

Arraigamiento de estacas de *Quillaja saponaria* Mol. y *Peumus boldus* Mol.*

Rooting of *Quillaja saponaria* Mol. and *Peumus boldus* Mol. cuttings

ROMULO SANTELICES, CRISTIAN BOBADILLA

Universidad Católica del Maule, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales,
Escuela de Ciencias Forestales, Casilla 617, Talca, Chile.

SUMMARY

The rooting capacity of *Quillaja saponaria* Mol. and *Peumus boldus* Mol. cuttings was studied. In *Q. Saponaria*, the effect of the application of indolebutyric acid and the region of the tree from which cuttings were obtained was evaluated. In *P. boldus*, only the effect of the application of auxin was studied.

The vegetal material was collected during the first days of September. It was kept in bottom heating beds under relativity controlled conditions of temperature and humidity in a plastic covered greenhouse.

Results show that *Q. saponaria* cuttings can be easily propagated after 4 months. Even when no clear effect of the application of auxin was observed, rooting occurred in 45% of the cuttings. The material taken from the medium and lower parts of the crown produced better results than cuttings from the apical zone, with a 41% rooting rate. *P. boldus* cuttings can be propagated after 6 months. The application of indolebutyric acid had no clear effect on rooting. It is possible to obtain rooting rates of 15%.

Key words: cuttings, *Quillaja saponaria* (quillay), *Peumus boldus* (boldo), indolebutyric acid (IBA), crown section.

RESUMEN

Se estudió la capacidad de arraigamiento que tienen las estacas de *Quillaja saponaria* Mol. y *Peumus boldus* Mol. Para la primera especie se evaluó el efecto que tienen sobre la rizogénesis la aplicación de ácido indolbutírico y la posición que tienen las estacas en la copa del árbol. En cambio para *P. boldus* sólo se estudió el efecto de la aplicación de la auxina.

El material vegetal fue colectado durante los primeros días de septiembre y fue mantenido en camas calientes de arraigamiento bajo condiciones relativamente controladas de temperatura y humedad en un invernadero rústico cubierto con plástico.

Los resultados indican que *Q. saponaria* fácilmente puede ser propagada vegetativamente a partir de estacas después de cuatro meses. Aunque no se aprecia un efecto producto de la aplicación del regulador de crecimiento, es posible llegar a obtener tasas de arraigamiento de hasta un 45%. Con el material tomado de las partes medias y bajas de la copa se obtienen mejores resultados en relación a aquellas obtenidas de la parte apical, alcanzándose valores de 41% de rizogénesis.

Si bien es cierto los resultados indican que después de seis meses *P. boldus* se puede propagar por estacas, la aplicación del ácido indolbutírico no tiene un efecto claro sobre ello. Es posible alcanzar tasas de enraizamiento de un 15%.

Palabras claves: estacas, *Quillaja saponaria* (quillay), *Peumus boldus* (boldo), ácido indolbutírico (AIB), sección de la copa.

* Proyecto 111-02 financiado por la Universidad Católica del Maule.

INTRODUCCION

Las especies *Quillaja saponaria* Mol. y *Peumus boldus* Mol. son endémicas de la zona mesomórfica de Chile que, a pesar de no tener restricciones en cuanto su estado de conservación, han estado sujetas a fuertes intervenciones para la obtención de productos no maderables destinados a los mercados farmacéutico y cosmetológico. Esto ha contribuido a que muchos de sus bosques estén en un estado de degradación.

La explotación de estos recursos se ha realizado en forma rudimentaria sin considerar un sistema silvicultural tendiente a maximizar la producción en forma sostenible. Si se quisiera incorporar a estas especies a un sistema de este tipo, también deberían, en una primera etapa, conocerse los diferentes mecanismos de reproducción. Incluso, se podría realizar un trabajo de mejoramiento genético para seleccionar clones que fueran mejores productores de saponina y boldina, los productos más demandados de estas especies. Para esto, la forma más rápida y eficiente de lograrlo es a través de la propagación vegetativa.

