

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
Departamento de Silvicultura

ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS EN Pinus radiata D.Don



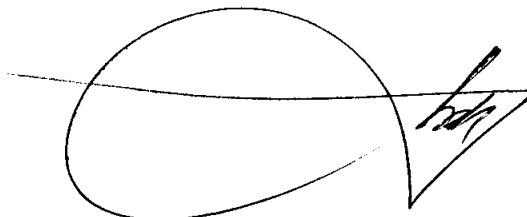
RODRIGO JAVIER OLAVE ROBERT

MEMORIA DE TITULO
PRESENTADA A LA FACULTAD
DE CIENCIAS FORESTALES
DE LA UNIVERSIDAD DE
CONCEPCION PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO
FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE

1996

ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS EN Pinus radiata D.Don



Profesor Asesor

Jorge Cancino Cancino
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal M.Sc.

Director Departamento
de Silvicultura



Miguel Espinosa Bancalari
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal, Ph.D

Decano Facultad de
Ciencias Forestales

Jaime García Sandoval
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal



A Dios

A mi familia

A María José (Pepa)

AGRADECIMIENTOS

A **Forestal Chile S.A.** y en forma especial al Jefe de la Unidad de Genética de esta empresa, Sr. José Ordóñez Montenegro, ya que gracias al apoyo intelectual, técnico y financiero permitieron desarrollar esta investigación.

También deseo manifestar mis agradecimientos al Sr. Jorge Cancino Cancino, Ingeniero Forestal M.Sc., quien con mucha voluntad y dedicación aceptó la responsabilidad de esta tesis y al Sr. Patricio Rojas Vergara, Ingeniero Forestal M. Sc., quien participó como asesor en su primera etapa.

Por último, agradezco a la Familia Cáceres Robert, quienes incondicionalmente me han apoyado en mi formación universitaria y también a Monserrat y Fernando, mis amigos.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS		PAGINA
I	INTRODUCCION.....	1
II	REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1	Antecedentes generales sobre mejoramiento genético forestal.....	3
2.2	Propagación asexual o vegetativa...	4
2.3	Métodos de propagación vegetativa..	6
2.4	Uso de técnicas de propagación vegetativa.....	7
2.5	Proceso de enraizamiento en las estacas.....	8
2.6	Edad fisiológica como factor importante en el enraizamiento.....	9
2.7	Factores que influyen en el proceso de enraizamiento.....	10
III	MATERIALES Y METODOS.....	16
3.1	Ubicación y descripción del lugar de ensayo.....	16

CAPITULOS**PAGINA**

3.1.1	Caracterización edafoclimática del lugar del ensayo.....	16
3.2	Especificaciones del ensayo en el vivero.....	17
3.3	Preparación del sitio del ensayo.....	17
3.4	Instrumental de operación.....	18
3.5	Material utilizado para el ensayo....	18
3.6	Proceso de colección e instalación de estacas.....	19
3.7	Tratamientos culturales aplicados al ensayo.....	22
3.8	Mediciones y variables de evaluación.	23
3.9	Diseño experimental y análisis estadístico.....	25
IV	RESULTADOS Y DISCUSION.....	27
4.1	Efecto general de los cinco factores en la producción final de las plantas.	27
4.1.1	Efecto en la variable altura y diámetro de cuello final de las plantas.	30

CAPITULOS

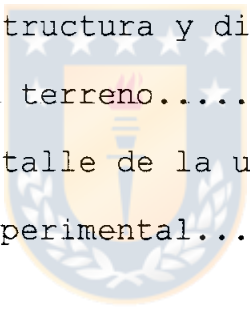
PAGINA

4.1.2	Efecto en la variable grado de enraizamiento de las plantas al final del ensayo.....	33
4.1.3	Efecto en la variable distribución de raíces en el perímetro del corte de las estacas.....	37
4.1.4	Efecto en el rendimiento de biomasa seca y húmeda de las plantas al final del ensayo.....	43
4.2	Efectos sobre los atributos de las plantas.....	45
VI	CONCLUSIONES.....	47
VII	RESUMEN.....	48
	SUMMARY.....	49
VIII	BIBLIOGRAFIA.....	50

