



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Efecto de la concentración de nutrientes sobre la
producción de estacas de setos hidropónicos de *Nothofagus
nervosa* (Phil.) Dim. et Mil.**

Profesor Guía: Sr. Víctor Gerding S.

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

RODRIGO JAVIER INZUNZA OLAVE

VALDIVIA

2007

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Patrocinante:	Sr. Víctor Gerding Salas	Nota <u>5,7</u>
Informante:	Sr. Jaime Büchner Oyarzo	<u>6,2</u>
Informante:	Sr. Bernardo Escobar Rodríguez	<u>5,3</u>

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

Sr. Víctor Gerding S.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEORICO	2
2.1 <i>Nothofagus nervosa</i>	2
2.2 Propagación vegetativa por estacas	3
2.2.1 Nutrición de setos y su efecto en el enraizamiento de estacas	3
2.2.2 Época de recolección de estacas y su efecto en el enraizamiento	5
2.3 Hidroponía	6
2.3.1 La solución nutritiva	7
2.3.2 Sustratos	8
2.3.3 Uso de la hidroponía en especies forestales	9
2.4 Elementos nutritivos y tipos de fertilizante	9
2.4.1 Fertilizantes de entrega sostenida Osmocote	10
2.4.2 Fertilizantes solubles	10
2.4.3 Fertirrigación	11
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	12
3.1 Concentración de nutrientes	12
3.2 Preparación de contenedores y sustrato	13
3.3 Instalación de setos en las piscinas	14
3.4 Cosecha	14
3.5 Instalación de estacas	15
3.6 Evaluación del enraizamiento	16
3.7 Análisis estadístico	16
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1 Presentación de resultados	17
4.1.1 Producción de estacas	17

4.1.2	Enraizamiento de estacas	19
4.2	Discusión de resultados	21
4.2.1	Producción de estacas	21
4.2.2	Enraizamiento de estacas	22
5.	CONCLUSIONES	24
6.	BIBLIOGRAFÍA	25
ANEXOS		
1	Abstract and keywords	
2	Informe del análisis químico del agua y soluciones nutritivas	
3	Esquema de distribución de contenedores, setos y estacas	
4	Producción y enraizamiento de estacas	

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Concentración (%) y cantidad [kg] del producto para 3.000 L de solución en cada tratamiento	12
Cuadro 2. Contenido (%) de elementos solubles en cada producto	12
Cuadro 3. Número de estacas cosechadas por tratamiento	17
Cuadro 4. Distribución porcentual de setos según su producción de estacas por cosecha y tratamiento	19
Cuadro 5. Sobrevivencia (%) de estacas enraizadas en marzo de 2007	20

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Cultivo hidropónico de sistema cerrado	13
Figura 2. Estacas de raulí que cumplen con los criterios de calidad	15
Figura 3. Mortalidad acumulada de estacas de la cosecha de abril y la de agosto	18
Figura 4. Enraizamiento acumulado (%) de estacas de la primera (abril) y segunda (agosto) cosecha	19

RESUMEN EJECUTIVO

El propósito general de este trabajo fue evaluar los efectos de la concentración nutritiva sobre la producción de estacas de raulí, provenientes de setos en cultivo hidropónico. Para lograrlo se propuso evaluar y comparar el número de estacas producidas por tratamiento y época de cosecha, y evaluar el efecto de cada tratamiento sobre el enraizamiento.

Tres tratamientos nutritivos fueron utilizados, el más completo formado por tres productos (T1), uno intermedio con los mismos productos que el primero pero con una menor concentración (T2), y el tratamiento más pobre formado solamente por un tipo de producto. Se realizaron dos cosechas de estacas, en abril y agosto de 2006.

Se hicieron evaluaciones de sobrevivencia y enraizamiento de estacas en los meses de mayo, julio, septiembre y noviembre de 2006, y enero y marzo de 2007.

Para probar la influencia de los tratamientos nutritivos y la época de cosecha sobre, el número de estacas cosechadas, la mortalidad y enraizamiento acumulado de estacas, se realizó un análisis factorial sin repetición con un 95% de confianza estadística.

La gradiente nutricional funcionó como se esperaba por lo menos para el número de estacas cosechadas donde T1 produjo un 48% del total de las estacas considerando ambas cosechas, T2 produjo un 36% y T3 un 16%.

Se consideró como época de cosecha más productiva la de abril (total de 513 estacas), que superó en un 20% a la cosecha de agosto (total de 329 estacas), lo que se explica porque para la cosecha de agosto, el crecimiento se encontraba en su etapa de receso, por lo que las estacas cosechadas correspondieron a remanentes de la cosecha de abril.

La producción de estacas fue muy baja para los tres tratamientos en ambas cosechas. Solamente el 30% de los setos produjo únicamente una estaca, y aproximadamente un 65% no tuvo producción.

Se encontró una excesiva mortalidad en las estacas en todos los casos (media sobre 90%), lo que se atribuye a factores ajenos al ensayo.

El enraizamiento de estacas de ambas cosechas se produjo entre septiembre y noviembre. De las estacas cosechadas en abril, solo un 21,1% enraizaron, mientras que para las producidas en agosto se obtuvo un 50% de enraizamiento. Los tratamientos T1 y T2 tuvieron un enraizamiento con tendencia superior a T3 con un 39,2% y 31,7% respectivamente, mientras que T3 solo alcanzó un 13,2%. Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas, razón por la que las tasas de enraizamiento no se pueden atribuir a un mejor tratamiento nutritivo, ni tampoco a una época de producción más favorable.

Debido a que los resultados de enraizamiento fueron afectados por factores ajenos, el segundo objetivo correspondiente al efecto de los tratamientos sobre el enraizamiento, no se pudo verificar.

La baja producción de estacas en ambas cosechas era algo de esperar por la época del año en que se realizaron (otoño e invierno). Se esperaban resultados más favorables si se hubieran realizado las dos cosechas posteriores en la etapa de crecimiento vegetativo.

Palabras clave: cultivo hidropónico, *Nothofagus nervosa*, producción de estacas, enraizamiento.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad y a nivel mundial el uso de cultivos hidropónicos se enfoca principalmente en la producción de hortalizas y es muy escasa su aplicación a especies forestales, por lo que la información concerniente a este tema es mínima o incluso nula. Sin embargo, en un futuro próximo se espera que la hidroponía juegue un papel muy importante en el cultivo de plantas para la reforestación, huertos y arbustos ornamentales.

En el ámbito nacional resulta de importancia investigar y desarrollar nuevas técnicas para fomentar las plantaciones con especies nativas, especialmente cuando se discute la ley de bosque nativo, del cual raulí, *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil., es uno de sus principales exponentes. En esta especie la regeneración natural es principalmente por semillas, motivo por el cual su éxito está relacionado directamente con la cantidad y calidad de las semillas producidas. Uno de los principales problemas para producir plantas de raulí es la escasez de semillas ocasionada, en parte, por los procesos de producción cíclicos que oscilan entre dos y tres años. Por ejemplo, desde 1997 que no se registra un año de alta producción de semillas en raulí. Otro problema con respecto a las semillas es su baja viabilidad producida por la perforación que ocasionan las larvas de lepidópteros del género *Perzelia*.

La mantención y desarrollo de setos de raulí a través de cultivos hidropónicos en invernadero surge como una alternativa para obtener un suministro de material en forma regular, al margen de las condiciones bióticas y abióticas de la zona. La fertilización es, después del riego, la práctica cultural que más directamente influye en el desarrollo de las plantas por lo que una adecuada adición de nutrientes favorece altas tasas de sobrevivencia y crecimiento inicial, lo que se traduce en mayor producción de material vegetativo.

El presente trabajo tuvo como objetivo general evaluar el efecto de la concentración de nutrientes sobre la producción de estacas provenientes de setos hidropónicos de raulí y determinar el porcentaje de enraizamiento de dichas estacas.

Los objetivos específicos fueron:

- Comparar y evaluar el número de estacas producidas según la solución nutritiva empleada y según el período de producción.
- Evaluar el efecto de cada tratamiento sobre el posterior enraizamiento de las estacas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 *Nothofagus nervosa*

Árbol endémico de los bosques subantárticos de Chile y Argentina. El raulí crece en las laderas de las montañas a altitudes intermedias entre 300 y 1.200 metros sobre el nivel del mar, prefiere los suelos profundos con buen drenaje. Entre los factores limitantes que lo afectan están las temperaturas extremas, las amplias fluctuaciones térmicas, los suelos muy húmedos y las estaciones secas prolongadas. Es una especie semitolerante, exigente de luz (INFOR, 2001), aunque al momento de establecerse, pareciera tener un nivel mayor de tolerancia a la sombra (Donoso *et al.*, 1999).

Es una especie muy recomendada para plantaciones comerciales o reforestación, y para manejar sus renovales que son muy numerosos. Rebrotta vigorosamente de tocón después del madereo y los incendios. En situaciones favorables, puede alcanzar dimensiones susceptibles de explotación entre 70-80 años, aunque según Grosse y Quiroz (1999), también se ha logrado obtener madera de alta calidad en Gran Bretaña en rotaciones de 30-40 años. La madera de raulí es una de las más apreciadas y valiosas obtenidas de latifoliadas del bosque nativo chileno. Presenta albura blanquecina-amarillenta y duramen rojizo o gris rojizo, de excelente calidad, resistente, elástica y de grano fino, se utiliza principalmente en mueblería (INFOR, 2001).

Según Santelices *et al.* (2006), es común que diversos clones de algunas especies presenten grandes diferencias en la capacidad de enraizamiento. Al respecto, para raulí, se han registrado tasas de enraizamiento de alrededor de 13% para un clon, mientras que para otro fue cercana a 2%. Es probable, entonces, que la capacidad de enraizamiento de algunas especies del género *Nothofagus* esté condicionada genotípicamente. Divo de Sesar *et al.* (2006) señalan que el origen y desarrollo de las raíces adventicias es endógeno. Esto ocurre a partir del parénquima de los tejidos vasculares cercanos al cámbium, especialmente del floema, y crecen a través de los tejidos situados por fuera del punto de origen.

