \pm 0,1	-	-5,8 \pm 0,3
Abr-2012	5	-3,0 \pm 0,5	-2,2 \pm 0,4	-1,9 \pm 0,6	-	-2,0 \pm 0,4	

Quilo se regó con 15 litros desde enero 2011 a abril 2011

El 2012 sólo se regó una vez a mediados de verano.

Tabla 33: Contenido hídrico relativo a pre-alba (CHR; %), según especie (*Quillaja saponaria* (Quillay), *Lithraea caustica* (Litre), *Cryptocarya alba* (Peumo), *Colliguaja odorifera* (Colliguay) y (*Muehlenbeckia hastulata* (Quilo)), sector (Sector 1 y Sector 2), tratamiento de riego (5 y 10 litros mensualmente) y para cada período de evaluación (diciembre 2009 a abril 2012). Los valores representan la media \pm error estándar, con $n=6$.

Sector	Período	Tratamiento de Riego (litros)	CHR _{PD} (%)				
			Especies				
			Quillay	Litre	Colliguay	Peumo	Quilo
1	Dic-2009	5	93,0 \pm 0,9	96,0 \pm 0,7	89,0 \pm 1,9	63,0 \pm 1,7	-
		10	93,0 \pm 0,9	96,0 \pm 0,7	89,0 \pm 1,9	63,0 \pm 1,7	-
	Abr-2010	5	80,0 \pm 3,6	95,3 \pm 0,5	90,9 \pm 2,5	-	-
		10	78,7 \pm 5,1	95,2 \pm 0,9	92,3 \pm 0,9	-	-
	Dic-2010	5	89,3 \pm 2,0	92,6 \pm 1,1	91,0 \pm 0,6	-	77,5 \pm 4,9
		5	87,3 \pm 1,4	90,1 \pm 1,6	85,8 \pm 2,9	-	87,0 \pm 0,4
	Dic-2011	5	85,5 \pm 2,8	91,6 \pm 1,1	79,4 \pm 3,6	-	-
		5	78,2 \pm 4,5	96,3 \pm 1,4	82,6 \pm 2,6	-	-
2	Dic-2009	5	91,0 \pm 3,1	95,0 \pm 0,5	93,0 \pm 0,4	77,0 \pm 6,1	-
		10	91,0 \pm 3,1	95,0 \pm 0,5	93,0 \pm 0,4	77,0 \pm 6,1	-
	Abr-2010	5	88,5 \pm 3,3	90,3 \pm 3,0	91,8 \pm 1,2	-	-
		10	83,5 \pm 4,3	89,7 \pm 3,3	82,7 \pm 10,9	-	-
	Dic-2010	5	94,3 \pm 0,9	93,8 \pm 0,7	95,3 \pm 1,1	-	81,3 \pm 3,7
		5	89,2 \pm 0,9	90,8 \pm 1,1	89,1 \pm 1,4	-	85,0 \pm 2,4
	Dic-2011	5	91,0 \pm 0,3	93,2 \pm 0,6	89,6 \pm 0,8	-	84,8 \pm 4,7
		5	82,5 \pm 2,5	91,0 \pm 1,8	90,4 \pm 2,2	-	72,1 \pm 4,5

Quilo se regó con 15 litros desde enero 2011 a abril 2011

El 2012 sólo se regó una vez a mediados de verano.

INFORME FINAL PROYECTO CONAF BOSQUE NATIVO

EVALUACIÓN DE ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN DE LA CUBIERTA ARBÓREA CON PRESENCIA DE *Nothofagus macrocarpa* o *Nothofagus glauca* por MEDIO DE REGENERACIÓN NATURAL Y PLANTACIÓN

Peña-Rojas K., Donoso S., Durán S., Pacheco C., Galdames E., Espinoza C.

Programa de Bosques Mediterráneos, Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile

Objetivos específicos 3:

Recomendaciones (Pautas) silvícola y de manejo

A partir de la información base obtenida de los objetivos específicos 1 y 2 se procedió a definir algunas pautas silvícolas y de manejo, dirigidas al establecimiento de la regeneración y enriquecimiento para restaurar la cubierta arbórea de las formaciones boscosas de *N. macrocarpa* y *N. glauca* en las tres localidades (CR, RCL y PP), y de forma complementaria, también enriquecimiento de formaciones esclerófilas presentes en las localidades evaluadas (CR y PP).

Resultados: A partir de los resultados obtenidos, se corrobora un patrón de restricción hídrica estival que se reduce latitudinalmente de norte a sur. Es así como el riego estival de las plantas es fundamental en la RM para *N. macrocarpa* y las especies como Quillay y Litre. En el secano interior de la región del Maule, las plantas toleraron sin riego el primer período estival, establecidas en zanjas de infiltración.