CAPITULOS

PAGINA

IX	APENDICE.....	56
	APENDICE 1. Resumen del análisis de varianza para los cinco factores en estudio con sus respectivas variables respuestas.....	57
	APENDICE 2. Programas SAS para el diseño estadístico de parcela sub-sub- sub-sub dividida.....	58
	APENDICE 3. Estructura y diseño del ensayo en terreno.....	60
	APENDICE 4. Detalle de la unidad experimental.....	62



INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Resumen de las probabilidades (Pr > F) del análisis de varianza para las variables altura y diámetro de cuello final de las plantas.....	27
2	Resumen de las probabilidades (Pr > F) del análisis de varianza para la variable grado de enraizamiento.....	28
3	Resumen de las probabilidades (Pr > F) del análisis de varianza para la variable distribución de raíces en el perímetro del corte.....	28
4	Resumen de las probabilidades (Pr > F) del análisis de varianza para la variable distribución de biomasa.....	29
5	Altura (cm) y diámetro de cuello (mm) promedio finales de las plantas para la interacción profundidad * lado * largo...	30

6	Altura (cm) y diámetro de cuello (mm) promedio finales de las plantas, para las interacciones acícula * ángulo * lado, profundidad * ángulo * lado y largo * ángulo * lado.....	32
7	Número de plantas promedio con presencia de callo para la interacción profundidad * lado.....	34
8	Número de plantas promedio con presencia de callo, para la interacción acícula * ángulo * largo.....	35
9	Número de plantas promedio con presencia de raíz escasa para las interacciones profundidad * largo * ángulo * y acícula * largo * ángulo.....	36
10	Número de plantas promedio con presencia de raíz media y abundante para el factor largo de estacas.....	37

11	Número de plantas promedio con distribución de raíces en el perímetro del corte entre 0 y 25% para la interacción acícula * largo * ángulo.....	38
12	Número de plantas promedio con distribución de raíces en el perímetro del corte entre 26 y 50% para los factores ángulo de corte y largo de estacas.....	39
13	Número de plantas promedio con distribución de raíces en el perímetro del corte entre 51 y 75% para las interacciones acícula * largo y acícula * ángulo.....	40
14	Número de plantas promedio con distribución de raíces en el perímetro del corte entre 51 y 75% para la interacción profundidad * ángulo.....	41
15	Número de plantas promedio con distribución de raíces en el perímetro del corte entre 76 y 100% para el factor largo de estacas.....	42

16	Peso húmedo y seco promedio (gr) por planta para las estructuras planta entera (PHP), tallo (PST) y follaje (PSF) para la interacción profundidad * largo.....	44
17	Peso seco promedio radicular (gr) por planta (PSR) para las interacciones profundidad * ángulo y profundidad * lado.....	44
<u>En el apéndice</u>		
1	Resumen del análisis de varianza para los cinco factores en estudio con sus respectivas variables respuestas.....	57



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Efecto del corte con ambos lados de la tijera sobre las estacas.....	14
2	Lado A y B de la tijera con la que se cortaron las estacas.....	19
3	Estacas cortadas en ángulo recto e inclinado.....	20
4	Estacas cortadas en tres diferentes largos..	20
5	Profundidades de enterrado de las estacas...	21
6	Estacas con y sin acículas en la base de ellas.....	21
7	Porcentaje de distribución de raíces en el perímetro del corte al final del ensayo.....	24
8	Grados de enraizamiento obtenidos al final del ensayo.....	25
	<u>En el apéndice</u>	
1	Programa SAS para el diseño estadístico de parcela sub-sub-sub-sub dividida.....	59

3	Estructura y diseño del ensayo en terreno...	60
4	Detalle de la unidad experimental.....	62



I. INTRODUCCION

En Chile, en los últimos años el sector forestal privado ha desarrollado programas intensivos de mejoramiento genético y producción de plantas en especies de rápido crecimiento, especialmente en los géneros **Pinus** y **Eucalyptus**.

Los programas de mejoramiento genético están permitiendo la evolución de la silvicultura tradicional hacia una más especializada, para lo cual se están utilizando técnicas de macropropagación que permiten masificar genotipos selectos y multiplicar material escaso y de alto valor.