Divo de Sesar *et al.* (2006) registraron un 47% de enraizamiento con una concentración de 2.500 partes por millón de ácido indolbutírico (AIB), y un 28% con 4.000 ppm, ambos resultados con estacas de raulí de 6-8 cm en un sustrato de perlita con turba. Por su parte, Caro *et al.* (2003) obtuvieron un 19% de enraizamiento con 5.000 ppm de AIB, con estacas de dos a tres centímetros de longitud en sustrato de perlita.

Otros estudios utilizando corteza compostada de *Pinus radiata* (D. Don) (pino) como sustrato y estacas de 8 cm, han dado resultados de 70% de enraizamiento con 4.000 ppm de AIB y 35% con 8.000 ppm¹.

¹ Jaime Büchner O. 2007. Ingeniero Forestal. Globalsur S.A., Valdivia. Comunicación personal.

2.2 Propagación vegetativa por estacas

Se entiende por estaca cualquier porción vegetativa que es extraída de una planta, o bien cualquier porción de una planta (raíz, tallo, hoja) que es separada de ésta y que es inducida para que forme raíces. La propagación vegetativa a través de estacas de tallo es el medio más importante y más utilizado en el mundo, en la propagación de árboles de interés forestal y arbustos ornamentales. Son múltiples las razones y utilidades que este método de propagación puede presentar al momento de aplicarlo. Entre éstas se encuentra la mantención de clones a través del tiempo (Ramos, 2004). Algunas ventajas de este tipo de reproducción son: permite reproducir especies de difícil propagación por semillas, es más rápido, se puede reproducir y propagar plantas resistentes a enfermedades y virus, se puede propagar en años de baja o nula semillación, o fuera del período de semillación².

En la multiplicación a partir de estacas, las raíces desarrolladas se denominan raíces adventicias. Éstas se desarrollan naturalmente en muchas especies, pudiendo ser del tipo preformadas o provocadas por lesiones. Se desarrollan naturalmente en los tallos y ramas cuando todavía están adheridas a la planta madre, surgiendo sólo luego que se corta la porción de tallo o rama. Las de lesión se forman sólo después de que se ha extraído la estaca (Soto, 2004).

Entre los principales factores que influyen sobre el enraizamiento de las estacas se encuentran la edad de la planta madre y condición fisiológica, tipo de estaca de tallo, época de recolección de las estacas, reguladores de crecimiento, condiciones ambientales (temperatura y humedad), sustrato de enraizamiento y condición sanitaria del material (Hartmann y Kester, 1999).

2.2.1 Nutrición de setos y su efecto en el enraizamiento de estacas

Según Rossi (2004), la condición fisiológica de la planta madre (seto) influye fuertemente en el enraizamiento de las estacas. Welander (2004) señala que cuando se le dan las condiciones favorables a los setos en vez de a las estacas, es mucho mayor la oportunidad de manipular el enraizamiento de estas últimas.

Cereginho (2004), Rossi (2004) y United States Department of Agriculture (2004) coinciden en que la reducción del suministro de nitrógeno en los setos aumenta la formación de raíces en las estacas, pero además, que los niveles excesivamente bajos de nitrógeno reducen la capacidad de enraizamiento.

² Bernardo Escobar R. 2003. Técnico Forestal. Instituto de Silvicultura, Valdivia. Comunicación personal.

Las evidencias sugieren que otros elementos, como fósforo, calcio, manganeso y zinc también son importantes para la iniciación de la raíz y requieren un mayor estudio (United States Department of Agriculture, 2004). Con respecto a estos elementos Rossi (2004) agrega que bajos niveles de fósforo, potasio, magnesio y calcio llevan a una mala formación de raíces. Finalmente señala que el boro estimula la producción de raíces.

Según Cereginho (2004), el nitrógeno se mueve a la base de la estaca luego de ser cortada. Sin embargo, este movimiento de nitrógeno ha sido observado en éxitos y fracasos de enraizamiento. Es probable que haya un contenido óptimo de nitrógeno disponible, sobre o bajo el cual la capacidad de enraizamiento pueda estar comprometida.

Algunos estudios sugieren que una alta proporción carbono/nitrógeno favorece el desarrollo inicial de raíces. Según Soto (2004), varios investigadores han correlacionado positivamente los niveles de carbohidratos en las estacas con su capacidad para iniciar primordios radicales, reconociendo que una adecuada reserva de hidratos de carbono, en combinación con una alta relación carbono/nitrógeno, favorece el enraizamiento. Al respecto, Rossi (2004) señala que mientras mayor sea la reserva de carbohidratos en la planta madre, mayor será el posterior enraizamiento de sus estacas. El estado fisiológico puede estar asociado con la relación carbono/nitrógeno, jugando un papel fundamental en la iniciación de raíces. En general, el estado nutricional de la planta madre es importante para el enraizamiento de las estacas (Hartmann y Kester, 1999).

Plantas madre de uva (*Vitis spp.*) crecidas en diversas soluciones nutritivas produjeron estacas que enraizaron mejor con niveles relativamente bajos de nitrógeno. Bajas tasas de nutrición con nitrógeno también resultaron en un mayor número de raíces en *Rosa spp.* y *Rhododendron spp.* (United States Department of Agriculture, 2004).

Un experimento llevado a cabo por Welander (2004) tuvo como objetivo relacionar la influencia de la fertilización de setos de *Betula pubescens* (Ehrh.) sobre el posterior enraizamiento de estacas. Utilizó dos soluciones nutritivas para fertilizar a los setos (Anexo 1: Cuadro 1), una de las soluciones tuvo el doble de concentración que la otra. Los tratamientos nutritivos no afectaron el número de estacas producidas, pero el porcentaje de enraizamiento aumentó con la solución nutritiva menos concentrada.

Druege *et al.* (2004) investigaron el rol del nitrógeno sobre el enraizamiento de estacas de *Pelargonium hortorum* (Bailey.). Las estacas provenientes de setos fertilizados con $1,5 \text{ g N m}^{-2}$ produjeron mayor número de raíces que con la dosis de 4 g N m^{-2} , mientras que la deficiencia de nitrógeno ($0,5 \text{ g N m}^{-2}$) disminuyó el número de raíces.

2.2.2 Época de recolección de estacas y su efecto en el enraizamiento

Es posible cosechar estacas en cualquier época del año, pero en algunos casos esto ejerce una influencia extraordinaria en el enraizamiento. Las estacas de madera dura pueden tomarse en la estación de reposo (invierno), y las de madera blanda pueden ser preparadas durante la estación de crecimiento (primavera). Se pueden cosechar estacas de ramas en estado vegetativo o en estado de floración. En plantas de fácil enraizamiento no hay gran diferencia en el tipo de madera que se usa, pero en las de difícil enraizamiento es un factor importante. Las estacas de madera dura tomadas de ramas con yemas foliares enraízan mejor que las que poseen yemas florales (Rossi, 2004).

La cantidad de reservas alimenticias y de sustancias cofactoras del enraizamiento de estacas depende también de la época del año en la cual se colecten (Soto, 2004). Lo anterior se relaciona con los balances hormonales internos de la planta madre y con la relación de cofactores e inhibidores endógenos presentes en las estacas cuando son recolectadas (Hartmann y Kester, 1999).

Las épocas óptimas para recolectar estacas generalmente han sido reportados como fechas de calendario, pero estas son de valor limitado en áreas que difieren en el clima o en otros factores medioambientales que afectan al crecimiento del árbol (Alsup *et al.*, 2003).

Para darle tiempo al desarrollo de las raíces, las estacas de muchas especies son típicamente cosechadas y plantadas como estacas de madera dura (colectadas en invierno durante la dormancia). La condición bioquímica de las estacas y, en particular, las concentraciones de nitrógeno y de carbohidratos pueden variar durante el año, y más específicamente, durante la etapa de dormancia. Los manuales y especificaciones biotécnicas proveen una gran variedad de justificaciones para programar la época de cosecha de estacas. Algunos sugieren inicios de primavera, otros otoño y primavera, y otros el período completo desde la caída de las hojas hasta la brotación. La limitación del enraizamiento por la dormancia de las yemas puede estar relacionada a cambios en la concentración y distribución de compuestos reguladores del crecimiento y de la iniciación de las raíces. Se ha documentado la ocurrencia de cambios en el potencial de enraizamiento después de la etapa de brotación. Si las estacas son capaces de desarrollar primordios durante la dormancia, entonces puede haber algún beneficio para cosechar y plantar estacas a inicios del invierno (Cereginho, 2004).

Alsup *et al.* (2003) realizaron un trabajo donde uno de los objetivos fue determinar los efectos de la época de cosecha sobre el enraizamiento de estacas de *Acer saccharum* (Marsh). La recolección de estacas se realizó en los años 1999 y 2000. El mayor enraizamiento en 1999 (35%) ocurrió con estacas de madera blanda cosechadas a inicios del verano y disminuyó (10%) en las de madera semidura cosechadas posteriormente en la misma estación. En el 2000 hubo enraizamientos a fines de primavera (31%) y a inicios del verano (27%). De este estudio se

recomienda cosechar estacas de madera blanda, desde fines de primavera hasta inicios del verano.

Un estudio similar al de Alsup *et al.* (2003) fue realizado por Pijut y Moore (2002) con estacas de *Juglans cinerea* (Linné). Las estacas de madera blanda de todas las cosechas (mediados a fines del verano) enraizaron (de 3,6% a 87,5%). La propagación de estacas de madera dura (cosechadas entre mediados de primavera e inicios del verano) tuvo éxito (de 10,5% a 27,8%), aunque en un bajo porcentaje.

2.3 Hidroponía

Jensen (1997) describe a la hidroponía como una tecnología para el crecimiento de las plantas en soluciones nutritivas con o sin el uso de un medio artificial para entregar soporte mecánico. También explica que los cultivos hidropónicos pueden ser *abiertos* (una vez que la solución nutritiva es entregada a las raíces de la planta, no es reutilizada) o *cerrados* (la solución sobrante es recuperada, rellenada y reciclada).