Sobre la reproducción sexual existe suficiente información que permite propagar muchas de las especies nativas de mayor interés comercial en Chile. En el caso del *Q. saponaria*, aunque su viabilidad es baja, la propagación por semillas no tiene mayores dificultades, pero sí la conservación de ellas (Wiberg 1991). Para el *P. boldus* también hay antecedentes al respecto, pero la propagación no es tan sencilla, producto de un desbalance entre el sistema promotor-inhibidor (ácido giberélico-ácido absícico) del cual se origina una latencia profunda (Muñoz 1986).

También existen antecedentes generales sobre propagación vegetativa para un gran número de especies forestales nativas. En el caso de *Q. saponaria*, es posible propagarlo por estacas y los mejores resultados se han obtenido usando material vegetal de cuatro años de edad cosechado en invierno, bajo condiciones de invernadero y tratado con regulador de crecimiento. Además, se ha intentado realizar injertos de hendidura, aproximación y yema durante las épocas primavera y verano sin resultados positivos (Mera 1990). Para el *P. boldus* no se registran antecedentes.

Con la información disponible actualmente sobre propagación asexual para *Q. saponaria* no se reproducen y cultivan plantas de esta especie a

gran escala usando estas técnicas, lo que hace necesario ahondar estos estudios.

Uno de los aspectos más estudiados en la propagación por estacas es el efecto que tienen las auxinas sobre el enraizamiento. La aplicación del regulador de crecimiento se manifiesta, generalmente, en un aumento en la velocidad y tasa de arraigamiento (Wright 1964). Uno de los productos más usados, elaborado en forma sintética, es el ácido indolbutírico.

Además, la formación de raíces puede estar relacionada a ciertos factores inherentes a las especies tales como la posición de las estacas en la copa del árbol o en la rama, la edad de la planta madre o la época de cosecha, por mencionar algunos.

El efecto de la ubicación de las ramas en la copa del árbol madre sobre el enraizamiento y de las estacas en las ramas del mismo puede deberse a una distribución desigual de fitohormonas y de reservas nutritivas en las diferentes partes de la planta (Vastey 1962). Se ha observado que estacas de *Populus nigra* var. *italica* tomadas del tope de las ramas de la parte más baja de la copa presentan una mejor habilidad de enraizamiento (Ogasawara 1957). En este mismo sentido son coincidentes los resultados obtenidos en estudios realizados con estacas de *Eucalyptus camaldulensis*, con la salvedad de que en algunos casos el arraigamiento es nulo con estacas tomadas de la parte superior de la copa de los árboles (Concha y Montaldi 1964, Reuveni *et al.* 1990).

La edad del material a propagar muchas veces es un factor muy importante en el éxito del arraigamiento. A medida que se aumenta la edad del material a propagar, como regla general, debería disminuir la capacidad de enraizamiento (Wright 1964, Hartmann y Kester 1987, Bartels 1988, Kozlowski *et al.* 1991). Sin embargo, a pesar de que no existe una edad determinada mediante la cual se pueda asegurar la inducción de raíces, casi todas las especies forestales han enraizado con éxito con estacas tomadas de plantas procedentes de semilla de 1 a 2 años de edad, y, por lo general, la capacidad de enraizamiento disminuye después del quinto año de edad (Wright 1964).

A través del presente trabajo se analiza la capacidad de arraigamiento que tienen las estacas de *Q. saponaria* y *P. boldus*. Se pretende incrementar la información disponible para la primera especie y para la segunda entregar resultados preliminares al respecto.

Los objetivos de este trabajo son evaluar el efecto de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico en la capacidad rizogénica de las estacas de *Q. saponaria* y *P. boldus* y estudiar el efecto que tiene sobre el arraigamiento la posición de las estacas de *Q. saponaria* en la copa del árbol.

MATERIAL Y METODOS

Q. SAPONARIA

Estacas. Las estacas de *Q. saponaria* se cosecharon de cuatro árboles de 20 años de edad de los jardines de la Casa Central de la Universidad Católica del Maule en Talca (cuadro 1).

CUADRO 1

Procedencia de las estacas de *Q. saponaria*.
Provenance of *Q. saponaria* cuttings.