El enraizamiento de estacas es actualmente el método de propagación vegetativa más utilizado en la producción de plantas a nivel operacional. En nuestro país, el 5% de las plantaciones exóticas, particularmente Pinus radiata D. Don, provienen de estacas enraizadas (Ordóñez¹, 1995).

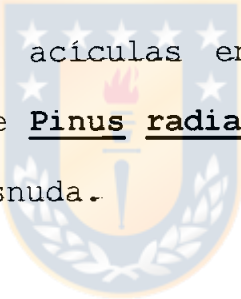
Sin embargo, se requiere perfeccionar las técnicas de propagación con el objeto de obtener plantas cuyas

¹ Comunicación Personal. Ordóñez, J. 1995. Jefe de Unidad de Genética. Forestal Chile S.A.

condiciones fisiológicas y potencial genético superen a lo que se consigue hoy en día.

En este sentido, a partir de antecedentes más empíricos que bibliográficos, se postula que el tratamiento de estacas en la obtención de plantas es fundamental para mejorar la calidad de las mismas.

El presente estudio tiene por objeto evaluar el efecto del largo, profundidad de enterrado, ángulo de corte, tipo de corte y presencia de acículas en las base de estacas provenientes de setos de Pinus radiata D. Don, establecidas para enraizar a raíz desnuda.



II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Antecedentes generales sobre mejoramiento genético forestal

El mejoramiento genético forestal se define como la identificación y desarrollo de poblaciones de especies forestales genéticamente superiores, y el uso de éstas como fuente de semillas u otro material para propagar y establecer poblaciones mejoradas (Cornelius, 1990).

El mejoramiento genético tiene dos objetivos fundamentales, proveer a corto plazo, una buena base genética para futuras plantaciones (Zobel y Talbert, 1984; Shimizu, 1988), de tal forma que se manifieste todo el potencial genético de los genotipos empleados y obtener productos de mejor calidad derivados de estas plantaciones. La propagación por estacas para forestación es una opción atractiva dado que es muy efectiva en relación a esos objetivos. También consigue capturar la varianza genética total, es decir, la varianza aditiva (VGA) y no aditiva (VGNA) (Zobel, 1992).

Es importante destacar en este punto que al emprender un programa de mejoramiento genético hay que reconocer los componentes de varianza genética que interactúan como son la varianza genética aditiva (VGA) y la varianza genética no aditiva (VGNA). La VGNA, a diferencia de la VGA, se refiere a aquella información que no es traspasada a los descendientes por recombinación. A través de la macropropagación o propagación vegetativa es posible traspasar ambos componentes de la varianza genética, por lo cual se puede obtener rápidamente ganancia genética en características fenotípicas con altos componentes de VGNA, como crecimiento o contenido de celulosa entre otros (Rojas, 1988).

2.2 Propagación asexual o vegetativa

La propagación asexual presenta dos modalidades, la apomixis y la propagación vegetativa. La apomixis consiste en la propagación a partir del desarrollo de uno de los gametos (el óvulo) sin fecundación. La propagación vegetativa consiste en la propagación a partir de partes vegetativas bien diferenciadas (Quijada, 1980).

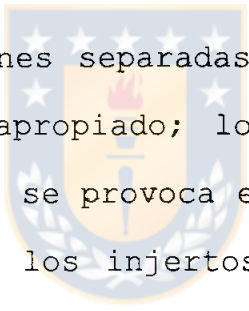
La propagación vegetativa es el procedimiento por el cual el vegetal se multiplica sin que se vea involucrado el proceso de fecundación (Vicente, 1976). Es decir, que la propagación vegetativa se basa en la totipotencia celular, que es la capacidad de construir un organismo completo a partir de unas pocas o incluso una sola célula. Ello se explica porque las especies leñosas tienen primordios radiculares que son acumuladores de tejido meristemático con capacidad de multiplicarse. Los primordios radiculares cambian su posición de acuerdo a la madurez del brote, razón por la cual la raíz adventicia en las estacas se origina a partir del pericelulo, floema o cambium (Grosse et al., 1988).



En la terminología de la propagación vegetativa, existen algunos términos técnicos utilizados relacionados con los diferentes métodos de propagación que se usan regularmente. El árbol donador, aquel del cual se han obtenido los propágulos vegetativos, se denomina ORTET (seto). Los propágulos individuales de un ortet o de otro propágulo del mismo, se conocen como RAMETS (estacas). La totalidad de los propágulos que se originan de un ortet se conocen en conjunto como CLON (Zobel y Talbert, 1988).

