

Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y de la presencia de hojas en el arraigamiento de estacas de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser cosechadas en dos épocas diferentes

RÓMULO SANTELICES ✉

Departamento de Ciencias Forestales y Centro de Investigación en Biotecnología Silvoagrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile

RESUMEN. *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser es una especie endémica de la zona mesomórfica de Chile que ha estado sujeta a una intensa presión antrópica. Producto de la fuerte reducción de la superficie de sus bosques la especie se encuentra en un delicado estado de conservación y aún no se conocen bien todos los factores que inciden en su propagación vegetativa. Este trabajo estudió la capacidad de arraigamiento de estacas de tallo colectadas de rebrotes de tocón de árboles de más de veinte años de edad de la zona precordillerana de la provincia de Talca. La cosecha se efectuó en enero de 1996 y noviembre de 1997 y, a través de ensayos independientes entre sí, se analizó el efecto del AIB (0; 0.5; y 1.5%) y de la presencia de hojas (con y sin hojas) en el proceso de rizogénesis. Los ensayos se llevaron a cabo en invernadero, con riego automatizado y con camas calientes de arraigamiento. Los resultados indican que con aquellas estacas de tallo provenientes de rebrotes colectadas en noviembre y tratadas con AIB al 1.5% fue posible obtener un 66.7% de arraigamiento. Con el material vegetal obtenido en enero la mortalidad fue completa. La presencia de hojas fue fundamental para asegurar la supervivencia y el proceso de rizogénesis en las estacas.

[Palabras clave: estado de conservación, especie endémica, auxina, rizogénesis]

ABSTRACT. *Effect of indolebutyric acid (IBA) and presence of leaves on rooting of Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser stem cuttings collected on two different seasons: *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser is a endemic tree of the mesomorphic zone of Chile. Because of anthropogenic action, currently this species has a delicate conservation status and yet the factors that affect vegetative propagation are not well known. In this study, the rooting capacity of stem cuttings was analyzed. Vegetative material was collected from stump sprouts of adult trees (20 years or older) in the Andean foothills of the Talca province. The effect of indolebutyric acid (IBA = 0, 0.5, and 1.5%), and leaf presence (with and without leaves) on rhizogenesis was analyzed using cuttings collected in January of 1996 and November 1997. The trials were carried out in a plastic covered greenhouse located in the forest nursery of the Universidad Católica del Maule in Talca-Chile. The greenhouse was equipped with a mist system and bottom heating that maintained a constant temperature of 21-25°C at the base of the stem cuttings. Each trial was kept under observation for between 2.5 and 4 months, depending on the response of the cuttings to the different treatments. Results indicate that maximal rooting (66.7%) was obtained with stem cuttings from root sprouts collected in November and treated with IBA 1.5%. The mortality of vegetative material collected in January was complete. The presence of leaves was fundamental for the survival and rhizogenesis process in stem cuttings. The presence of leaves during the vegetative period of maximum growth may be an important factor in obtaining adequate rooting.

[Keywords: conservation status, endemic species, auxin, rhizogenesis]

✉ Departamento de Ciencias Forestales y Centro de Investigación en Biotecnología Silvoagrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Católica del Maule, Casilla 617, Talca, Chile. rsanteli@ucm.cl

Recibido: 23 de mayo de 2006; Fin de arbitraje: 23 de noviembre de 2006; Revisión recibida: 14 de diciembre de 2006; Aceptado: 8 de enero de 2007.

En este trabajo actuó como Editor Asociado Adriana Abril y fue aceptado durante el proceso editorial de Marcelo Cassini.

INTRODUCCIÓN

La zona mesomórfica de Chile ha estado sujeta a constantes disturbios y degradación. Tales eventos han hecho retroceder drásticamente la superficie de los bosques de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser, una especie endémica de esa región que podría pasar a la categoría en peligro de extinción (Benoit 1989). En general, producto de la acción antrópica la mayoría de estos bosques son de segundo crecimiento y se encuentran empobrecidos (Donoso 1993). Una forma de cambiar este estado de conservación sería a través de la restauración o enriquecimiento de esos bosques, para lo cual es necesario comprender las diferentes formas de reproducción de la especie. Es aquí donde la propagación vegetativa cobra importancia, especialmente si se quiere trabajar con material genéticamente mejorado. Una de las técnicas de reproducción agámica más fácil y económica de implementar es el enraizamiento de estacas.