Procedencia	Valle Central
Latitud Sur	35°26'9"
Longitud Oeste	72°37'4"
Altitud (m s.n.m.)	115
Exposición	Plano
Comuna	Talca
Provincia	Talca

Los esquejes se obtuvieron de ramas del último período de crecimiento vegetativo de las zonas alta, media y baja de la copa. La colecta se realizó a fines del mes de agosto y se procuró que el material vegetal fuera lo más homogéneo posible en cuanto a sus dimensiones y características visuales.

Diseño experimental. Se realizó el ensayo por medio de un arreglo factorial con un diseño en bloques completamente aleatorizados y de efectos fijos. Se efectuaron tres repeticiones y 20 estacas por unidad experimental. Los factores estudiados y sus respectivos niveles se detallan a continuación:

Posición de la estaca en la copa del árbol (A)

- a₁: apical
- a₂: media
- a₃: basal

Concentración de ácido indolbutírico (B)

- b₁: 0%
- b₂: 0.5%
- b₃: 1.0%
- b₄: 2.0%

El modelo estadístico propuesto fue el siguiente (Canavos 1992):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + \epsilon_{ijk}$$

- con i = 1, 2 y 3 posiciones de la estaca en la copa del árbol
- j = 1, 2, 3 y 4 concentraciones de ácido indolbutírico
- k = 1, 2 y 3 bloques

donde:

- Y_{ijk}: es la k-ésima observación de la respuesta al tratamiento
- μ: media global
- α_i: efecto del factor (A)
- β_j: efecto del factor (B)
- (αβ)_{ij}: Interacción entre los factores (A*B)
- ρ_k: efecto de los bloques (C)
- ε_{ijk}: Error aleatorio

P. BOLDUS

Estacas. Las estacas utilizadas en el ensayo se obtuvieron del predio Cordillera, de propiedad de la Universidad Católica del Maule, ubicado en los faldeos de la Cordillera de los Andes (cuadro 2).

CUADRO 2

Procedencia de las estacas de *P. boldus*.
Provenance of *P. boldus* cuttings.

Procedencia	El Colorado
Latitud Sur	35°39'15"
Longitud Oeste	71°15'40"
Altitud (m s.n.m.)	515
Exposición	Sur-Oeste
Comuna	San Clemente
Provincia	Talca

Los esquejes se obtuvieron de rebrotes de tocón procurando que fueran homogéneos. Se seleccionaron de aproximadamente 30 cm de longitud para ser dimensionados posteriormente en el invernadero.

Diseño experimental. Se realizó un ensayo en bloques completamente aleatorizados de efectos fijos, con tres repeticiones y 20 estacas por unidad experimental. Se ensayaron diferentes concentraciones de ácido indolbutírico en la base de las estacas:

Concentración de ácido indolbutírico (A)

- a₁: 0%
- a₂: 0.5%
- a₃: 1.0%
- a₄: 2.0%

El modelo estadístico propuesto fue el siguiente (Canavos 1992):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

con $i = 1, 2, 3$ y 4 concentraciones de ácido indolbutírico
 $j = 1, 2$ y 3 bloques

donde:

- Y_{ijk} : es la k -ésima observación de la respuesta al tratamiento
- μ : media global
- α_i : efecto de los tratamientos
- β_j : efecto de los bloques
- ε_{ij} : error aleatorio

Instalación de los ensayos. Los ensayos se realizaron en un invernadero rústico, conocido como de túnel o de plástico, de la Universidad Católica del Maule en la ciudad de Talca. En él se contó con camas calientes de arraigamiento que permitieron mantener el sustrato a una temperatura fija entre 21 y 25°C. El riego fue automatizado y se tuvo un sistema de aspersión conocido en el mercado nacional como "microjet" que se caracteriza por pulverizar la gota de agua, pero no produce niebla. La frecuencia y cantidad del riego varió de acuerdo a las condiciones climáticas, intentando mantener el ambiente con una alta humedad.