De acuerdo a Bouchra (1998), existen dos formas diferentes de aplicar la hidroponía:

- Si el cultivo hidropónico usa solamente la solución nutritiva, estando las raíces sumergidas en esta solución y sosteniéndose las plantas por medios mecánicos, entonces el sistema se clasifica como “cultivo en agua” o “cultivo en solución”.
- Cuando se usa en combinación con materia inorgánica sólida como arena, grava, perlita, vermiculita, etc., o cuando se emplea un medio orgánico sólido, el que se utiliza como sostén para las plantas, entonces el sistema se clasifica como “cultivo en sustrato” o “cultivo agregado”.

Según Savvas (2003), la hidroponía ha probado ser una excelente alternativa para dejar de lado la esterilización del suelo, especialmente en vista del hecho de que el uso de esterilizantes químicos para el suelo, como el bromuro de metilo, están o serán prontamente prohibidos en muchos países, debido a su alta toxicidad y a sus efectos adversos sobre el medioambiente. Además, los cultivos en invernadero y el logro de altos rendimientos y buena calidad son posibles con la hidroponía incluso en suelos salinos o altos en sodio, no arables, los cuales representan una gran proporción de las tierras cultivables a través del mundo.

Algunas desventajas del cultivo hidropónico, según Benton (1997) y Bouchra (1998) son el alto costo de la construcción inicial, el requerimiento de personal con habilidades operacionales y técnicas, y la escasa existencia de su difusión.

Baixauli y Aguilar (2002) nombran algunas ventajas:

- Se obtiene una óptima relación aire/agua en el sistema radicular de la planta, favoreciendo el desarrollo del cultivo.

- La nutrición está más controlada que en los sistemas de cultivo en suelo, puesto que no existen interacciones. Se emplea una solución nutritiva directamente o aplicada a un sustrato inerte.
- En sistemas cerrados, en donde el drenaje es reutilizado, se puede conseguir un ahorro de agua y fertilizantes.
- El empleo de sustratos inertes, con ausencia de enfermedades típicas del suelo, convierte al cultivo hidropónico en una buena alternativa al empleo de desinfectantes.
- Se suprimen los trabajos de incorporación fertilizantes, preparaciones de suelo y eliminación de malezas, mejorando en general las condiciones de trabajo.
- Se puede conseguir una mayor precocidad y potencial productivo, debido a que la planta, cuando toma la solución nutritiva, consume menos energía para su desarrollo que en los sistemas de cultivo en suelo.
- Generalmente se puede obtener una mejor calidad de cultivo y por lo tanto del producto.

2.3.1 La solución nutritiva

En la hidroponía comercial, cantidades apropiadas del fertilizante necesario para preparar la solución nutritiva son mezcladas con agua dentro de tanques para formar una solución base concentrada (Savvas, 2003). Las diferentes sales fertilizantes que se pueden usar para la solución de nutrientes tienen a la vez diferente solubilidad, es decir, la medida de la concentración de sal que permanece en solución cuando se disuelve en agua; si una sal tiene baja solubilidad, solamente una pequeña cantidad de ésta se disolverá en el agua. En los cultivos hidropónicos las sales fertilizantes deben tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución para ser tomadas por las plantas (WALCO S.A., 2004). Así, cuando las plantas del cultivo hidropónico deban ser regadas, las soluciones base son diluidas en el agua de irrigación en proporciones adecuadas a través de sistemas automáticos de inyección de fertilizante, para formar una solución nutritiva fresca, la que es entregada al cultivo (Savvas, 2003).

Por lo menos debe haber tres macroelementos presentes en el medio nutritivo en forma de cationes, ellos son potasio, calcio y magnesio. Los tres aniones macroelementos son nitratos, fosfatos y sulfatos. Todos los macroelementos deben por lo tanto ser suministrados por tres sales, por ejemplo, nitrato de potasio, fosfato de calcio y sulfato de magnesio. En adición a los macroelementos, una concentración apropiada de microelementos debe ser suministrada a la solución a bajos pero adecuados niveles (WALCO S.A., 2004).

Según Savvas (2003), algunos autores sugieren fórmulas de solución de nutrientes en términos de cantidades de fertilizante a ser añadidos a un volumen particular de agua. Por otra parte, para obtener altas producciones y buena calidad en cultivos

hidropónicos comerciales, la solución nutritiva entregada a las plantas debe ser específica para cada cultivo, etapa de crecimiento, condiciones climáticas, el sustrato o sistema hidropónico utilizado, entre otras. Obviamente, de acuerdo a este concepto el manejo nutricional de un cultivo sin suelo no es compatible con el uso de una fórmula estándar sugerida en la literatura, especialmente cuando el agua utilizada para preparar la solución nutritiva contiene cantidades substanciales de iones inorgánicos (Anexo 1: Cuadro 2).

2.3.2 Sustratos

Al crecer las plantas en un medio inerte todos los nutrientes deben ser suministrados al cultivo a través de la solución nutritiva con las mismas concentraciones que en un cultivo en agua. En este caso, el sustrato sirve para incrementar el suministro de oxígeno a las raíces y además como soporte de la planta (Savvas, 2003).

Las propiedades físicas de un sustrato son más importantes que las químicas, puesto que las segundas se pueden modificar mediante el manejo de las soluciones nutritivas, siendo las primeras más difíciles de modificar una vez iniciado el cultivo. A un buen sustrato se le exige un comportamiento similar al de una esponja, es decir, una elevada porosidad, gran capacidad de retención de agua fácilmente disponible, drenaje rápido, buena aireación, baja densidad aparente y estabilidad (Baixauli y Aguilar, 2002).

Actualmente en Chile, uno de los sustratos más corrientemente utilizados en la producción de plantas en contenedor es el compost de corteza de pino. Como se trata de un desecho de aserraderos, se encuentra disponible y a bajo costo. Las características propias de este sustrato, como son la buena retención de agua aprovechable, buena aireación y drenaje, son favorables a la producción de plantas. Su pH ligeramente ácido disminuye el ataque de hongos y su bajo régimen de elementos nutritivos permite al viverista manejar la nutrición de la planta. El compost de corteza de pino es comúnmente utilizado en mezcla con otros materiales. Sustratos como turba y vermiculita son también utilizados por los grandes viveros, pero sólo cuando se trata de labores que lo exijan, por ejemplo producción de estacas de especies de difícil enraizamiento, debido a su altísimo costo (Sandoval y Stuardo, 2000).

Según Landis *et al.* (2000), la vermiculita es un mineral, silicato de aluminio-hierro-magnesio, el cual consiste de una serie de placas delgadas y paralelas. Después de que la vermiculita es extraída, es sometida a un intenso calor (superior a los 1.000 °C), lo cual provoca la expansión de las partículas unas 15 o 20 veces, en comparación a su volumen original, y les provee de una estructura tipo acordeón. La vermiculita tiene muchas propiedades únicas que la hacen muy útil para propósitos hortícolas: es ligera en peso y su estructura en placas genera una elevada proporción superficie/volumen, produciéndose con esto una gran capacidad de retención de humedad. Las placas contienen numerosos sitios para retener cationes, tanto externa como internamente, lo que produce una elevada CIC; tal propiedad es única para los componentes de medios de crecimiento inorgánicos, que son

típicamente inertes. Aunque la vermiculita aparentemente no tiene capacidad de intercambio aniónico, ésta puede adsorber fosfato en formas disponibles. La vermiculita contiene algo de potasio y de magnesio, los cuales son lentamente liberados para ser aprovechados por la planta. Debido a las elevadas temperaturas involucradas en su procesamiento, la vermiculita es estéril por completo. Su pH es variable, si bien normalmente se encuentra dentro de un intervalo neutral.

Al combinarse con corteza de pino compostada, promueve un crecimiento más rápido de la raíz y da un rápido arraigamiento a las raíces jóvenes. La mezcla ayuda a retener aire, nutrientes y humedad para las plantas, liberándolos a medida que la planta lo requiere (The Vermiculite Association, 2005).

2.3.3 Uso de la hidroponía en especies forestales

Según Loewe y González (2003), el cultivo hidropónico de especies forestales ha sido probado por varios autores con diferentes objetivos y resultados. En la mayoría de los casos las plántulas de especies forestales de varios géneros pueden desarrollarse en forma apropiada y, en ciertos casos, con ganancias significativas de crecimiento en altura respecto al cultivo en platabanda, lográndose un ahorro en el tiempo de producción, costos comparables y poca complejidad en su implementación.

2.4 Elementos nutritivos y tipos de fertilizante

Los elementos nutritivos son esenciales para el crecimiento de las plantas, y son tomados del suelo o del agua - por irrigación, por inundación o de las aguas subterráneas - o en un medio hidropónico. Los nutrientes primarios son el nitrógeno, el fósforo y el potasio los cuales son consumidos en cantidades relativamente grandes (FAO, 1999). Así, las plantas necesitan los macroelementos y microelementos en cantidades suficientes para crecer, pero no en exceso de manera que no sean tóxicos a la planta. Es por esto que tiene que existir un balance entre los nutrientes disponibles, ya que cuando existe un desequilibrio entre ciertos elementos, la planta selectivamente toma uno con preferencia y excluye otros, causando deficiencia o toxicidad (Martínez, 2006).

La fertilización es, después del riego, la práctica cultural que más directamente influye en el desarrollo de las plantas. Los fertilizantes son moléculas que se disocian con el agua y dan origen a aniones y cationes. La planta absorbe a diario una solución nutritiva formada por el agua y los iones. El estado nutricional afecta básicamente a los procesos fisiológicos de las plantas, tales como la regulación del crecimiento, el flujo de energía y la síntesis de los complejos orgánicos moleculares que componen las plantas. La utilización de fertilizante tiene por objeto proporcionar a las plantas los nutrientes necesarios para un rápido crecimiento inicial, entregándole a cada una los elementos nutritivos. Dentro de los beneficios que aporta la fertilización se pueden mencionar la estimulación del desarrollo radicular, una rápida ocupación del suelo por la planta y una alta sobrevivencia (Krause, 2005).