2.3 Métodos de propagación vegetativa

La injertación, el enraizamiento de estacas tomadas de diferentes partes de la planta, la formación de plantas desde cultivo de tejidos y los acodos son las cuatro técnicas que pueden ser usadas para la propagación vegetativa (Dormling et al. 1976 y Quijada 1980) , siendo el enraizamiento de estacas el más utilizado para plantaciones operacionales.



Las estacas son secciones separadas del árbol y puestas a enraizar en un medio apropiado; los acodos son secciones del árbol en los cuales se provoca enraizamiento para luego separarlas del mismo y los injertos son plantas obtenidas por soldadura de una parte proveniente del árbol a propagar sobre otro individuo (Quijada, 1980).

Las estacas se obtienen de partes de plantas como tallos, tallos modificados (rizoma, tubérculos, cormos y bulbos), hojas y raíces. Generalmente las más usadas son las estacas de tallo, obteniéndolas de ramas que contienen yemas laterales o terminales (Hartman y Kester, 1992).

2.4 Uso de técnicas de propagación vegetativa

La propagación vegetativa ha sido utilizada exitosamente por largo tiempo en varias especies vegetales como Cryptomeria japónica y Chamaecyparis abusta (Arnol y Gleed 1985; Zobel, 1992).

Con respecto a la propagación vegetativa de las coníferas en la silvicultura, ésta ha sido usada principalmente a pequeña escala en estudios y programas de mejoramiento forestal. Entre los usos de la propagación vegetativa se pueden destacar los siguientes: la preservación de genotipos mediante el uso de bancos clonales, la multiplicación de genotipos convenientes para usos especiales, tales como huertos semilleros o huertos de investigación, la evaluación de los genotipos y su interacción con el ambiente mediante pruebas clonales y la obtención de máxima ganancia genética al utilizarla para regeneración en programas operativos de plantación (Zobel y Talbert, 1984).

2.5 Proceso de enraizamiento en las estacas

El enraizamiento de estacas es una técnica que consiste en cortar la parte apical de la planta (estaca) la que es enraizada en un medio apropiado (Gronross y Von Arnold, 1987).

El enraizamiento por estacas es posible debido a que cada célula vegetativa viviente individual contiene toda la información necesaria para generar una planta completa, similar a la planta de origen (Hartman y Kester, 1981).

La formación del sistema radicular de las estacas presenta generalmente el siguiente orden de fases: callo, primordios radiculares y raíces adventicias. El callo está constituido por una masa de tejido independiente que se desarrolla en las proximidades de la extremidad inferior o base de la estaca. Es el resultado de divisiones sucesivas originadas en el cambium y que constituyen posteriormente los primordios radicales (Wareing y Phillips, 1981).

La formación de raíces adventicias suele ir precedida por una formación de callo, pero no hay relación causa-efecto clara entre estas dos fases (Wright, 1964).

2.6 Edad fisiológica como factor importante en el enraizamiento

El éxito en el enraizamiento depende de la edad de la estaca (Zobel y Talbert, 1988) al igual que su crecimiento (Hartmann y Kester, 1992 ; Fielding 1970). Estacas de árboles jóvenes enraizan más fácilmente (Jacobs, 1939; Sherry, 1942; Mirov, 1944 ; Fielding, 1954, citados por Cameron, 1968). El éxito del enraizamiento puede ser incrementado por el uso de estacas de árboles de semillas en su estado juvenil, previo inicio de la dormancia (Armson et al., 1980).

Libby (1983) e Inglis (1984) demuestran que el potencial de enraizamiento en Pinus strobus y Pinus radiata declina a medida que la edad del ortet aumenta. Los efectos de la maduración en Pinus radiata no son revertidos cuando es propagado vegetativamente, por ésto, la edad de la planta

donante podría tener efectos significativos en el crecimiento y forma de las estacas (Arnold y Gleed, 1985).