Las estacas de *Q. saponaria* se cosecharon de las ramas terminales de los árboles, del último

período de crecimiento vegetativo y de la parte de la copa correspondiente a cada tratamiento. Una vez cortados los esquejes se depositaron sus bases en baldes con agua a temperatura ambiente, de modo de prevenir su deshidratación. Luego fueron transportados al invernadero, a sólo unos cuantos metros del lugar de cosecha, para darles su tratamiento final.

El material vegetal de *P. boldus* fue cosechado durante la mañana, antes de las 10 horas. Una vez que los rebrotes se separaron del árbol madre, inmediatamente se colocaron sus bases en baldes de plástico que contenían una solución del gel hidratante de nombre comercial Viterra (1 g/l). Luego fueron depositados en la parte posterior de una camioneta, estando aún adherido el gel en sus bases, y se mojaron sus hojas antes de ser transportados hasta el invernadero. De esta manera se intentó evitar al máximo la pérdida de humedad.

En el invernadero todas las estacas, de ambas especies, se dimensionaron de 20 cm de longitud, de aquella zona del rebrote determinada por los tratamientos, debiendo tener características homogéneas respecto a su diámetro y largo. Los cortes se realizaron en bisel en un ángulo de 45° y mientras esto se realizó las estacas se mantuvieron hundidas en agua a temperatura ambiente.

En la selección definitiva de las estacas de las dos especies estudiadas se procuró que tuvieran al menos tres yemas visibles. Sin embargo, producto de la época de cosecha las de *P. boldus* aún no se hinchaban y, por lo tanto, todavía no eran visibles. Por esta razón, se seleccionaron aquellas que tenían una gran cantidad de hojas.

La concentración de la auxina fue preparada de acuerdo a los antecedentes proporcionados por Santelices (1993a). Se diluyó la hormona en unas gotas de alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ al 95%), luego en agua y posteriormente se mezcló con talco inerte. La mezcla se secó en una estufa, manteniendo 24°C al menos durante tres días. Se tomó la precaución para que la temperatura no sobrepasara los 25°C y así evitar la degradación del regulador de crecimiento. Pasado ese lapso se evaporaron el agua y el alcohol, quedando la auxina dispersada homogéneamente en el talco. La concentración equivalente a 0% de ácido indolbutírico fue preparada solamente sobre la base de talco inerte, el cual también fue diluido en alcohol etílico y agua, y luego secado al igual que las demás concentraciones.

Antes de instalar las estacas en las camas de arraigamiento, fueron asperjadas, en forma preventiva, con una solución sobre la base de una mezcla de 30 g del fungicida sistémico de nombre comercial Strepto plus (sulfato de estreptomycin 20 g, oxitetraciclina clorhidrato 3.2 g, inertes c.s.p. 100 g) y 18 g del de contacto llamado 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 solución de ácido indolbutírico en los primeros 2.5 a 3 cm basales, de acuerdo a las concentraciones establecidas. Inmediatamente después, fueron insertadas en las camas calientes de arraigamiento hasta una profundidad de aproximadamente 5 cm.

El sustrato utilizado consistió en aserrín de *Pinus radiata* D. Don. Para eliminar toxinas y hongos, éste fue hervido en agua, al menos durante media hora. Al inicio del ensayo y posteriormente en forma mensual se midió el pH del sustrato, el que se mantuvo en un valor promedio igual a 7.3.

La temperatura de las camas de arraigamiento fue mantenida con resistencias eléctricas colocadas en la base de ellas y reguladas con un termostato. Estas fueron construidas con madera impregnada de pino radiata. En el fondo de las camas se utilizó poliestireno como aislante, recubierto con polietileno, ambos perforados para facilitar el drenaje.

Periódicamente se controló, mediante el uso de termómetros, la temperatura ambiental y de las camas de arraigamiento. Se mantuvo una humedad ambiental alta usando nebulizadores, lo que también sirvió para intentar que la temperatura ambiental no sobrepasara los 30°C. Sin embargo, hubo períodos en que la temperatura máxima exterior fue superior a los 30°C, por lo cual fue difícil mantener dentro del invernadero una inferior a ese valor.