2.4.1 Fertilizantes de entrega sostenida Osmocote

El Osmocote es un fertilizante de entrega controlada, término usado para describir fertilizantes que no liberan el 100% de los nutrientes disponibles al momento de la aplicación. Posee una tecnología que asegura largos períodos de nutrición sin riesgos de producción de quemaduras en las plantas. Se trata de gránulos de fertilizante N-P-K recubiertos por una resina de diferente grosor en cada tipo de Osmocote. Se puede emplear como fertilizante único en algunas etapas de la planta, o bien complementar con otro tipo de fertilizante. En los últimos años se ha visto la excelente complementación que ofrece este fertilizante con los fertilizantes solubles que se emplean en los viveros, pues asegura una fertilización base desde un comienzo. Una innovación de Osmocote fue la creación de los Osmocote miniprill, los cuales se caracterizan por su pequeño y uniforme tamaño, ideales para contenedores y todo tipo de mezcla con el sustrato que se desee (Krause, 2005).

2.4.2 Fertilizantes solubles

Según Krause (2005) los actuales sistemas de riego localizado han incentivado el desarrollo de tecnologías orientadas a obtener una mayor productividad. Entre ellas está la creación de fertilizantes solubles para ser aplicados por los sistemas de riego, con lo cual se puede lograr una mayor eficiencia en la nutrición de las plantas. En los viveros forestales que producen plantas en contenedores, se pueden utilizar todas las formas de abonos disponibles en el mercado, pero los más usados son los abonos solubles para aplicar en fertirrigación, o los abonos de liberación lenta. Según el grado de pureza existen distintos tipos de fertilizantes solubles, mientras más puro es de mejor calidad. Entre ellos están los de grado técnico e hidropónico (99,7% de pureza), que son los usados en fertirriego. Las dosis que se recomiendan para cualquier fertilizante soluble variarán según una variedad de factores básicos:

- La frecuencia de la aplicación: se recomienda siempre la frecuencia diaria, pues es la mejor forma de nutrición para una planta en activo crecimiento.
- El estado de la planta y la condición de temperatura: a medida que la planta va avanzando en etapas de formación se puede aumentar las dosis de productos dentro de los rangos sugeridos por el fabricante.
- El tamaño del contenedor: normalmente en contenedores pequeños los riesgos de toxicidad son mayores que en contenedores de mayor tamaño, esto es importante especialmente en la primera etapa con plantas pequeñas y de mayor sensibilidad.
- El tipo de sustrato: a medida que los sustratos son más inertes mayor es la dependencia de una fertilización equilibrada y constante, donde la mala aplicación de un soluble puede causar graves problemas.
- Calidad del agua: todo fertilizante soluble posee una fuerte interacción química con el agua de riego, y por esta razón siempre es importante considerar el tipo de agua

de riego que se utiliza, en especial su conductividad eléctrica, pH y aporte de micronutrientes.

2.4.3 Fertirrigación

La fertirrigación no solo es la aplicación controlada de abonos solubles disueltos en el agua de riego, sino que representa una técnica con un concepto mayor, en que el objetivo no es mejorar el suelo donde se desarrolla la planta, sino el agua con que ésta se va a nutrir. A través del fertirriego se ha visto un incremento importante de la eficiencia en el uso de los nutrientes por los cultivos respecto de la fertilización tradicional. Esto último se debe a que éstos son inyectados directamente al sector donde se encuentra el 90% de las raíces y porque al ir en el agua, tienen un vehículo de llegada directo a las raíces (Krause, 2005).

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo es parte del proyecto Innova L1 de CORFO “Innovación tecnológica para la propagación de raulí mediante cultivo hidropónico”. Las actividades de éste trabajo de titulación se realizaron en las instalaciones de dicho proyecto, las que estaban ubicadas en el vivero del Centro de Producción y Experimentación Forestal (CEFOR S.A.) perteneciente a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile. El 4 de abril del año 2006, contando ya con los setos de raulí y los distintos tratamientos, se inició el ensayo.

3.1 Concentración de nutrientes

Cada una de las piscinas hidropónicas se llenó con distintas soluciones nutritivas (Cuadro 1). El contenido de nutrientes fue disuelto en tres estanques con tres mil litros de agua, la que contenía suficiente cantidad de iones inorgánicos para que las plantas sobrevivan, pero que no influyen mayormente en su producción total (Anexo 1: Cuadro 2). Los setos de las piscinas se fertilizaron cada dos días durante doce a quince minutos, y luego la solución sobrante fue recuperada, rellenada y reciclada, lo que lo convierte en un cultivo hidropónico de sistema cerrado (Figura 1). La fertilización se realizó durante todos los meses que duró el ensayo (incluso durante el receso vegetativo), inundando las piscinas, de tal forma que la solución llegaba a la parte superior de los contenedores. La razón de continuar la fertilización durante el período de receso vegetativo fue porque al trabajar dentro de un invernadero, este receso debería durar menos tiempo.

Se produjo una gradiente nutricional en donde el tratamiento T1 fue el más completo, seguido del tratamiento T2 que contuvo los mismos elementos que T1 pero en concentraciones menores y, finalmente, el tratamiento T3 fue el más pobre, contando solamente con uno de los tres productos, y por lo tanto, con menos elementos nutritivos (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Concentración (%) y cantidad [kg] del producto para 3.000 L de solución en cada tratamiento.

Producto	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Nortrace 20-20-20	0,50 [15]	0,33 [10]	0,66 [20]
Nortrace flow	0,16 [5]	0,16 [5]	
Sulfato de magnesio	0,50 [15]	0,33 [10]	

Cuadro 2. Contenido (%) de elementos solubles en cada producto.

Producto	Nortrace 20-20-20	Nortrace flow	Sulfato de magnesio $MgSO_4 \cdot 7H_2O$
Macroelementos	Nitrógeno	20	Calcio 55,4 (p/v)
	Fósforo	20	Pureza 99,20
	Potasio	20	
	Magnesio	0,14	
Microelementos	Boro	0,02	
	Cobre	0,05	
	Hierro	0,15	
	Manganeso	0,05	
	Molibdeno	0,0005	
	Zinc	0,15	

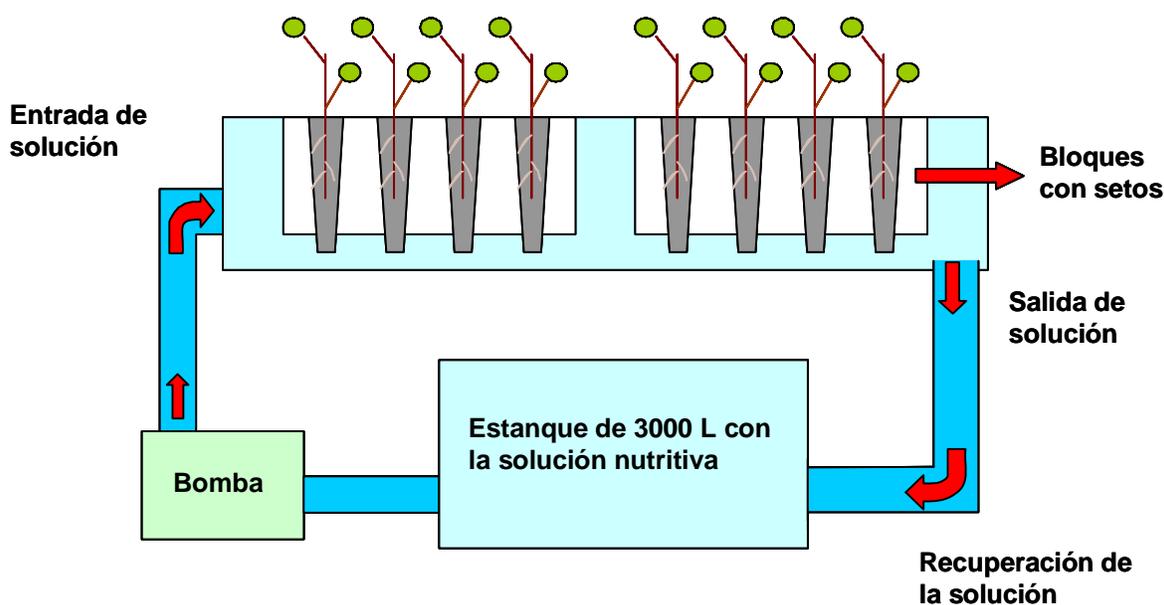


Figura 1. Cultivo hidropónico de sistema cerrado.

3.2 Preparación de contenedores y sustrato

Los setos se instalaron dentro de contenedores cónicos de 120 cm^3 , los que estaban insertos en bloques que sirvieron como soporte. Los contenedores se lavaron en agua y luego en un baño de fungicida (Pomarsol).

El sustrato utilizado para llenar los contenedores correspondió a corteza de pino G12 cuya característica es poseer partículas de hasta 12 mm de diámetro, representando estas últimas el 50% del total. Para todo el sustrato se utilizaron 450 kg de corteza, 3

cm³ de Zero (insecticida) y 2 g de Pomarsol (fungicida preventivo) disueltos en 5 L de agua. Además como fertilizantes se aplicaron 4 kg de Lithofétil compuesto por 10% de fósforo, 14% de potasio y 10% de calcio, y 2 kg de Osmocote miniprill compuesto por 19% de nitrógeno, 6% de fósforo y 10% de potasio.

3.3 Instalación de setos en las piscinas

Los setos provinieron de semillas recolectadas del huerto semillero clonal de raulí Huillilemu, ubicado en la comuna de San José de la Mariquina. Estas semillas fueron recolectadas en el verano del año 2005 y generadas de polen de origen polimix. Todos los setos tenían un año de edad y una altura de 20 - 25 cm, al momento de iniciar el proyecto.