Entre los factores que influyen en la capacidad de arraigamiento resaltan la época de cosecha del material vegetal, el uso del AIB, y la presencia de las hojas (Dirr & Heuser 1987; Leakey & Coutts 1989; Bärtels 1989; Hartmann & Kester 1998). Respecto de este último factor, Leakey (2004) señala que el arraigamiento de estacas semileñosas usualmente depende de la presencia de hojas. Desde las hojas, se traslocan hasta la base de las estacas auxinas y carbohidratos, lo que genera las condiciones para que se inicie la formación de raíces adventicias (Hartmann & Kester 1998). Además, las hojas contienen compuestos fenólicos que interactúan con las auxinas en el proceso de rizogénesis (Hess 1962; Fadl & Hartmann 1967; Hackett 1970).

Los antecedentes que existen sobre arraigamiento de estacas para *N. glauca* tienen relación con el uso del ácido indolbutírico (AIB) como inductor de las raíces adventicias, la época de cosecha del material vegetal, el uso de camas calientes de arraigamiento, el efecto del substrato, y la influencia del árbol madre en el proceso de rizogénesis (Mebus 1993; Santelices & Cabello 2006). No obstante lo anterior, hay algunos factores que debieran ser

estudiados en mayor profundidad para llegar por esta vía formular un protocolo que permita multiplicar la especie a gran escala. Mebus (1993) señala la importancia que tiene para *N. glauca* coleccionar estacas foliosas en el período de crecimiento vegetativo, llegando a obtener un 45% de enraizamiento al aplicar AIB al 0.4% (p/v). Con material leñoso sin hojas coleccionado en el período invernal, los resultados conseguidos fueron nulos. Santelices & Cabello (2006) señalan que, para esta misma especie, el máximo enraizamiento (88%) se consigue con material vegetal coleccionado en primavera y tratado con AIB al 1%, encontrándose probablemente la dosis óptima entre 0.5 y 2%, por lo que sería interesante evaluar otras concentraciones de AIB, dentro del rango señalado por estos autores. Santelices & Cabello (2006) observaron que sólo las estacas que retienen sus hojas o aquellas que a pesar de perderlas son capaces de inducir otras nuevas, logran formar raíces adventicias. En consecuencia, la presencia de las hojas para la especie en estudio podría ser un factor importante en la formación de raíces adventicias.

En relación a lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo fue comparar la rizogénesis de estacas de *N. glauca* cosechadas en dos fechas diferentes y sometidas a tratamientos de AIB y, además, evaluar el efecto de la presencia de hojas en la formación de raíces adventicias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron estacas de *Nothofagus glauca* (Phil) Krasser obtenidas del predio Cordillera, propiedad de la Universidad Católica del Maule, ubicado en los faldeos de la Cordillera de los Andes en la localidad El Colorado, comuna de San Clemente, provincia de Talca, Región del Maule (35°39'15"S, 71°15'40"O, 485 m.s.n.m.). Los esquejes se obtuvieron a mediados de enero de 1996 y de noviembre de 1997, de rebrotes de tocón, de árboles de más de 20 años de edad, procurando que fueran homogéneos en sus dimensiones. Se plantearon dos ensayos independientes para cada época de cosecha.

Diseño experimental y análisis de datos

Para las estacas colectadas en enero de 1996 se realizó un ensayo en bloques completamente aleatorizados de efectos fijos, con tres repeticiones por tratamiento y 21 estacas por unidad experimental. Se probaron las siguientes concentraciones del AIB: 0; 0.5; 1; y 2%. Al comenzar el ensayo, y en promedio tenían 20.4 ± 0.2 cm de longitud, 4.3 ± 0.1 mm de diámetro y 7.1 ± 0.3 hojas.

Con el material vegetal cosechado en noviembre de 1997 se realizó un diseño en bloques al azar de efectos fijos y por medio de un experimento factorial con tres repeticiones y 21 estacas por unidad experimental se analizó el efecto de la presencia de hojas en la estaca y del ácido indolbutírico. Los factores y sus respectivos niveles se detallan a continuación: Presencia de hojas en la estaca (A): a_1 : Con hojas y a_2 : Sin hojas; Concentración de ácido indolbutírico (B): b_1 : 0%; b_2 : 0.5% y b_3 : 1.5%. En los dos ensayos se consideró cada bloque como repetición y se definieron por la ubicación en el invernadero.