Como medida preventiva se aplicó semanalmente la mezcla de los fungicidas Dithane M-45 y Strepto plus, 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 tapon. 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 de *Q. saponaria* estuvieron en el invernadero cuatro meses y las de *P. boldus* siete meses. Al finalizar estos dos períodos se evaluaron estadísticamente, por medio de análisis de varianza, la sobrevivencia (%), la formación de callo (%), la capacidad de arraigamiento (%) y la producción de raíces, expresada en número de raíces y longitud media de las raíces por estaca. Realizando un análisis de residuos se comprobaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. 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 $y' = \text{are sen } \sqrt{p}$, en donde p es la proporción (Ostle 1992). Después de evaluar el desarrollo de cada experimento, se intentó cultivar las estacas en vivero.

RESULTADOS Y DISCUSION

Q. SAPONARIA. Al analizar la interacción de los factores no se encontraron diferencias significativas, por lo cual fueron analizados en forma separada (cuadros 3 y 4).

CUADRO 3

Efecto del ácido indolbutírico y la posición de la estaca en la copa del árbol en la sobrevivencia y arraigamiento del *Q. saponaria*.

Effect of indolebutyric acid and the region of the tree from which cuttings were collected on survival and rooting of *Q. saponaria*.

Tratamiento	Sobrevivencia (%)	Arraigamiento (%)
Concentración AIB:		
0%	25 a	27 a
0.5%	57 a	45 a
1%	42 a	39 a
2%	17 a	22 a
Posición en el árbol:		
Apical	14 b	19 b
Media	44 ab	40 a
Basal	48 a	41 a

Nota: Valores promedios representados por letras minúsculas distintas, asignadas según la prueba de Tukey, difieren entre sí al nivel de significancia (según ANDEVA) $\alpha = 0.05$.

Se puede propagar fácilmente por estacas el *Q. saponaria*. No se observa un efecto estadísticamente significativo del ácido indolbutírico sobre la sobrevivencia y la capacidad para producir raíces, lográndose como máximo 57 y 45%, respectivamente. Esta proporción de enraizamiento es considerada, de acuerdo a Easley y Lambeth (1989), aceptable.

Aunque no se encontraron diferencias significativas por efecto del regulador de crecimiento sobre la sobrevivencia y el arraigamiento de las estacas de *Q. saponaria*, algunas de las que fueron tratadas con las dosis extremas (0 y 2%), a pesar de inducir la formación de raíces, no fueron capaces de sobrevivir. En consecuencia, sería interesante estudiar con mayor profundidad aquellas concentraciones intermedias. Incluso se observa, aunque estadísticamente no demostrable, una tendencia a aumentar la capacidad de arraigamiento con una mayor concentración de ácido indolbutírico, hasta llegar a un punto máximo, para luego disminuir. Esto también respalda la sugerencia de estudiar las concentraciones intermedias.

Es necesario resaltar que el aceptable porcentaje de arraigamiento fue obtenido con estacas provenientes de árboles de 20 años de edad. Si estos resultados se comparan con los de Mera (1990), quien trabajó con material vegetal de 4 años de edad, pueden considerarse aún más valiosos. En relación a lo mismo, debe recordarse que Wright (1964) señala que por lo general después del quinto año disminuye la capacidad rizogénica para la mayoría de las especies forestales.

Comparativamente los resultados obtenidos en este ensayo son inferiores a los conseguidos por Mera (1990), quien llegó a obtener una tasa máxima de arraigamiento igual a un 66.7%. Para ello cosechó el material vegetal a principios del invierno, utilizó como sustrato arena de río y aplicó ácido indolbutírico al 1% en la base de las estacas. Es probable que esta diferencia sea producto, como ya se mencionó, de la edad del material vegetal. Sin embargo, debería estudiarse más detalladamente el efecto de la época de cosecha, ya que unas estacas fueron colectadas al inicio del invierno y otras al final de este período. Otra diferencia entre ambos estudios está en el tipo de sustrato utilizado.

Por la facilidad y proporción para inducir raíces, no debería ser difícil implementar un método operacional para propagar por estacas a gran escala el *Q. saponaria*. Para ello, además de estudiar más detalladamente la concentración del regula-

dor de crecimiento, se podría evaluar el efecto de la cama caliente de arraigamiento. Si bien es cierto que con su uso en muchos casos se mejoran la capacidad y velocidad para inducir raíces, como lo señala Santelices (1993b) para *Drimys winteri*, el prescindir de ella podría disminuir los costos.