Antes de ser instalados en las piscinas los setos estuvieron un año en bloques de 64 cm x 39 cm, con 104 contenedores de 60 cm³ y un espaciamiento de 4,89 cm entre cada uno. Dos meses antes del inicio del proyecto, es decir, en la primera semana de febrero del año 2006, los setos fueron reubicados en bloques de la misma dimensión, pero con 88 contenedores de 120 cm³ y un espaciamiento de 5,32 cm entre cada uno. En estos últimos bloques sólo se utilizaron 44 contenedores para darle un mayor espaciamiento a los setos, de 7,53 cm entre cada planta y una densidad de 176 setos por metro cuadrado.

3.4 Cosecha

Se realizaron dos cosechas de estacas con una diferencia de tiempo de cuatro meses, la primera a mediados de abril (los días 13, 17 y 18) y la segunda a principios de agosto (día 9) del año 2006. Por causas ajenas a este proyecto, y debido a una disminución en la producción por razones desconocidas, no se tomaron en cuenta para este trabajo las cosechas siguientes correspondientes a diciembre (2006) y abril (2007).

A través de un monitoreo semanal de los setos durante los meses predeterminados (abril y agosto) se eligió el día de la cosecha. Esto se hizo de acuerdo a la cantidad de estacas producidas, tratando de optimizar el momento de la cosecha.

El criterio de calidad de las estacas a cosechar se basó en la longitud de éstas y el número de yemas. Estacas de cinco a siete centímetros de largo y con un mínimo de tres yemas fueron adecuadas para la cosecha (Figura 2). Cuando el número de estacas a cosechar por tratamiento fue menor, dependiendo de la estación, a un 20-50% de los setos, lo que inicialmente correspondió a entre 88 y 220 estacas, entonces se hizo un nuevo monitoreo a la semana siguiente.



Figura 2. Estacas de raulí que cumplen con los criterios de calidad.

El proceso de cosecha se realizó cortando las estacas con una tijera de podar pequeña. Esto correspondió a un corte recto en la base de la estaca, formando un ángulo de 90° con el eje de ésta. Para esto se eligieron solamente las estacas laterales y se descartó la apical, y éstas estaban libres de hojas. Cuando se tuvo la estaca cortada se le aplicó AIB en polvo con una concentración de 4.000 ppm sin realizar ningún tipo de lesión. Finalmente la estaca se introdujo aproximadamente 2 cm en el sustrato de enraizamiento y se registró ese contenedor con el mismo código del seto.

La unidad muestral correspondió al seto, que en total fueron 44 por bloque, con 10 bloques distribuidos al azar por cada tratamiento, teniendo como total 440 setos por tratamiento (Anexo 3: Figuras 1 y 2).

3.5 Instalación de estacas

Luego de la cosecha se instalaron las estacas en la nave de enraizamiento, un invernadero con tres mesones sobre los que estaban los bloques con los contenedores y las estacas a enraizar. Este invernadero contó con un sistema automático de riego por aspersión. El sustrato que se utilizó correspondió al mismo de los setos, y se agregó además vermiculita con un tamaño de partículas entre 0,6 y 4,7 mm.

Se utilizaron contenedores de sección transversal cuadrada, de 80 cm³; se llenaron con un 80% de corteza y un 20% de vermiculita. La vermiculita quedó en la parte superior del contenedor, de tal forma que la estaca estaba solamente en contacto con esta última y no con el sustrato de corteza. Si bien la vermiculita presenta muchas propiedades adecuadas para el enraizamiento como, por ejemplo, su gran capacidad de retención hídrica durante mucho tiempo, se utilizó solo en un 20% debido a su alto costo.

Las estacas tuvieron un período de fertilización, a través de fertirriego, con las mismas características que la fertilización de los setos (Cuadro 1). Esto se realizó desde la instalación de las estacas en la nave de enraizamiento, cuatro veces al día,

dos por la mañana y dos por la tarde, durante todos los días, recordando que se esperaba un receso vegetativo más breve al trabajar dentro de un invernadero. Además se les aplicó fungicida (Metalaxil Cu y Captan, 2 g por litro de agua) dos veces por semana para evitar el ataque de *Botrytis cinerea* Pers. No se utilizó el sistema de inundación de piscinas utilizado con los setos para evitar la desecación de las estacas, que inicialmente no poseen raíces.

3.6 Evaluación del enraizamiento

Un mes después de haber instalado las estacas en la nave de enraizamiento, es decir, en el mes de mayo, se realizó el primer registro de sobrevivencia y enraizamiento. Esto se hizo retirando la estaca del contenedor, luego se golpeó suavemente la parte inferior de ésta para eliminar restos de sustrato que pudieran impedir la visión y, finalmente, a simple vista se observó si existía alguna raicilla. Luego la estaca se puso nuevamente en su contenedor, para volver a registrarla cada dos meses, junto a las estacas provenientes de las nuevas cosechas. Los siguientes registros se realizaron durante los meses de julio, septiembre y noviembre de 2006 y enero, marzo de 2007.

La unidad muestral en este caso correspondió al contenedor con su respectiva estaca, tomando una muestra de 50 estacas por tratamiento distribuidas al azar (Anexo 3: Figura 3).

3.7 Análisis estadístico

Se realizó un análisis factorial sin repetición con un 95 % de confianza estadística para las siguientes variables:

- número de estacas cosechadas,
- mortalidad acumulada de estacas,
- enraizamiento acumulado de estacas.

Los factores correspondieron a la época de cosecha y a los tratamientos nutritivos (Morales, 2005).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Producción de estacas

Se constató una alta sobrevivencia de setos durante el período evaluado. La mortalidad se observó solamente en la evaluación de agosto, con 0,7%, 1,6% y 3,4% para los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente.

Se observaron efectos significativos ($P < 0,05$) de los tratamientos (Anexo 4: Cuadro 3), con incrementos en la producción de estacas cuando la solución nutritiva fue más completa. Por otro lado, también hubo efectos de la fecha de cosecha ($P < 0,05$), siendo mayor la producción en la primera (abril), lo que era esperable debido al comportamiento del período vegetativo, el que en invierno (cosecha de agosto) se encuentra en el receso del crecimiento.

El tratamiento T1 produjo el mayor número de estacas en ambas cosechas, seguido por los tratamientos T2 y T3 (Cuadro 3). El tratamiento T1 aportó con un 45% del total de las estacas producidas en la cosecha de abril y con 52% en la de agosto, presentando una gran diferencia frente a los demás tratamientos. El tratamiento menos productivo fue el T3 que contribuyó solo con un 17% y 15% del total en las cosechas de abril y agosto, respectivamente. Considerando ambas cosechas como un todo, el tratamiento T1 produjo casi la mitad de las estacas (48%), seguido del tratamiento T2 (36%), y luego T3 (16%). El número de setos iniciales para la segunda cosecha no influyó en lo anterior, debido a la muy baja mortalidad producida (promedio de 1,9% de los tres tratamientos). También el tratamiento T1 tuvo una menor variación en la producción entre ambas cosechas, en comparación a los tratamientos T2 y T3, que presentaron una variación similar entre ellos, a pesar de que sus producciones fueron muy distintas.

Cuadro 3. Número de estacas cosechadas por tratamiento.

Tratamiento	Época de cosecha (meses)		Total	Media	S	CV (%)
	abril	agosto				
T1	232	174	406	203	41,0	20,2
T2	193	107	300	150	60,8	40,5
T3	88	48	136	68	28,3	41,6
Total	513	329	842			

En general se registró una mortalidad muy alta, sobre un 90% en las estacas de la cosecha de abril, y sobre un 80% en las estacas de la cosecha de agosto (Anexo 4: Cuadro 6). La mortalidad de estacas en los tres tratamientos fue similar al finalizar el período de evaluación (Figura 3), sin efectos significativos ($P > 0,05$) de los tratamientos ni de la época de cosecha de las estacas (Anexo 4: Cuadro 7). El tratamiento T3 en la cosecha de abril, manifestó un inicio más temprano de la mortalidad en comparación a los tratamientos T1 y T2 que no incrementaron muertes entre mayo y julio. En la cosecha de abril se observó un gran incremento de mortalidad entre julio y septiembre para luego estabilizarse, en cambio en la cosecha de agosto no hubo un alza de muertes tan marcada, y el incremento fue más constante (Anexo 4: Cuadros 4 y 5). Esto se puede explicar porque la cosecha de abril sufrió gran parte de las muertes entre julio y septiembre (2-3 meses después de su plantación), y luego quedaron muy pocas estacas, variable que estuvo condicionada por factores ajenos a los controlados dentro del proyecto.

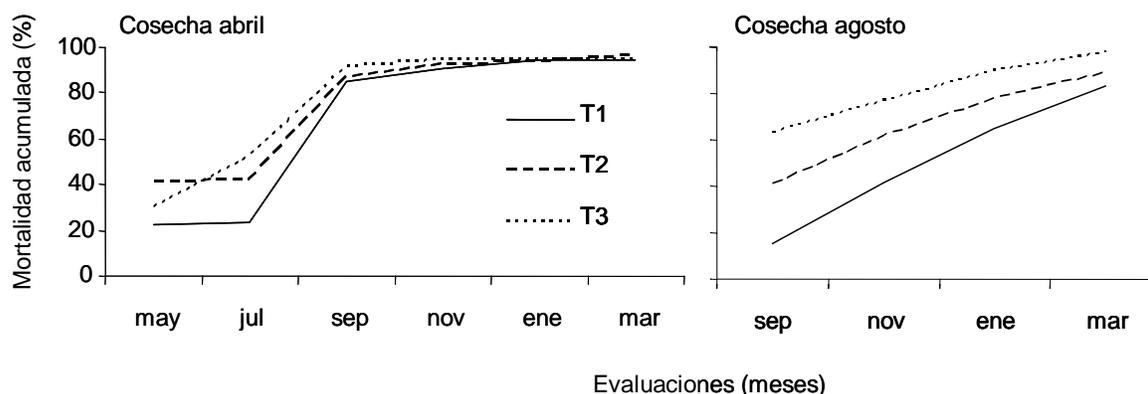


Figura 3. Mortalidad acumulada de estacas de la cosecha de abril y la de agosto.