Al inicio del ensayo las estacas en promedio tenían $20.6 \pm 0,2$ cm de longitud, 3.9 ± 0.2 mm de diámetro y 5.1 ± 0.3 hojas.

Los análisis de varianza y las comparaciones de medias se realizaron usando el procedimiento GLM (General Linear Model) del programa estadístico SAS System for Windows v. 6.12. Con el propósito de normalizar aquellas variables expresadas en porcentaje, antes de efectuar los análisis de varianza fueron transformadas en valores angulares con la fórmula:

$$y' = \arcsen \sqrt{p} ,$$

en donde p es la proporción (Ostle 1992). Los valores medios que presentaron diferencias significativas fueron comparados con la prueba de Tukey al nivel del 5%.

Instalación de los ensayos

Los ensayos se realizaron en un invernadero rústico de la Universidad Católica del Maule,

Talca. Se ocuparon camas calientes de arraigamiento capaces de mantener el sustrato a temperaturas que oscilan entre 21 y 25°C. El riego se realizó mediante un sistema de aspersión automatizado (*microjet*), capaz de pulverizar la gota de agua, para producir niebla. La frecuencia y cantidad del riego varió de acuerdo a las condiciones climáticas, intentando mantener el ambiente con una alta humedad.

En los dos ensayos, los rebrotes cosechados se separaron del árbol madre antes de las 10 horas, se depositaron en cajas de poliestireno, y transportaron hasta el invernadero. Para evitar la deshidratación producto de las mayores temperaturas de mediodía, período en que se efectuó el transporte, las hojas de los esquejes fueron asperjadas con agua. Una vez en el invernadero, las bases de las estacas cosechadas en enero de 1996 fueron sumergidas en baldes con agua ubicados a la sombra hasta la instalación del ensayo en la mañana del día siguiente. Con el material colectado en noviembre de 1997, a diferencia de la experiencia anterior, en forma previa a la instalación de los ensayos las estacas se mantuvieron a 4°C durante 72 horas, con el propósito de inhibir sus procesos metabólicos durante ese tiempo. En el invernadero todas las estacas se dimensionaron en 20 cm de longitud, debiendo presentar en lo posible tres yemas visibles y tener características homogéneas respecto a su diámetro y largo. Los cortes en la base se realizaron en un ángulo de 45° y durante esta operación las estacas se mantuvieron sumergidas en agua a temperatura ambiente. A todos los esquejes se les efectuó una herida en sus bases, con el propósito de estimular aún más el desarrollo de raíces (Hartmann & Kester 1998). Para el tratamiento sin hojas, estas se removieron con tijera. Antes de instalar las estacas en las camas de arraigamiento, como medida preventiva fueron asperjadas con una solución de 30 g del fungicida sistémico *Strepto plus* (sulfato de estreptomina 20 g, clorhidrato de oxitetraciclina 3.2 g, inertes c.s.p. 100 g) y 18 g del de contacto *Dithane M-45* (mancozeb 80% p/p, inertes 20% p/p) en 15 litros de agua. En esta labor se utilizó una bomba de espalda.

En forma posterior a la desinfección preventiva, la base de los esquejes fue sumergida en

agua y luego en la mezcla de AIB en los primeros 2.5 a 3 cm basales, de acuerdo a las concentraciones establecidas para los diferentes tratamientos. Se utilizó una solución de auxina dispersada en polvo y las diferentes concentraciones fueron preparadas de acuerdo a los antecedentes proporcionados por Santelices (1993). La concentración equivalente a 0% de AIB fue elaborada solamente sobre la base de talco inerte, el cual también fue diluido en alcohol etílico y agua, y luego secada al igual que las demás concentraciones. Inmediatamente después de la aplicación, fueron insertadas en las camas calientes de arraigamiento hasta una profundidad de aproximadamente 5 cm. El substrato utilizado consistió en aserrín de *Pinus radiata* D. Don y con el fin de eliminar toxinas y hongos, fue hervido en agua al menos durante media hora. Al inicio del ensayo y posteriormente en forma mensual, se midió el pH del substrato, el que se mantuvo en un rango de 7.1 a 7.3 unidades. Las camas de arraigamiento se construyeron con madera impregnada de *P. radiata* con sales CCA (cobre, cromo y arsénico). En el fondo de ellas se utilizó poliestireno como aislante, recubierto con polietileno, ambos perforados para facilitar el drenaje. La temperatura de las camas fue mantenida con resistencias eléctricas colocadas en la base y reguladas con un termostato. Periódicamente se controló, mediante el uso de termómetros, la temperatura ambiental y de las camas de arraigamiento. La alta humedad ambiental mantenida durante el ensayo permitió que la temperatura ambiental no sobrepasara los 30°C. Como medida preventiva se aplicó semanalmente la mezcla de los fungicidas *Dithane M-45* y *Strepto plus*, en la misma concentración señalada anteriormente. Dos veces por semana se asperjó con el abono foliar *Bayfolan 250 SL*, que contiene los macroelementos N (11% p/v), P₂O₅ (8% p/v), P₂O (6% p/v) y los microelementos Fe, Mn, B, Cu, Zn, Ni, Co, Mo, Cl, Na, S, vitamina B1, auxinas y sustancia tampón. La dosis empleada fue de 30 ml en 15 litros de agua y para efectuar la labor se utilizó una bomba de espalda.