Al evaluar el efecto de la posición de la estaca en la copa del árbol madre se advierte una clara influencia de este factor sobre la sobrevivencia y enraizamiento. Los resultados coinciden con los obtenidos por Ogasawara (1957) para *P. nigra* var. *italica* y con los de Concha y Montaldi (1964) y Reuveni *et al.* (1990) para *E. camaldulensis*. Se obtiene una mejor sobrevivencia y capacidad de arraigamiento al cosechar las estacas de la parte media y baja de la copa del árbol. Al coleccionar las estacas de *Q. saponaria* de la parte alta de la copa también se produce enraizamiento, aunque en menor proporción. Esto último se contrapone al nulo resultado obtenido por Concha y Montaldi (1964) con *E. camaldulensis*.

Como consecuencia de la aplicación de ácido indolbutírico, la formación de callo tuvo un comportamiento errático. En cambio, en la producción de raíces no se observaron diferencias significativas (cuadro 4).

Queda de manifiesto que no todas las estacas que lograron enraizar formaron primero callo. Esto concuerda con lo que sugirieron hace ya mucho tiempo Priestley y Swingle (1929), en relación con que son procesos independientes la formación del callo y raíz, aunque por lo general la inducción de este tejido indiferenciado de células parenquimáticas se produce en forma anterior o simultánea.

La cantidad y longitud de las raíces producidas hacen pensar que las estacas se desarrollarán sin problemas en la posterior etapa de cultivo en el vivero. Además, en este mismo sentido, el aspecto que presentaron después de la evaluación fue el de una planta fuerte y saludable.

P. BOLDUS. La especie *P. boldus* se puede propagar por estacas, aunque con resultados más bien bajos. Al analizar la sobrevivencia y la capacidad de arraigamiento no se observaron diferencias estadísticamente significativas por efecto del ácido indolbutírico (cuadro 5).

A medida que aumentó la concentración del regulador de crecimiento se observó una disminución, estadísticamente no demostrable, en la sobrevivencia de las estacas. En consecuencia, sería necesario estudiar nuevamente el efecto del ácido

CUADRO 4

Efecto del ácido indolbutírico y la posición de la estaca en la copa del árbol en la formación de callo y raíces del *Q. Saponaria*.

Effect of indolebutyric acid and the region of the tree from which cuttings were collected on the production of callus and roots in *Q. saponaria*.

Tratamiento	Formación de callo (%)	Producción de raíces	
		Cantidad (N°)	Longitud (cm)
Concentración AIB:			
0%	23 ab	5.2 a	8.4 a
0.5%	55 a	6.4 a	9.9 a
1%	42 ab	11.3 a	9.2 a
2%	15 b	7.9 a	6.3 a
Posición en el árbol:			
Apical	13 b	6.5 a	6.6 a
Media	43 a	9.6 a	10.2 a
Basal	46 a	7.0 a	7.8 a

Nota: Valores promedios representados por letras minúsculas distintas, asignadas según la prueba de Tukey, difieren entre sí al nivel de significancia (según ANDEVA) $\alpha = 0.05$.

CUADRO 5

Efecto del ácido indolbutírico en la sobrevivencia y arraigamiento de las estacas de *P. boldus*.

Effect of indolebutyric acid on survival and rooting of *P. boldus* cuttings.

Concentración AIB (%)	Sobrevivencia (%)	Arraigamiento (%)
0	53 a	15 a
0.5	38 a	10 a
1	28 a	5 a
2	25 a	15 a

Nota: Valores promedios representados por letras minúsculas distintas, asignadas según la prueba de Tukey, difieren entre sí al nivel de significancia (según ANDEVA) $\alpha = 0.05$.

indolbutírico, sobre todo en concentraciones más bajas. Es posible que entre 0 y 0.5% de AIB se pudieran obtener resultados más satisfactorios. Al evaluar el efecto del regulador de crecimiento en la formación de callo y raíces, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (cuadro 6).