Fielding, (1970) menciona que estacas de árboles individuales de Pinus radiata, particularmente aquellos sobre 10 años de edad, exhiben grandes diferencias en la facilidad de enraizamiento; ésto también fue observado por Duffield y Liddicoet (1949), citados por Cameron, (1968) en Pinus attenuata y en Pinus densiflora.

2.7 Factores que influyen en el proceso de enraizamiento

La condición de la estaca y el tiempo o época de recolección son uno de los factores endógenos o fisiológicos más importantes, aparte de la edad de la planta madre (Quijada, 1980). En cuanto a la condición de la estaca, el material vegetal debe ser denso y sano (Faulds, 1982). Además, debe contener gran cantidad de nutrientes para alimentar raíces y ramas hasta que la nueva planta sea autosuficiente (Hartmann y Kester, 1992 y Dormling et al., 1976).

Investigaciones demuestran que aproximadamente el 75% de los fotosintatos son suministrados por el follaje joven recientemente expandido para crecimiento del vástago terminal (Cameron, 1968).

En relación al agua, las estacas para poder sobrevivir y formar raíces deben ser capaces de mantener su balance de agua y surtir nuevamente la pérdida por transpiración, sin embargo, no se sabe cómo se surten de agua las estacas de coníferas (Cameron, 1968).

Cameron (1968) indica que poco o nada de agua pasa a través de la base del corte del vástago o a través del follaje desde el suelo húmedo.

Con respecto a la temperatura Hartmann y Kester (1981) señalan que se debe mantener la base de las estacas a mayor temperatura que la parte aérea. Otra investigación (Cameron y Rook, 1974) indica que estacas establecidas a temperaturas día/noche de $15^{\circ}\text{C}/5^{\circ}\text{C}$ y $20^{\circ}\text{C}/10^{\circ}$ respectivamente, se mantienen más saludables que aquellas a $25^{\circ}\text{C}/15^{\circ}\text{C}$. Por lo tanto, la temperatura del vástago y

probablemente la de la raíz tiene efectos importantes sobre la tasa de enraizamiento y la salud de las estacas.

Por otro lado, la humedad durante la primera semana después de ser plantadas las estacas es usualmente necesaria para promover el desarrollo de callos y raíces (Menzies y Arnott, 1992).

Otro aspecto importante relacionado con la condición de las estacas es la longitud; a mayor longitud se tiene mayor diámetro basal, se espera una planta más alta y una mayor cantidad de acículas desarrolladas en la base del corte (Ordóñez¹, 1995).

Con respecto a las acículas, Jacobs (1959) Fielding (1953) y Thulin (1960) y Faulds (1962), Citados por Cameron, (1968), expresan que las estacas enraízan cuando el follaje queda intacto. Doyama y Totoshima (1965), también citados por Cameron (1968), deshojan la base de las estacas antes del establecimiento sin que ningún efecto adverso llegue a ser aparente. Sin embargo, según Ordóñez¹ (1995), la

¹ Comunicación Personal. Ordóñez, J. 1995. Jefe de Unidad de Genética. Forestal Chile S.A.

presencia de acículas basales influye significativamente en la oxigenación, conservación e inducción del callo.

Se ha observado en forma empírica que además de los factores antes mencionados existen otros que son importantes para lograr un buen enraizamiento de las estacas, como son la profundidad de enterrado de ellas, el lado de la tijera con el que se realiza el corte para obtener estacas desde los setos y el ángulo con el cual se realiza dicho corte (Ordóñez¹, 1995).

La porción de tallo enterrado está estrechamente ligada a la oxigenación, temperatura y humedad del suelo, lo que tendría relación directa con la cantidad de raíces, su micorrización y la altura final de las plantas (Ordóñez¹, 1995).

Ahora con respecto a la posición o lado de la hoja cortante de la tijera, Ordóñez¹ (1995) establece que la sección cortada cuyo plano estuvo en contacto directo con la hoja soportante presenta tejidos presionados y en algunos casos

¹Comunicación Personal. Ordóñez, J. 1995. Jefe de Unidad de Genética. Forestal Chile S.A.

desprendidos que pueden influir negativamente en la calidad de las raíces.