Las estacas colectadas en enero de 1996 permanecieron cuatro meses en el invernadero y las de noviembre de 1997 dos meses y medio. Al final de estos períodos se evaluó estadística-

mente la supervivencia (%) y formación de callo de la estaca (%) (independientemente si formó o no raíces), la capacidad de arraigamiento (%) y la producción de raíces (cantidad y longitud). Una estaca fue considerada arraigada cuando generó al menos una raíz de 1 cm de longitud. Se definió la muerte de un esqueje al presentar signos severos de pudrición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Material vegetal cosechado en enero de 1996

A pesar de que se tomaron las precauciones necesarias para evitar la deshidratación del material vegetal, como aumentar la frecuencia del riego y la ventilación del invernadero, a los 10 días siguientes de ser instalado el ensayo, las hojas de las estacas paulatinamente se tornaron de un color pardo hasta que cayeron, sin que lograran recuperarse, y muchas mostraron signos completos de pudrición. Después de permanecer cuatro meses en el invernadero ninguna estaca formó raíces y al final de este período no se observaron diferencias entre tratamientos en la supervivencia (en promedio un 15%) y en la formación de callo (23%). Este proceso de defoliación y posterior pudrición de las estacas, coincide con lo descrito por Leakey (2004) para señalar la razón más común de no conseguir enraizamiento. Por otra parte, de acuerdo a lo señalado por Hartmann & Kester (1998), existe una correlación positiva entre el porcentaje de retención de hojas y el enraizamiento de las estacas.

La época de cosecha de las estacas, comienzos del verano, coincide con la usada en unos de los primeros ensayos realizados con especies del género *Nothofagus* (Hogrebe 1973), pero los resultados obtenidos son totalmente diferentes. Este mismo autor consiguió para *N. alpina* y *N. obliqua*, usando ácido indolacético al 4%, aproximadamente un 50% de arraigamiento. Es probable que en verano aumente la concentración de fenoles en *N. glauca*, los que podrían inducir la oxidación del AIB y con ello inhibir la formación de raíces adventicias, tal como lo señalan Latsague & Lara (2003) para *N. pumilio*.

Material vegetal cosechado en noviembre de 1997

Ninguna de las estacas sin hojas logró sobrevivir ni inducir raíces. Luego de dos semanas de iniciado el ensayo comenzó la mortalidad de las estacas sin hojas. Esto concuerda, en parte, con lo observado por Ofori et al. (1996), Tchoundjeu et al. (2002) y Tchoundjeu et al. (2004), quienes vieron una significativa disminución de las tasas de supervivencia y arraigamiento en estacas sin hojas en relación con estacas foliosas. Es sabido que la presencia de hojas tiene una fuerte influencia en el proceso de rizogénesis (Hartmann & Kester 1998; Leakey 2004) ya que son tejidos ricos en auxinas. Por otra parte, de acuerdo a lo informado por Costa & Challa (2002), la superficie foliar en las estacas puede llegar a ser un indicador de la cantidad de raíces producidas. En consecuencia, es probable que el éxito del enraizamiento esté sujeto a la presencia de alguna sustancia en las hojas que actúe como cofactor del arraigamiento. Las hojas, además de las yemas, son grandes productoras de auxinas (Hartmann & Kester 1998) y es probable que las estacas sin hojas dispusieran de una menor cantidad de hormonas endógenas y, en consecuencia, la aplicación de AIB en las concentraciones ensayadas haya sido insuficiente para inducir el desarrollo de raíces adventicias. Por otra parte, sería interesante analizar el efecto de algunos compuestos fenólicos como catecol, pirogalol, ácido cafeico y ácido clorogénico, que interactúan con las auxinas en el proceso de rizogénesis (Hess 1962; Fadl & Hartmann 1967; Hackett 1970). Es probable que su efecto se manifieste poco tiempo después de que las hojas se hayan formado, lo que sucede en forma natural en el área de distribución del *N. glauca* en las inmediaciones del mes de noviembre. Es posible que la presencia de hojas haya implicado un traslocamiento de auxinas hasta la base de las estacas aumentando la concentración de éstas, favoreciendo la inducción de raíces adventicias. Por otra parte, desde las hojas pudo transportarse hasta la base de los esquejes azúcares, aumentando la concentración de carbohidratos y como resultado de ello se haya promovido el enraizamiento. Se ha sugerido que los productos generados por la fotosíntesis activa durante el tiempo de