Al igual que en el análisis de la sobrevivencia, se observó una relación inversamente proporcional entre la formación de callo y la concentración del regulador de crecimiento. Además, una alta proporción de las estacas que sobrevivieron formó callo, por lo que se podría esperar, si permanecieran más tiempo en el invernadero, un incremento en el enraizamiento.

La formación de raíces no es abundante, consiguiéndose en promedio no más de 5 por estaca con 3.8 cm de longitud. No obstante, podría ser suficiente para el posterior cultivo de la estaca en el vivero. En esta etapa deberían realizarse labores culturales tendientes a fortalecer el sistema radical, como por ejemplo sobre la base de fertilizaciones con fósforo.

A la vista de los resultados, también sería conveniente profundizar la investigación en concentraciones entre 0 y 0.5% de ácido indolbutírico.

Esto confirmaría la necesidad de ensayar concentraciones medias que, en general y de acuerdo a lo señalado por Primo y Cuñat (1968), son adecuadas para estacas semileñosas como las utilizadas en el ensayo.

CUADRO 6

Efecto del ácido indolbutírico en la formación de callo y raíces en las estacas de *P. boldus*.
Effect of indolebutyric acid in the production of callus and roots in *P. boldus* cuttings.

Concentración de AIB (%)	Formación de callo (%)	Producción de raíces	
		Cantidad (N°)	Longitud (cm)
0	45 a	3.6 a	1.7 a
0.5	33 a	4.9 a	3.8 a
1	15 a	1.8 a	2.0 a
2	18 a	3.8 a	3.6 a

Nota: Valores promedios representados por letras minúsculas distintas, asignadas según la prueba de Tukey, difieren entre sí al nivel de significancia (según ANDEVA) $\alpha = 0.05$.

El *P. boldus* es una especie que sobrepasa largamente el tiempo máximo requerido para la formación de raíces, que en opinión de Wright (1964) es de 12 semanas. Al contrario de lo señalado por este autor, las estacas que sobrevivieron y formaron raíces en general presentaban después de este período un aspecto saludable.

La edad del árbol madre podría ser un factor determinante en la capacidad de arraigamiento del *P. boldus*. Con material vegetal rejuvenecido (rebrotos de tocón) se obtuvo no más de un 15% de arraigamiento, lo que es considerado bajo. En consecuencia, es probable que al trabajar con material adulto se dificulte el enraizamiento, como lo señalan entre otros Hartmann y Kester (1987) y Kozłowski *et al.* (1991).

El sustrato utilizado fue aserrín de *P. radiata* esterilizado con un pH levemente básico que en promedio fue igual a 7.3. Debido a que para algunas especies al aumentar la acidez disminuye la formación de raíces adventicias, Hartmann y Kester (1987) sugieren trabajar en un medio con un pH neutro. Es probable que el *P. boldus* sea muy sensible y al usar otros sustratos menos básicos, como arena por ejemplo, aumente su capacidad rizogénica.

Las estacas utilizadas en el ensayo no tenían yemas pero sí una abundante cantidad de hojas. Esto indicaría la existencia de raíces iniciales preformadas que mencionan Hartmann y Kester (1987).

CONCLUSIONES

Las dos especies estudiadas se pueden propagar por estacas, aunque con diferentes grados de dificultad.

Las estacas de *Q. saponaria* tienen gran facilidad para arraigar y aunque no se aprecia un efecto estadísticamente significativo como consecuencia de la aplicación de ácido indolbutírico, se puede llegar a obtener una tasa máxima igual a un 45% con una concentración de la auxina igual al 0.5%.

En cambio, la posición de la estaca en la copa del árbol sí tiene un marcado efecto sobre la capacidad rizogénica del *Q. saponaria*. Con el material cosechado de las partes medias y bajas de la copa se obtienen los mejores resultados, pudiendo conseguirse de esta última sección un 41%.

Las estacas de *Q. saponaria* que llegan a formar raíces presentan un aspecto saludable y tienen un sistema radical que en promedio puede llegar a tener más de 11 raíces de 9.2 cm de longitud. Esto permite presumir que su posterior cultivo en el vivero debería ser sin complicaciones.