Se observó un gran porcentaje de setos sin producción de estacas en ambas cosechas (media de 65,9% en la cosecha de abril y 75,3% en la de agosto) y en los tres tratamientos, siendo el tratamiento T3 el que presentó la mayor cantidad (Cuadro 4). Solamente el tratamiento T1 tuvo setos que produjeron tres estacas y además presentó el mayor número de setos con producción de dos estacas en ambas cosechas. El tratamiento T1 fue el más heterogéneo, ya que tuvo setos en todas las categorías de producción, mientras que los tratamientos T2 y T3, estuvieron centrados en setos sin producción y con producción de una estaca. Estadísticamente no existieron efectos significativos de los tratamientos, ni de la época de cosecha.

Cuadro 4. Distribución porcentual de setos según su producción de estacas por cosecha y tratamiento.

Cosecha	Tratamiento	Número de estacas por seto			
		0	1	2	3
abril	T1	56,4	35,2	7,7	0,7
	T2	58,2	39,1	2,7	0,0
	T3	83,0	14,0	3,0	0,0
	Media ± S	65,9 ± 14,9	29,4 ± 13,5	4,5 ± 2,8	0,2 ± 0,4
agosto	T1	62,0	36,4	1,6	0,0
	T2	75,3	24,7	0,0	0,0
	T3	88,7	11,3	0,0	0,0
	Media ± S	75,3 ± 13,4	24,1 ± 12,6	0,5 ± 0,9	0,0 ± 0,0

4.1.2 Enraizamiento de estacas

Estadísticamente no existió una influencia de los tratamientos o de la época de cosecha sobre el enraizamiento (Anexo 4: Cuadro 11), aunque los valores más altos se observaron en los dos tratamientos más completos (T1 y T2). Los tratamientos T1 y T2 tuvieron un enraizamiento similar en cada una de las cosechas, siendo el primero levemente superior (Figura 4). El tratamiento T3 presentó un bajo porcentaje de enraizamiento de estacas de ambas cosechas. El enraizamiento medio acumulado de estacas de la cosecha de agosto fue más del doble que el de la cosecha de abril, existiendo una diferencia de 22,8 puntos porcentuales entre ambas.

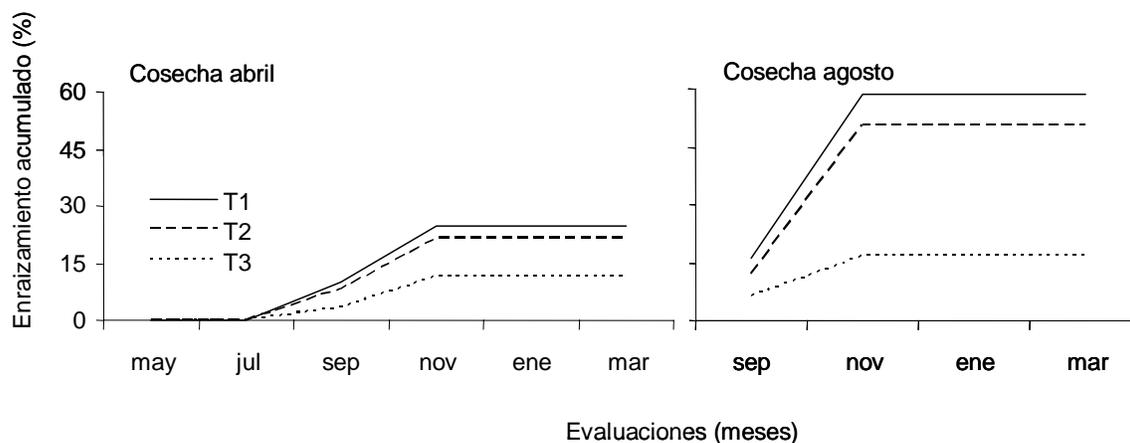


Figura 4. Enraizamiento acumulado (%) de estacas de la primera (abril) y segunda (agosto) cosecha.

El enraizamiento de las estacas de ambas cosechas se produjo entre septiembre y noviembre, pero la cosecha de agosto presentó un mayor incremento medio de enraizamiento que la de abril (Figura 4) (Anexo 4: Cuadros 8, 9 y 10).

Para las estacas enraizadas de ambas cosechas se observaron bajos niveles de sobrevivencia, siendo ésta más baja en la cosecha de abril que en la de agosto (Cuadro 5). En la cosecha de abril no se observó ninguna tendencia por tratamientos, contrario a lo que ocurrió en la cosecha de agosto, donde se observó la mayor sobrevivencia en el tratamiento más completo (T1), y la menor en el tratamiento más pobre (T3).

Cuadro 5. Sobrevivencia (%) de estacas enraizadas en marzo de 2007.

Tratamiento	abril	agosto	Media	S	CV (%)
T1	5,2	16,7	11,0	8,1	73,6
T2	3,6	11,0	7,3	5,2	71,2
T3	5,7	2,1	3,9	2,5	64,1
Media	4,8	9,9			

4.2 Discusión de resultados

4.2.1 Producción de estacas

Los tratamientos nutritivos influyeron sobre la producción de estacas ($P < 0,05$) en forma directamente proporcional, de tal manera que la solución más completa y de mayor concentración permitió la mayor producción en cada época de cosecha (Cuadro 3).

Welander (2004) señaló en su experimento que los tratamientos nutritivos no afectaron al número de estacas producidas, trabajando con setos de *Betula pubescens* (Ehrh). Si bien es cierto que este autor trabajó con dos soluciones nutritivas (Anexo 2: Cuadro 1), una con el doble de macroelementos que la otra, las concentraciones de estos elementos son muy diferentes a las utilizadas en este trabajo. El tratamiento más completo de Welander (2004) tenía una concentración nutritiva de 0,09%, mientras que en este trabajo, la menor concentración fue de 0,66%. La producción de estacas alcanzada por Welander (2004) (media de 6 estacas por seto) fue bastante mayor a la alcanzada en este trabajo (media de 1 estaca por seto), pero considerando que realizó su experimento en primavera-verano, mientras este trabajo fue en otoño-invierno.

La baja producción del tratamiento T3 fue causada posiblemente por la deficiencia de calcio, que provoca un crecimiento mínimo en los meristemas y, en casos severos como éste, las yemas terminales pueden morir o detener su elongación (Landis *et al.*, 2000). Aunque el agua utilizada para el fertirriego (Anexo 2: Cuadro 2) y el fertilizante Lithofértil (0,8 g de Ca dentro de los 450 kg de sustrato, 0,0017%) contenían algo de calcio, esto no fue suficiente, por lo que la baja cantidad de este elemento dentro de los productos suministrados a cada tratamiento habría influido fuertemente en la baja producción del tratamiento T3. La concentración de calcio en la solución de Welander (2004) correspondió a 5 g/L, mientras que el calcio contenido en el agua del fertirriego sólo alcanzó a 4,08 mg/L.

Las diferencias producidas entre los tratamientos T1 y T2 se debieron únicamente a las diferentes concentraciones de elementos nutritivos, ya que ambos fueron fertilizados con los mismos productos. En este aspecto, las plantas del tratamiento T1 fueron favorecidas al tener la mayor concentración nutritiva (Cuadro 1).

También se presentaron efectos significativos ($P < 0,05$) de la época de cosecha de estacas, en donde la mayor producción correspondió a la cosecha de abril. Esto se puede atribuir a la estación del año en que se hizo la cosecha más productiva (otoño), en comparación con la cosecha de agosto que se realizó en el período de dormancia o inactividad vegetativa (invierno), por lo que era esperable una producción más baja, debido al menor desarrollo vegetativo. Con respecto a lo anterior, las estacas cosechadas en agosto serían una segunda selección o remanentes de la cosecha de abril. A pesar de que este trabajo fue realizado dentro de un invernadero, éste no contaba con un sistema de calefacción ni nada que

aminorara el frío de las estaciones, por lo que el clima invernal también pudo haber afectado a la producción de estacas.

En general, independiente del tratamiento utilizado y de la época de cosecha de estacas, la producción fue baja considerando que solamente un tercio del total de los setos produjo únicamente una estaca. Si esto además se compara con los resultados obtenidos por Welander (2004), se muestra aún mucho más pobre. Se hubieran obtenido resultados más favorables si se hubieran considerado las cosechas de pleno período vegetativo (primavera y verano), que por razones que se indican más adelante, no formaron parte de este trabajo.

Durante el desarrollo de este ensayo existieron factores ajenos no controlados que influyeron en los resultados obtenidos. Si bien no se tiene claridad con respecto a los factores específicos que influyeron sobre el comportamiento anormal del trabajo, surgen algunas suposiciones como, por ejemplo, un exceso de riego provocando una sobresaturación durante el período de receso vegetativo. En base a lo anterior cabe destacar que el esquema de fertirrigación (frecuencia y duración) utilizado es lo que se trabaja con *Eucalyptus spp.* ya que para especies nativas no existen estudios, por lo que este trabajo serviría como prueba. Por otro lado, contrario a lo anterior, también se supone un golpe de sol acompañado de falta de riego o insuficiente ventilación del invernadero, lo que en muy poco tiempo (días) puede debilitar y producir la muerte de las estacas. Al suspender el riego por uno o dos días, y que justo coincida con altas temperaturas, las estacas pierden el contenido de agua almacenada, se dañan sus órganos y tejidos celulares provocándoles la muerte. Ramos (2004) observó en estacas de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. durante los meses de enero y febrero, tasas inusuales de alta de mortalidad (20-30% acumulado), causadas por las altas temperaturas que dañaron principalmente a los brotes y tejidos más nuevos. También puede haber existido algún cambio (no registrado) dentro de las soluciones nutritivas, lo que también podría haber causado la muerte de estacas por sobredosis.