propagación son esenciales para la producción de raíces (Leakey & Coutts 1989, Newton et al. 1992). A pesar de que las estacas cosechadas en noviembre eran similares en cuanto a cantidad de material folioso y grado de lignificación a las colectadas en enero de 1996, los resultados en arraigamiento son diametralmente opuestos. Es probable que el golpe de frío que se les dio a las estacas cosechadas en noviembre, aunque por un lapso muy inferior al señalado por Hartmann & Kester (1998) y Tsipouridis et al. (2005), pueda ser un factor importante en la inducción de raíces. Como ya se mencionó, a los esquejes colectados en enero no se les aplicó este tratamiento y la tasa de arraigamiento fue nula. Por otra parte, podría existir algún cofactor sintetizado en las hojas en el momento en que comienza a declinar la tasa de crecimiento en el período vegetativo que condicione la formación de raíces. En consecuencia, sería necesario estudiar con mayor profundidad el efecto de la época de cosecha, asociado con un golpe de frío previo a las estacas, y ver su posible relación con algunos compuestos que actúan como sinergistas de la rizogénesis.

El efecto del AIB sobre el enraizamiento se analizó sólo en las estacas foliosas que fueron las únicas que sobrevivieron. La Tabla 1 muestra que al aumentar la concentración de AIB de 0.5 a 1.5% también lo hace la tasa de arraigamiento, sin que se observen diferencias significativas. Es probable que el máximo se obtenga con una dosis cercana al 1.0% como sugieren Santelices & Cabello (2006). Es común que al aumentar la concentración de auxina también lo haga la inducción de raíces, hasta llegar a un máximo y luego disminuir (Wasser & Ravetta 2000), formándose así lo que se conoce como curva óptima (Barceló-Coll et al. 2001). La aplicación de AIB no afectó significativamente la supervivencia, pero sí lo hizo con la formación de callo y la producción de raíces. Se observa una independencia entre los procesos de formación de callo e inducción de raíces, lo que concuerda con lo señalado para esta misma especie por Santelices & Cabello (2006). Al aplicar AIB se obtuvieron las mayores tasas de arraigamiento, por sobre un 61%, con raíces de tal calidad que permiten asegurar su posterior cultivo en vivero. Sin embargo, no se apre-

cia un efecto claro de la auxina en la longitud de las raíces. Los resultados obtenidos al aplicar 0.5% de AIB son casi un 12% superiores a los conseguidos en las mismas condiciones por Santelices & Cabello (2006) y concuerdan con los obtenidos por Mebus (1993), quien obtuvo un 45% de arraigamiento al aplicar AIB al 0.4%. Al comparar la capacidad rizogénica de las estacas de *N. glauca* sin la aplicación de la auxina, en este ensayo la tasa de arraigamiento cae en más de un 32% con respecto a la obtenida por Santelices & Cabello (2006). Esta diferencia podría explicarse, de acuerdo a estos autores, por un efecto del árbol madre de donde se obtiene el material vegetal.

La época de colecta concuerda con la empleada por Silva (1968) y Becker & Dautzenberg (1978), quienes propagaron con éxito estacas de *N. alpina* cosechadas en primavera, aunque usaron diferentes auxinas y concentraciones. En el caso de algunas especies de Europa Central de la familia *Fagaceae*, tales como *Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L. y *Q. petraea* (Matt.) Liebl., la época óptima es a comienzos de la primavera (Spethmann 1982), lo que coincide con los resultados obtenidos en este estudio. Pijut & Moore (2002), al trabajar con estacas cosechadas al inicio del período de crecimiento vegetativo, es decir, semileñosas como las de este estudio, y al aplicar 1.4% de AIB consiguieron un 88% de arraigamiento para *Juglans cinerea* L.