El proceso de formación de callo es independiente al de rizogénesis, pudiendo no presentarse al arraigar estacas de *Q. saponaria*.

El arraigamiento de estacas de *P. boldus* es posible. Sin embargo, tiene un comportamiento muy errático respecto de la influencia ejercida por la aplicación de la auxina ácido indolbutírico. Se puede llegar a obtener una tasa máxima de enraizamiento igual a 15%, incluso sin la aplicación del regulador de crecimiento.

El tiempo necesario para arraigar estacas de *P. boldus* es bastante mayor al requerido para muchas especies forestales.

Por la calidad de las raíces de las estacas arraigadas de *P. boldus*, en términos de cantidad y longitud, es recomendable usar una dosis de alrededor de 0.5%.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BÄRTELS, A. 1988. *Gehölzvermehrung*. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart, Deutschland, 370 p.
- CANAVOS, G. 1992. *Probabilidad y estadística. Aplicaciones y métodos*. McGraw-Hill, Madrid, España, 651 p.
- CONCHA, M., E. MONTALDI. 1964. Enraizamiento de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. IDIA (Argentina) Supl. For. N° 12: 65-72.
- DE VASTEY, J. 1962. Estudios sobre propagación de especies forestales por estacas. Tesis Magíster en Agronomía. IICA, Turrialba, Costa Rica, 67 p.
- EASLEY, D., C. LAMBETH. 1989. Potencial de rebrotamiento y enraizado de las procedencias del *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii*. Cartón de Colombia. Informe de Investigación N° 125, 9 p.
- HARTMANN, H., D. KESTER. 1987. *Propagación de plantas, principios y prácticas*. Ed. Continental, México, 760 p.
- KOZLOWSKI, T., P. KRAMER, S. PALLARDY. 1991. *The physiological ecology of woody plants*. Academic Press, Inc., San Diego, USA, 657 p.
- MERA, E. 1990. Propagación vegetativa en quillay. Tesis Ingeniería Forestal, Universidad de Concepción, Chillán, Chile, 106 p.
- MUÑOZ, M. 1986. Cultivo de embriones y ensayo de germinación en boldo (*Peumus boldus* Mol.). Memoria Ingeniería Forestal, Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Ciencias Forestales, 88 p.
- OGASAWARA, K. 1957. "Studies on cuttings of forest tree. The relationship between the rooting behavior and the region of the tree from which cuttings were collected", *Journal Japanese Forest Society* 28 (8): 297-300.
- OSTLE, B. 1992. *Estadística aplicada*. Decimasegunda reimpresión, Limusa, México, 629 p.
- PRIESTLEY, J., F. SWINGLE. 1929. Vegetative propagation from the standpoint of the plant anatomy. US Department of Agriculture. Technical Bulletin N° 151, 98 p.
- PRIMO, Y., B. CUÑAT. 1968. *Herbicidas y fitoreguladores*. Aguilar, Madrid, España, 300 p.
- REUVENI, O., L. FANGER-VEXELER, D. HETH. 1990. "The effect of rooting environment, kind and source of cuttings on rooting of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. cuttings", *Commonwealth Forestry Review* 69 (2): 181-189.
- SANTELICES, R. 1993a. "Propagación vegetativa de raulí, roble y coigüe a partir de estacas", *Ciencia e Investigación Forestal* 7 (1): 37-48.
- SANTELICES, R. 1993b. Propagación vegetativa del canelo (*Drimys winteri* Forst) a partir de estacas. En: VII jornadas técnicas ecosistemas forestales nativos: uso, manejo y conservación. Instituto Subtropical de Investigaciones Forestales (I.S.I.P.), Universidad Nacional de Misiones, Eldorado, Argentina, pp. 181-189.
- WIBERG, S. 1991. Factores que influyen en la germinación y producción de plantas de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Memoria Ingeniería Forestal, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Silvicultura. Santiago, Chile, 133 p.
- WRIGHT, J. 1964. Mejoramiento genético de los árboles forestales. Estudios de Silvicultura y Productos Forestales N° 16. FAO, 436 p.