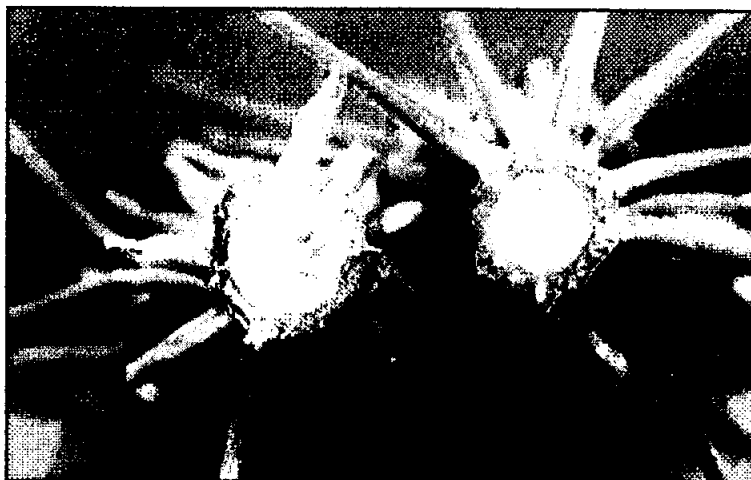


FIGURA 1. Efecto del corte con ambos lados de la tijera sobre las estacas.

No obstante, según George (1993), postula que cuando se dañan los tejidos de las estacas se rompen células quedando en libertad polifenoles los que inhibirían a las enzimas AIA oxidasa, no pudiendo actuar sobre las auxinas que son las hormonas promotoras de la inducción radicular.

Por último, con respecto al ángulo del corte, Ordóñez¹ (1995) señala que las hormonas reguladoras del crecimiento, involucradas en el proceso, se traslocan polarmente, por lo

¹ Comunicación Personal. Ordóñez, J. 1995. Jefe de Unidad de Genética. Forestal Chile S.A.

que la inducción será orientada hacia el punto más extremo del corte si éste tiene inclinación.



III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación y descripción del lugar del ensayo

El ensayo se realizó en el Vivero Las Pataguas de propiedad de Forestal Chile S.A., ubicado 28 Km al noreste de la ciudad de Chillán, en la comuna de Coihueco, provincia de Ñuble, VIII Región

3.1.1 Caracterización edafoclimática del lugar del ensayo

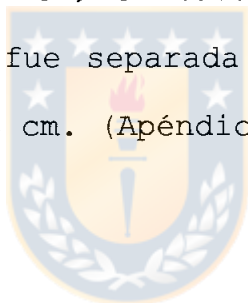
La zona de Coihueco tiene un clima templado húmedo a mediterráneo, con una pluviosidad media anual del orden de 1000 a 1200 mm. Tiene temperaturas que fluctúan entre 25 y 27°C durante el año. Presenta una humedad relativa promedio anual de 60% (Dirección Meteorológica de Chile, Estación Experimental Aeródromo Libertador Bernardo O'Higgins, Chillán).

El suelo donde se ubicó el ensayo corresponde a la serie Coihueco. Estos suelos se caracterizan por ser de posición baja, preferentemente en planos depositacionales o terrazas fluviales recientes; presentan un tipo de textura

moderadamente fina y una fase de buen drenaje (Material didáctico de Suelos N°3, 1979. Universidad de Concepción).

3.2 Especificaciones del ensayo en el vivero

Para el ensayo se utilizaron 100 m² que corresponden a 6 platabandas de 15m de longitud cada una. Las 6 platabandas se dividieron en 144 parcelas de 325 cm², cuyo espacio entre parcelas fue de 7 cm; en cada parcela se ubicaron 56 estacas y cada estaca fue separada entre hileras por 12,5 cm y en la hilera por 6 cm. (Apéndice 3).



3.3 Preparación del sitio del ensayo

Las actividades que se realizaron para preparar el lugar del ensayo fueron: limpiado, rastraje y mullimiento del suelo, para continuar con control de malezas y fertilización para finalizar con la construcción de las platabandas.

3.4 Instrumental de operación

Al comienzo de la operación se ocuparon tijeras (marca SANDVIK Modelo P-10-23), marcadores de profundidad y un bastidor; al final de la operación se utilizó una pesa digital, papel aluminio y un Horno Universal. Un pie de metro y una regla graduada fueron ocupados al comienzo y al final del proceso.