El arraigamiento de *N. glauca* no estaría condicionado a la presencia de un anillo continuo de esclerénquima situado en el exterior del punto de origen de las raíces. A pesar de que a todas las estacas se les efectuó una herida en

sus bases, lo cual rompería este anillo, la formación de las raíces no se produjo a través de ese punto, sino que en diferentes partes alrededor de la base de las estacas, sin que se observara alguna tendencia.

La formación de raíces se produjo en forma homogénea alrededor de la base de las estacas. Esto, de acuerdo a lo señalado por Hartmann & Kester (1998), indicaría que el enraizamiento no estaría condicionado a la presencia de un anillo continuo de esclerénquima situado en el exterior del punto de origen de las raíces. Tsipouridis et al. (2005), observaron un incremento superior al 29% en el arraigamiento de aquellas estacas tratadas con una doble herida de 1 cm de profundidad en sus bases, respecto de las control.

CONCLUSIONES

Sólo se pudo inducir la formación de raíces en aquellas estacas foliosas de *N. glauca* obtenidas desde rebrotes cosechados en el mes de noviembre. En cambio, con las cosechadas en enero los resultados fueron nulos.

Con la aplicación de AIB se logró una mayor tasa de enraizamiento (hasta un 66.7%) y cantidad de raíces formadas (33.6 por estaca), aunque no se observó un claro efecto de la auxina en su longitud. Con las estacas que no fueron tratadas también se logró inducir la formación de raíces adventicias, aunque en menor proporción y cantidad.

La presencia de hojas es fundamental para la supervivencia y el proceso de rizogénesis.

Tabla 1. Efecto del ácido indolbutírico sobre la capacidad rizogénica de *N. glauca* cosechado en noviembre de 1997 (valores promedio con la misma letra no difieren significativamente entre sí, $p < 0.05$).

Table 1. Effect of indolebutyric acid on rooting capacity of *N. glauca* collected in November 1997 (means values with the same letter are not significantly different, $p < 0.05$).

Concentración de AIB	Supervivencia (%)	Formación de callo (%)	Arraigamiento (%)	Producción de raíces	
				Cantidad (N°)	Longitud (cm)
0%	65.1 ± 19.4 a	20.6 ± 8.6 a	9.5 ± 5.5 b	2.2 ± 1.3 b	1.5 ± 1.1 b
0.5%	80.9 ± 10.4 a	3.2 ± 3.2 b	61.9 ± 11.3 a	23.1 ± 9.2 a	4.9 ± 0.5 a
1.5%	74.6 ± 6.9 a	0.0 ± 0.0 b	66.7 ± 9.9 a	33.6 ± 4.0 a	5.8 ± 1.0 a

Sólo las estacas de tallo foliosas llegan a sobrevivir e inducir raíces, probablemente por la presencia de algún factor presente en ellas.

En algunas estacas de *N. glauca* se logró inducir la formación de raíces sin que en forma previa hubieran desarrollado callo. Con ello queda de manifiesto que en el proceso de rizogénesis no necesariamente debe ocurrir una secuencia en la formación de callo y raíces.