Se observa un marcado crecimiento del sistema radical de las plantas por sobre el desarrollo aéreo, esto se traduce en la necesidad de a nivel de vivero, desarrollar plantas que estimulen el desarrollo de raíz y con macetas de mayor largo en lugar de la clásica 20x15, llevar a terreno

plantas de 20x30 o incluso 20x40. Lo anterior se justifica en la necesidad que las plantas en el menor tiempo posible puedan obtener autonomía del riego estival, lo que se logra con una rápida exploración y captura de humedad a mayor profundidad de suelo que se ve menos afecto a la alta evaporación ambiental en los meses de verano. Esta planta tendrá un mayor costo y la plantación también lo será, pero se reduciría de forma importante el alto costo de riego.

En las condiciones ambientales más restrictivas para la especie del bosque mediterráneo chileno, la cobertura parcial de forma artificial o empleando la vegetación arbustiva y arbórea presente, reducen en la etapa inicial los estreses. La información recopilada no permite indicar si en unos años más la competencia con la vegetación acompañante se volverá un escollo para el desarrollo y sobrevivencia de las plantas.

La dosificación del riego, aportando montos suficientes para garantizar la sobrevivencia, estimula el desarrollo de plantas que concentra su esfuerzo en la exploración de su sistema radicular, permitiendo ser autónomas en un período de tiempo razonable. El monto de riego estimado en el ensayo de enriquecimiento en la RM, indica que en la condición evaluada, la aplicación de cinco litros por planta durante los meses de mayor estrés es suficiente para que las plantas sobrevivan. Sin embargo, el valor obtenido, solo es aplicable a las condiciones específicas del ensayo (altitud aprox. 1000msnm, suelo granítico altamente erosionado y aprox. 600 a 700mm de precipitación anual). Evaluaciones realizadas en otras condiciones en la misma Provincia, requieren montos significativamente diferentes.

Los procesos de restauración requieren ser iniciados con las especies arbustivas y arbóreas que mejor resistan las condiciones adversas, para en una etapa posterior establecer las especies más sensibles a los estreses ambientales presentes en la zona.

Finalmente, se detectó la escasa disponibilidad en vivero de plantas arbustivas o rastreras nativas, que faciliten los procesos de revegetación, así como de plantas adecuadamente preparadas para enfrentar los estreses ambientales.

Recomendaciones para el manejo silvícola en el establecimiento inicial de *N. macrocarpa*, *N. glauca* y algunas especies arbóreas del bosque esclerófilo.

Las recomendaciones son específicas para la zona donde se realizaron los ensayos debido al carácter puntual de los ensayos y al limitado tiempo de estudio, de 1 a 1, 5 años de evaluación después de la plantación.

Plantación en Cerro El Roble, Comuna de Til-Til Región Metropolitana:

Para realizar un enriquecimiento o recuperación de la cubierta arbórea con *N. macrocarpa* en Cerro El Roble a una altitud de 1000 a 1900msnm, en un suelo muy degradado y con gran pedregosidad, y en años secos, con altas temperaturas y radiación estival como lo ocurrido el 2010 al 2012: La plantación se debe hacer antes de las primeras nevadas y si aún no ha llovido aplicar un riego al momento de la plantación. Ésta debe realizarse bajo cobertura arbórea superior al 45%, en lo posible hacer casillas de 30cm x 30cm de lado x 40 a 60cm de profundidad con colectores de agua lluvia. No se recomienda realizar zanjas de infiltración por la excesiva pedregosidad del suelo del lugar. Al establecer la planta, para las condiciones estudiadas, se debe aplicar fertilización básica NPK y urea (1,20 y 0,32g/l respectivamente. Se puede realizar con plantas provenientes de estacas, de dos años provenientes de vivero en bolsas y de dos años provenientes de repique de plántulas germinadas en del bosque y repicadas en bolsas. Lo más importante es la aplicación de riego de 15 litros cuando las plantas tengan un potencial hídrico a prealba más negativo que -1,5MPa, durante el primer año y el segundo año aplicar riego de 15 litros cuando el potencial hídrico a prealba sea más negativo que -2,0MPa. No se puede indicar para los años siguientes ya que no hay evaluaciones pero lo ideal es ir disminuyendo paulatinamente el riego año tras año para asegurar su autonomía de las plantas. Es fundamental evaluar el potencial hídrico a prealba a partir de noviembre para determinar si es necesario aplicar riego especialmente en los años secos.