Dentro de estos resultados anómalos se encontró una excesiva mortalidad en las estacas de todos los tratamientos en las cosechas de abril y de agosto (media de 95,1% y 90%, respectivamente). Ello no fue influido significativamente ($P > 0,05$) por los tratamientos ni por la época de cosecha (Anexo 4; Cuadros 4, 5, 6 y 7), razón por la que se atribuye a alguna de las situaciones mencionadas anteriormente, fuera del control del ensayo planificado.

4.2.2 Enraizamiento de estacas

Los valores de enraizamiento no se pudieron relacionar a la influencia de los tratamientos nutritivos ni tampoco a la época de cosecha de las estacas, ya que no existieron efectos significativos ($P > 0,05$) de estos factores. Esto coincide con lo señalado por Welander (2004) con respecto a que es mayor la oportunidad de influir en el enraizamiento de las estacas al preocuparse tempranamente de la nutrición de los setos, en vez de ocuparse en forma tardía de las estacas.

El tratamiento T1 presentó una tendencia superior de enraizamiento (media 41,6%) con respecto a los tratamientos T2 y T3 (media de 35,9% y 14,1%, respectivamente), lo que podría haber respondido a la gradiente nutricional si esta hubiera influenciado al enraizamiento. Según varios autores (Cereginho, 2004; Rossi, 2004; United States Department of Agriculture, 2004), las bajas concentraciones de nitrógeno en la fertilización de los setos favorecen el enraizamiento de las estacas, pero niveles excesivamente bajos reducen el enraizamiento.

Según lo anterior, el tratamiento T2 que obtuvo un enraizamiento medio de 35,9%, y que presentó la menor concentración de nitrógeno en su fertilización, podría haber coincidido dentro del rango señalado por Cereginho (2004) con respecto al nivel de nitrógeno, sobre o bajo el cual la capacidad de enraizamiento se ve comprometida. Esto bajo la suposición de que los niveles de nitrógeno sí hubieran influenciado al enraizamiento.

Si bien la mayoría de las sugerencias sobre las épocas de cosecha de estacas se centran en primavera y verano, Cereginho (2004) señala que, para darle tiempo al desarrollo de las raíces, las estacas se deberían cosechar durante el período de dormancia (invierno). Se observó una tendencia de mayor enraizamiento de las estacas de la cosecha de agosto lo que concordaría con Cereginho (2004) si se hubiera comprobado el efecto de la época.

Los bajos niveles de sobrevivencia de estacas enraizadas (media de 4,8% y 9,9% en abril y agosto, respectivamente) luego de 4-6 meses de cultivo, junto a la gran variación que presentaron los tres tratamientos, deja en claro nuevamente la influencia de factores ajenos al proyecto.

También se descartó la posibilidad de haber utilizado una concentración errónea de AIB, ya que otros autores consiguieron porcentajes de 28% (Divo de Sesar *et al.*, 2006) y 70%¹ de enraizamiento en estacas de raulí, utilizando la misma concentración (4.000 ppm) empleada en este trabajo.

Al igual como ocurrió con la producción de estacas, el enraizamiento de éstas fue bajo considerando que del total cosechado solo enraizó un 19,1% y un 41,9% en las cosechas de abril y agosto, respectivamente (Anexo 4; Cuadro 10). Nuevamente se debe recordar que se esperaban valores de enraizamiento superiores para las dos cosechas posteriores a agosto, que no se tomaron en cuenta por lo ya mencionado.

¹ Jaime Büchner O. 2007. Ingeniero Forestal. Globalsur S.A., Valdivia. Comunicación personal.

5. CONCLUSIONES

La solución nutritiva más completa y con mayor concentración de elementos nutritivos aplicada a setos de raulí en cultivo hidropónico favoreció la producción de estacas.

El período de cosecha de abril fue más productivo en número de estacas que el de agosto.

En general, independiente de los tratamientos y de la época de cosecha, la producción de estacas fue muy baja.

La mortalidad excesiva, los bajos porcentajes de enraizamiento y la pobre sobrevivencia de las estacas enraizadas se atribuyen a causas ajenas al ensayo.

No hubo evidencias del efecto de los niveles nutricionales de los setos sobre el enraizamiento de las estacas.

Se recomienda la utilización de los tratamientos T1 y T2 para la producción de estacas y se descarta el tratamiento T3. Con respecto a su efecto sobre el enraizamiento de estacas se debe seguir experimentando.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alsup, C.; J. Cole; L. Claypool. 2003. Timing and IBA application affect rooting of *Acer saccharum* (Marsh.) stem tip cuttings. *Prop. Ornament. Plants* 3(1): 42-46
- Baixauli, C.; J. Aguilar. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas: aspectos prácticos y experiencias. Valencia (España), Generalitat Valenciana. 110 p.
- Benton, J. 1997. Hydroponics; a practical guide for the soilless grower. Boca Ratón (EE.UU.), CRC Press. 230 p.
- Bouchra, D. 1998. Hydroponic systems. *Horticultural Engineering* 13(4): 2-6
- Cadavid, L. 2002. Suelo y fertilización para la Yuca. 5. *In*: Ospina, B; H. Ceballos. La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical/Consortio Latinoamericano y del Caribe de apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca. Cali, Colombia. pp. 76-103
- Caro, L.; N. Santecchia; P. Marinangeli; N. Curvetto; L. Hernández. 2003. *Agrobacterium rhizogenes* vs auxinic induction for in vitro rhizogenesis of *Prosopis chilensis* and *Nothofagus alpina*. *Biocell* 27(3): 311-318
- Cereginho, P. 2004. Growth response of three native shrubs planted as un-rooted cuttings across a wetland elevation gradient: *Symphoricarpos albus*, *Rubus spectabilis*, and *Cornus sericea*. Thesis M.S. University of Washington, College of Forest Resources. 62 p.
- Divo de Sesar, M.; M. Alzueta; A. D'Ambrogio; F. Vilella. 2006. Integración de estudios fisiológicos y anatómicos de la propagación vegetativa de raulí (*Nothofagus nervosa* (Phil) Dim. et Mil.) a través de estacas. *In*: VII Jornadas Nacionales de Floricultura. Chubut, octubre 19-21 de 2005. Buenos Aires (Argentina), Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. Divulgación nº 5-88. Generalitat Valenciana. 29 pp.
- Donoso, P.; M. González.; B. Escobar.; I. Basso.; L. Otero. 1999. Viverización y plantación de raulí, roble y coigüe en Chile. 7. *In*: Donoso, C.; A. Lara (eds). Silvicultura de los bosques nativos de Chile. Santiago (Chile), Editorial Universitaria. pp. 177-244
- Druege, U.; S. Zerche.; R. Kadner. 2004. Nitrogen and storage affected carbohydrate partitioning in high-light-adapted *Pelargonium* cuttings in relation to survival and adventitious root formation under low light. *Annals of Botany* 94(6): 831-842
- FAO. 1999. Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas. INTERNET: <ftp://ftp.fao.org/aql/aqll/docs/gepnms.pdf> (Abril 28, 2007)

- General Hydroponics (GHE). 2006. ¿Has dicho comida para plantas?: parte primera, una descripción general. INTERNET: http://www.eurohydro.com/pdf/articles/sp_plant-food1.pdf (Abril 23, 2007)
- Hartmann, T.; D. Kester. 1999. Propagación de plantas: principios y prácticas. Compañía Editorial Continental. México. 757 p.
- Grosse, H.; I. Quiroz. 1999. Silvicultura de los bosques de segundo crecimiento de roble, raulí y coigüe en la región centro-sur de Chile. 4. *In*: Donoso, C.; A. Lara (eds). Silvicultura de los bosques nativos de Chile. Santiago (Chile), Editorial Universitaria. pp. 95-128
- Instituto Nacional Forestal (INFOR). 2001. *Nothofagus alpina*, raulí. INTERNET: <http://www.infor.cl/webinfor/pw-nativas/rauli.htm> (Marzo 03, 2007)
- Jensen, M.H. 1997. Hydroponics. Hortscience 32(6): 1018-1021
- Krause, R. 2005. Efecto de la dosis de fertilizantes solubles a base de N, P, K sobre el crecimiento en vivero de plantas de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst, producidas en contenedor tipo speedling. Tesis Ing. For. Temuco, Universidad Católica de Temuco, Fac. de Cs. Agropecuarias y Forestales. 54 p.
- Landis, T.; R. Tinus; S. McDonald; J. Barnett. 2000. Fertilización y riego. 4. *In*: Landis, T. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. Trad. por Rodríguez, D. Manual Agrícola 674. Washington, DC, (EE.UU.): US Department of Agriculture, Forest Service. 119 pp.
- Legaz, F.; E. Primo. 1998. Normas para la fertilización de los agrios. Fullets de Divulgació nº 5-88. Generalitat Valenciana. 29 pp.
- Loewe, M.; O. González. 2003. Análisis preliminar de la compatibilidad inter e intraespecífica de algunas especies nativas y exóticas en cultivo hidropónico. Bosque (Valdivia) 24(3): 65-74
- Martínez, A. 2006. Diagnóstico y manejo de enfermedades abióticas de plantas ornamentales leñosas en el paisaje con énfasis en estrategias de IPM. Georgia (EE.UU.), Departamento de Fitopatología, Universidad de Georgia. 4 p.
- Morales, E. 2005. Diseño experimental a través del análisis de varianza y modelo de regresión lineal. Carouna. Santiago (Chile). 248 p.
- Pijut, P.; M. Moore. 2002. Early season softwood cuttings effective for vegetative propagation of *Juglans cinerea*. Hortscience 37(4): 697-700
- Ramos, M. 2004. Propagación vegetativa de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. a través de estacas. Tesis Ing. For. Universidad Chile, Fac. de Cs. Forestales. 82 p.