BIBLIOGRAFÍA

- BARCELÓ-COLL, J; G NICOLÁS-RODRIGO; B SABATER-GARCÍA; & R SÁNCHEZ-TAMÉS. 2001. *Fisiología Vegetal*. Ediciones Pirámide. Madrid, España. 566 pp.
- BÄRTELS, A. 1989. *Gehölzvermehrung*. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart, Deutschland. 370 pp.
- BECKER, A. VON & H DAUTZENBERG. 1978. Zur Stecklingsvermehrung bei *Nothofagus procera* (Poepp. et Endl) Oerst. *Silvae Genetica*, **27**: 178-183.
- BENOIT, I. (Ed.). 1989. *Libro rojo de la flora terrestre de Chile (Primera parte)*. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 157 pp.
- COSTA, JM & H CHALLA. 2002. The effect of the original leaf area on growth of softwood cuttings and planting material of rose. *Scientia – Horticulturae*, **95**: 111-121.
- DIRR, M & C HEUSER. 1987. *The reference manual of woody plant propagation, from seed to tissue culture*. Varsity Press Inc. Georgia, U.S.A. 239 pp.
- DONOSO, C. 1993. *Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 484 pp.
- FADL, M & H HARTMANN. 1967. Isolation, purification and characterization of an endogenous root promoting factor obtained from basal sections of pear hardwood cuttings. *Plant Physiology*, **42**: 541-549.
- HACKETT, W. 1970. The influence of auxin, catechol, and methanolic tissue extracts on root initiation in aseptical cultured shoot apices of the juvenile and adult forms of *Hedera helix*. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*, **95**: 398-402.
- HARTMANN, H & D KESTER. 1998. *Propagación de plantas, principios y prácticas*. Ed. Continental. México. 760 pp.
- HESS, C. 1962. A physiological analysis of root initiation in easy and difficult to root cuttings. Pp. 375-381 in: *International Horticultural Congress*. Editions J. Duculot. Brussels, Belgium.
- HOGREBE, H. 1973. *Nothofagus-Anbauten im Burgholz bei Wuppertal*. *Jahrbuch der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft*, **66**: 99-105.
- LATSAGUE M & G LARA. 2003. Fenoles solubles totales y su relación con la inhibición de la rizogénesis de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser. *Gayana Botánica*, **60**: 90-93.
- LEAKEY, R. 2004. Physiology of vegetative reproduction. Pp. 1655-1668 in: *Encyclopaedia of Forest Sciences* (Eds. J. Burley, J. Evans, and J.A Youngquist). Academic Press, London, UK.
- LEAKEY, R & M COUTTS. 1989. The dynamics of rooting in *Triplochiton scleroxylon* cuttings: their relation to leaf area, node position, dry weight accumulation, leaf water potential and carbohydrate composition. *Tree Physiology*, **5**: 135-146.
- MEBUS, I. 1993. *Enraizamiento en estacas de Nothofagus spp. de la zona mesomórfica de Chile amenazadas de extinción*. Tesis Licenciatura en Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- NEWTON, AC; PN MUTHOKA; & JMcP DICK. 1992. The influence of leaf area on the rooting ability of leafy stem cuttings of *Terminalia spinosa* Engl. *Trees*, **6**: 210-215.
- OFORI, D; A NEWTON; R LEAKEY; & J GRACE. 1996. Vegetative propagation of *Milicia excelsa* by leafy stem cuttings: effects of auxin concentration, leaf area and rooting medium. *Forest Ecology and Management*, **84**: 39-48.
- OSTLE, B. 1992. *Estadística aplicada*. Decimosegunda reimpresión. Limusa. México. 629 pp.
- PIJUT, PM & MJ MOORE. 2002. Early season softwood cuttings effective for vegetative propagation of *Juglans cinerea*. *HortScience*, **37**: 697-700.
- SANTELICES, R. 1993. Propagación vegetativa de raulí, roble y coihue a partir de estacas. *Ciencia e Investigación Forestal (Chile)*, **7**: 37-48.
- 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 Historia Natural*, **79**: 55-64.
- SILVA, J. 1968. *Arraigamiento de estacas de raulí (Nothofagus alpina) (Poepp. et Endl) Oersted*. Tesis Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- SPETHMANN, W. 1982. Stecklingsvermehrung von Laubbaumarten. I. Versuche mit Ahorn, Esche, Eiche, Buche, Kirsche, Linde, Birke. *Allgemeine Forst-und Jagdzeitung*, **153**: 13-24.
- TCHOUNDJEU, Z; ML AVANA; R LEAKEY; AJ SIMONS; E ASAAH; ET AL. 2002. Vegetative propagation of *Prunus africana*: effects of rooting medium, auxin concentrations and leaf area. *Agroforestry-Systems*, **54**: 183-192.

- TCHOUNDJEU, Z; ML NGO MPECK; E ASAAH; & A AMOUGOU. 2004. The role of vegetative propagation in the domestication of *Pausinystalia johimbe* (K. Schum), a highly threatened medicinal species of West and Central Africa. *Forest Ecology and Management*, **188**: 175-183.
- TSIPOURIDIS, C; T THOMIDIS; & Z MICHAILIDIS. 2005. Factors influencing the rooting of peach GF677 (peach x almond hybrid) hardwood cuttings in a growth chamber. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, **33**: 93-98.
- Wasser, D & D Ravetta. 2000. Vegetative propagation of *Grindelia chiloensis* (Asteraceae). *Industrial Crops and Products*, **11**: 7-10.