Para realizar recuperación de suelos muy degradados o enriquecimiento (suelos muy degradados) con especies arbóreas del bosque esclerófilo en Cerro El Roble a unos 1000msnm, se puede señalar que es preferible escoger laderas con exposiciones sur tanto para quillay, litre y colliguay. La plantación debe realizarse en lo posible bajo algún grado de cobertura para mejorar la sobrevivencia y crecimiento de las plantas además del riego y un buen trabajo en el suelo. En lo posible hacer casillas de 30cm x 30cm de lado x 40 a 60cm de profundidad con colectores (No se recomienda realizar zanjas de infiltración por la excesiva pedregosidad del lugar) y realizar un buen trabajo del suelo y aplicar fertilización básica NPK y urea (1,20 y 0,32g/l respectivamente). Utilizar plantas endurecidas previamente y con uno a dos años provenientes de vivero en bolsas. Es clave la aplicación de riego de 10 litros cuando las plantas tengan un potencial hídrico a prealba más negativo que -2,0MPa, durante el primer año en la época de mayor restricción hídrica y en el segundo y tercer año aplicar riego de 5 litros cuando el potencial hídrico a prealba sea más negativo que -2,5MPa. No se puede indicar para los años siguientes ya que no hay evaluaciones pero lo ideal es ir disminuyendo paulatinamente el riego año tras año para asegurar su autonomía de las plantas. Es fundamental evaluar el potencial hídrico a prealba a partir de inicios de noviembre para ver si es necesario aplicar riego especialmente en los años secos y el primer año de plantación.

Plantación en Los Predios Pantanillo y las Brisas Región del Maule

Para realizar un enriquecimiento con *N. glauca* en el Predio Pantanillo, Región del Maule, en un suelo degradado, y en años secos, con altas temperaturas y radiación estival como lo ocurrido el 2010 al 2012: La plantación se puede realizar bajo cobertura arbórea o sin cobertura arbórea en lo posible hacer la plantación en zanjas de infiltración, de no ser factible se pueden utilizar casillas con colectores de 30cm x 30cm de lado x 40 a 60cm de profundidad y un buen trabajo del suelo (En ambos casos aplicar fertilización básica NPK y urea (1,20 y 0,32g/l respectivamente)). Se puede realizar con plantas de 1 a 2 años a raíz desnuda o en bolsas, para mejorar la sobrevivencia se recomienda la aplicación de riego de 10 litros cuando las plantas tengan un potencial hídrico a prealba más negativo que -2,0MPa, durante el primer año especialmente en la época de mayor

restricción hídrica. No se puede indicar para los años siguientes ya que no hay evaluaciones pero lo ideal es ir disminuyendo paulatinamente el riego año tras año para asegurar su autonomía de las plantas.

En el caso de enriquecimiento con Peumo en el Predio Pantanillo, en un suelo degradado, y en años secos, con altas temperaturas y radiación estival como lo ocurrido el 2010 al 2012: La plantación se puede realizar bajo cobertura arbórea de un 40 a 60%, en lo posible hacer la plantación considerando realizar zanjas de infiltración, de no ser factible se pueden utilizar casillas con colectores de 30cm x 30cm de lado x 40 a 60cm de profundidad y un buen trabajo del suelo (En ambos casos aplicar fertilización básica NPK y urea (1,20 y 0,32g/l respectivamente)), utilizar plantas de 1 a 2 años en vivero en bolsas, para mejorar la sobrevivencia se recomienda la aplicación de riego de 10 litros cuando las plantas tengan un potencial hídrico a prealba más negativo que -2,0MPa, durante el primer año en la época de mayor restricción hídrica. No se puede indicar para los años siguientes ya que no hay evaluaciones pero lo ideal es ir disminuyendo paulatinamente el riego año tras año para asegurar su autonomía de las plantas.

Para realizar recuperación de suelos muy degradados o enriquecimiento (suelos muy degradados) con quillay y litre en el Predio las Brisas. La plantación se puede realizar bajo cobertura arbórea o sin cobertura arbórea. En lo posible hacer la plantación complementando con zanjas de infiltración, de no ser factible se pueden utilizar casillas con colectores de 30cm x 30cm de lado x 40 a 60cm de profundidad y un buen trabajo del suelo (En ambos casos aplicar fertilización básica NPK y urea (1,20 y 0,32g/l respectivamente)). Se puede realizar con plantas de 1 a 2 años en bolsas, para mejorar la sobrevivencia se recomienda la aplicación de riego de 10 litros cuando las plantas tengan un potencial hídrico a prealba más negativo que -2,0MPa, durante el primer año especialmente en la época de mayor restricción hídrica. No se puede indicar para los años siguientes ya que no hay evaluaciones pero lo ideal es ir disminuyendo paulatinamente el riego año tras año para asegurar su autonomía de las plantas.