3.5 Material utilizado para el ensayo

Los setos donantes de estacas para el presente estudio fueron originados por semillas de polinización abierta, sembradas en Septiembre de 1992. Este material se colectó de una sola familia, de tal forma de aislar el factor genético como fuente de variación, considerando a la familia de comportamiento promedio en los programas de producción.

3.6 Proceso de colección e instalación de estacas

Las estacas fueron cosechadas en el mes de Agosto de 1994 por solo una persona, para aislar así el factor humano como elemento de variabilidad. Al momento de colectarlas, las estacas se cortaron con tijeras (limpias) ocupando ambos lados (lado A, lado B) (fig. 2); los cortes se realizaron en diferentes ángulos (recto e inclinado) (fig. 3); en el proceso se colectó estacas de tres diferentes largos (8, 10, 12 cm) (fig. 4).

Las estacas recolectadas estaban sanas, con un color verde intenso y con diámetros entre 2,5 y 3 mm. Después de cortadas se depositaron en recipientes plásticos a los cuales se les vertió un volumen de agua para mantenerlas hidratadas.

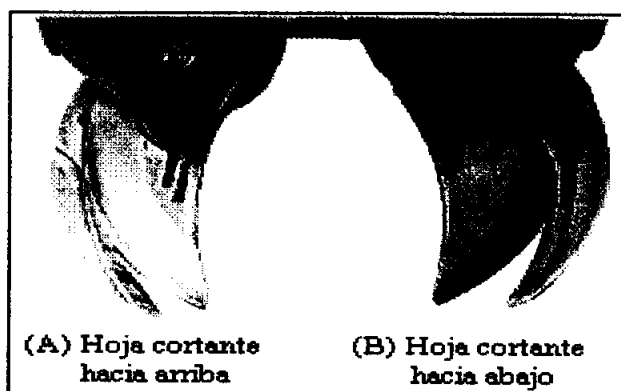


FIGURA 2. Lado A y B de la tijera con la que se cortaron las estacas.

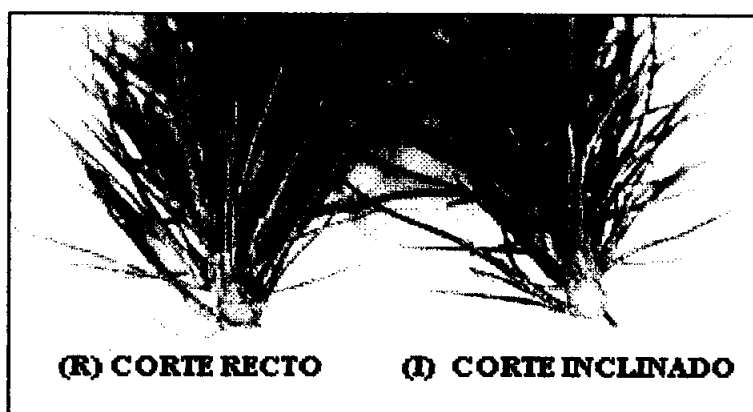


FIGURA 3. Estacas cortadas en ángulo recto e inclinado.

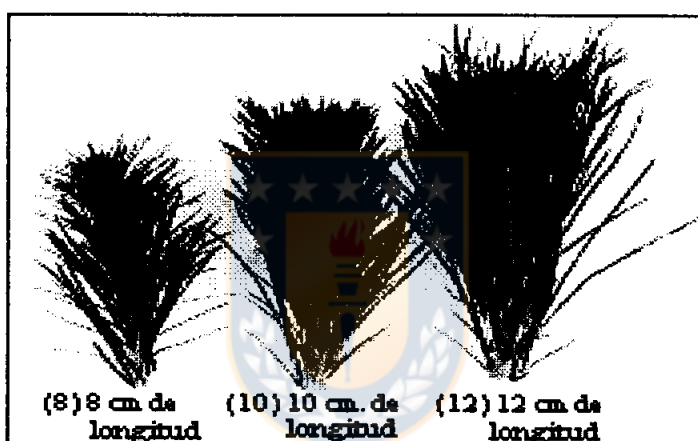


FIGURA 4. Estacas cortadas en tres diferentes largos.