- Rossi, L. 2004. Propagación asexual. INTERNET: <http://www.upch.edu.pe/facien/dcbf/botgen/propagacion%20asex.ppt> (Abril 19, 2007)
- Sandoval, A; A. Stuardo. 2000. Compost: una buena alternativa de sustrato. INTERNET: <http://www.cesaf.uchile.cl/cesaf/n13/2.html> (Junio 13, 2007)
- Santelices, R.; A. Cabello. 2006. Efecto del ácido indolbutírico, del tipo de la cama de arraigamiento, del sustrato, y del árbol madre en la capacidad de arraigamiento de estacas de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. Revista Chilena de la Historia Natural 79(1): 55-64
- Savvas, D. 2003. Hydroponics: a modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse. Food, Agriculture & Environment 1(1): 80-86
- Soto, P. 2004. Reproducción vegetativa por estacas en *Amomyrtus luma* (luma), *Amomyrtus meli* (meli) y *Luma apiculata* (arrayán) mediante el uso de plantas madres jóvenes y adultas. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 41 p.
- The Vermiculite Association (TVA). 2005. Horticultural vermiculite: does a professional job in any soil environment. INTERNET: <http://www.vermiculite.org/pdf/horticultural.pdf> (Julio 09, 2007)
- United States Department of Agriculture. 2004. Asexual plant propagation: increasing your odds of success. INTERNET: <http://www.mt.nrcs.usda.gov/technical/ecs/plants/pmpubs/asexual.html> (Julio 21, 2007)
- WALCO S.A. 2004. Formulaciones comerciales, quelatos y fórmulas completas. INTERNET: http://www.walcoagro.com/exposiciones/Formulaciones_comerciales.pdf (Julio 07, 2007).
- Welander, M. 1993. Influence of environment, fertilizer and genotype on shoot morphology and subsequent rooting of birch cuttings. Tree Physiology 15(1): 11-18

ANEXOS

Anexo 1. Abstract and keywords

ABSTRACT

The general purpose of this work was to evaluate the nutritious concentration effects on the raulí's stakes production. It was proposed in order to achieve it evaluate and compare the number of stakes produced by treatment and time of harvest, and evaluate the effect of every treatment on the rooting.

Three nutritious treatments were utilized, the more complete formed by three products (T1), one intermediate with the same products than the first but with a lower concentration (T2), and the poorest treatment formed only by one kind of product. Two harvests of stakes, in april and august of 2006 came true.

Survival and rooting of stakes evaluations were made in the months of may, july, september and november of 2006, and january and march of 2007.

In order to probe the influence of nutritious treatments and the time of harvest on, the number of harvested stakes, accumulated mortality and rooting of stakes, a factor analysis without repetition with a 95% of statistical confidence came true.

The nutritional gradient worked as expected at least for the number of harvested stakes where T1 produced a 48% of the total stakes considering both harvests, T2 produced a 36%, and T3 produced a 16%.

The april's harvest (total of 513 stakes), that surpassed in a 20% the harvest of august (total of 329 stakes), was considered the most productive time of harvest, which is explained because on august's harvest the growing was on its recess stage, so the harvested stakes corresponded to remnants of the april's harvest.

The production of stakes was very low for the three treatments in both harvests. The 30% of the stock plants produced only one stake, and approximately a 65% didn't have production.

An excessive mortality in stakes in all of the cases was found (mean over 90%), which was attributed to factors strange to this work.

The rooting of stakes of both harvests was produced among september and november. Of stakes harvested in april, only a 21,1% of them rooted, while with the ones harvested in august a 50% of rooting was obtained. Treatments T1 and T2 had a rooting with superior tendency than T3 with a 39,2% and 31,7% respectively, while T3 only reached a 13,2%. Statistically significant differences were not found, reason why rooting rates can not be attributed to a better nutritious treatment, neither to a more favourable production time.

Because the rooting results were affected by strange factors, the second objective corresponding to the effect of treatments on the rooting could not be verified.

The low production of stakes in both harvests was somewhat to expect because of the time of the year when they were done (autumn and winter). More favourable results were expected if the two posterior harvests in the vegetative growth stage would have come true.

Key words: hydroponic culture, *Nothofagus nervosa*, production of stakes, rooting.

Anexo 2. Informe del análisis químico del agua y soluciones nutritivas

Cuadro 1. Solución nutritiva I de Welander.

	Compuesto	g/L
Macroelementos	K_2PO_4	13,6000
	KNO_3	20,3000
	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	23,6000
	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	25,0000
Microelementos	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	0,0890
	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0,0120
	$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	0,0002
	$ZnCl_2$	0,0060
	H_3BO_3	0,0247

La solución nutritiva I del experimento de Welander (2004) fue más completa que la II, siendo la diferencia entre ambas la concentración de los macroelementos. En la solución nutritiva I los macroelementos fueron diluidos en 100 L de agua, mientras que en la solución II fueron diluidos en 200 L de agua. En ambas soluciones los microelementos fueron diluidos en 1000 L de agua.

Cuadro 2. Análisis químico del agua utilizada en los estanques de 3000 litros.

Nº Lab	Identificación	pH	Conductividad ($\mu S/cm$)	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
				----- (mg/L) -----							
809	Agua	6,49	45	2,49	<1	4,08	1,09	<1	<0,5	0,03	0,02

Anexo 3. Esquema de distribución de contenedores, setos y estacas

Para evaluar la cosecha, se contaron las estacas producidas por cada uno de los 44 setos de cada uno de los 10 bloques seleccionados por tratamiento. La variable dependiente fue el número de estacas producidas y el tratamiento fue la variable independiente

T1				
			B1	
B2				
		B3		
	B4		B5	
		B6		B7
B8				
	B9		B10	

●	○	●	○	●	○	●	○
○	●	○	●	○	●	○	●
●	○	●	○	●	○	●	○
○	●	○	●	○	●	○	●
●	○	●	○	●	○	●	○
○	●	○	●	○	●	○	●
●	○	●	○	●	○	●	○
○	●	○	●	○	●	○	●
●	○	●	○	●	○	●	○
○	●	○	●	○	●	○	●
●	○	●	○	●	○	●	○
○	●	○	●	○	●	○	●
●	○	●	○	●	○	●	○

○ Cavidad vacía
● Cavidad con seto (nº contenedor)

Figura 1. Bloques por tratamiento.

Figura 2. Setos por bloque.

Para evaluar el enraizamiento se tomó una muestra de cincuenta estacas de cada tratamiento, donde la variable dependiente correspondió al número de estacas con raíz visible, y la variable independiente fue el tipo de tratamiento. También se registró el número de estacas enraizadas según la época de cosecha.

T1				
■				
		■		
■				■
		■		

T: tratamiento
■ 10 estacas seleccionadas

Figura 3. Muestra de estacas para evaluación de enraizamiento.

Anexo 4. Producción y enraizamiento de estacas

Producción de estacas

Cuadro 3. Análisis estadístico del número de estacas cosechadas.

Fuente de variación		g.l.	S.C.	C.M.	F calculado	F tabulado	
						P = 0,05	P = 0,01
Columnas	Tratamiento	2	18505,33	9252,67	34,4	19,0	99,0
Filas	Época	1	5642,67	5642,67	21,0	18,5	98,5
Error		2	537,33	268,67			
Total		5	24685,33				

Cuadro 4. Mortalidad acumulada (%) de estacas cosecha abril.

Tratamiento	Iniciales	may	jul	sep	nov	ene	mar
T1	232	22,8	23,7	85,3	90,5	94,8	94,8
T2	193	41,5	42,0	87,0	92,2	93,3	96,3
T3	88	29,5	52,3	92,0	94,3	94,3	94,3
Media	171	31,3	39,3	88,1	92,3	94,1	95,1

Cuadro 5. Mortalidad acumulada (%) de estacas cosecha agosto.

Tratamiento	Iniciales	sep	nov	ene	mar
T1	174	14,9	42,0	64,9	83,3
T2	107	41,1	61,7	77,6	88,8
T3	48	63,0	77,1	90,0	98,0
Media	110	39,7	60,3	77,5	90,0

Cuadro 6. Mortalidad acumulada (%) de estacas total.

Tratamiento	abril	agosto	Media
T1	94,8	83,3	89,1
T2	96,3	88,8	92,6
T3	94,3	98,0	96,2
Media	95,1	90,0	

Cuadro 7. Análisis estadístico de la mortalidad acumulada (%) de estacas.

Fuente de variación		g.l.	S.C.	C.M.	F calculado	F tabulado	
						P = 0,05	P = 0,01
Columnas	Tratamiento	2	50,41	25,21	0,8	19,0	99,0
Filas	Época	1	39,02	39,02	1,3	18,5	98,5
Error		2	62,08	31,04			
Total		5	151,51				

Enraizamiento de estacas

Cuadro 8. Enraizamiento acumulado (%) de estacas cosecha abril.

Tratamiento	Iniciales	may	jul	sep	nov	ene	mar
T1	232	0,0	0,0	9,9	24,6	24,6	24,6
T2	193	0,0	0,0	8,3	21,2	21,2	21,2
T3	88	0,0	0,0	3,4	11,4	11,4	11,4
Media	171	0,0	0,0	7,2	19,1	19,1	19,1

Cuadro 9. Enraizamiento acumulado (%) de estacas cosecha agosto.

Tratamiento	Iniciales	sep	nov	ene	mar
T1	174	16,1	58,6	58,6	58,6
T2	107	12,1	50,5	50,5	50,5
T3	48	6,3	16,7	16,7	16,7
Media	110	11,5	42,3	42,3	42,3

Cuadro 10. Enraizamiento acumulado (%) de estacas total.

Tratamiento	abril	agosto	Media	S	CV (%)
T1	24,6	58,6	41,6	24	57,7
T2	21,2	50,5	35,9	20,7	57,7
T3	11,4	16,7	14,1	3,7	26,2
Media	19,1	41,9			

Cuadro 11. Análisis estadístico del enraizamiento acumulado (%) de estacas.

Fuente de variación		g.l.	S.C.	C.M.	F calculado	F tabulado	
						P = 0,05	P = 0,01
Columnas	Tratamiento	2	844,87	422,44	3,6	19,0	99,0
Filas	Época	1	784,33	784,33	6,6	18,5	98,5
Error		2	236,96	118,48			