Las estacas permanecieron con agua en el depósito de plástico hasta el momento de la instalación; antes de enterrar las estacas, durante el traslado permanecieron en una solución al 1% de Benomilo (fungicida). Luego se perforó el suelo con marcadores de profundidad (objeto metálico) y las estacas se enterraron a tres profundidades distintas para cada uno de los largos (40, 50 y 60%) (fig.

5); durante este proceso, a la mitad de las estacas se les desprendió manualmente, las acículas de la base (fig. 6). la operación de enterrado se terminaba presionando levemente el suelo que las rodeaba. La marcación de las platabandas se realizó con un bastidor, el cual tenía las dimensiones específicas para los tratamientos del ensayo.

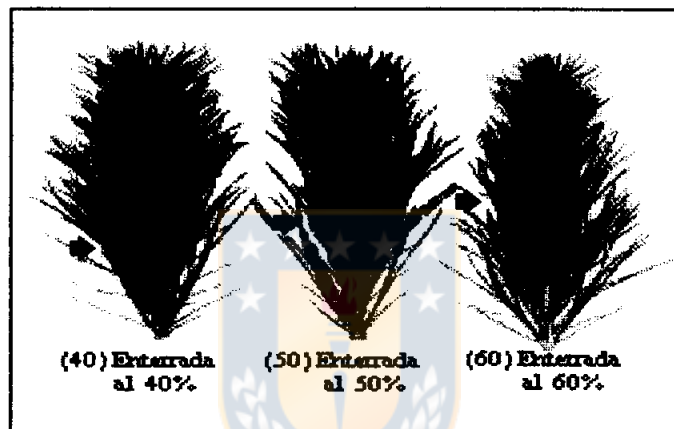


FIGURA 5. Profundidades de enterrado de las estacas.

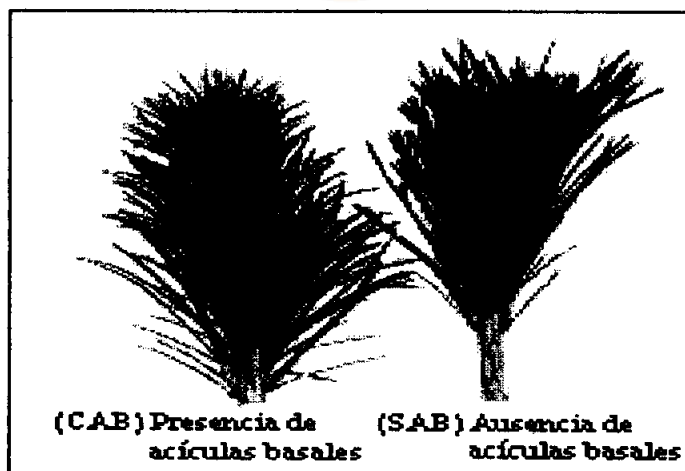


FIGURA 6. Estacas con y sin acículas en la base de ellas.

Así se generaron 72 tratamientos, correspondientes a una combinación de 5 factores: lado de la tijera (lado A, lado B), ángulo de corte (recto e inclinado), largo de las estacas (8, 10 y 12 cm), profundidad de enterrado (40, 50 y 60%) y presencia de acículas en la base de éstas (con y sin acículas). El ensayo se mantuvo en el lugar desde el 2 de Agosto de 1994 hasta el 20 de Julio de 1995.

3.7 Tratamientos culturales aplicados al ensayo

Después de instalado el ensayo se cubrió con malla Rashell, con el objeto de proteger al cultivo de las bajas temperaturas que provocan descalces en el vivero Las Pataguas.

Inmediatamente después de la instalación de las estacas en el suelo, se inició el riego del ensayo. Entre los meses de Agosto a Diciembre se incorporaron $3,5 \text{ l/m}^2$ 6 veces al día, y desde Enero a Abril se incorporaron $4,5 \text{ l/m}^2$ 2 veces al día, cada dos días.

La fertilización correspondió a la operacional de la empresa. Lo mismo ocurrió con el control de malezas y control sanitario.

En cuanto al manejo de raíces de las estacas, se realizó un descalce y una poda lateral.

3.8 Mediciones y variables de evaluación

Para efectos de evaluación se procedió a escoger en forma sistemática 12 plantas del total de 56 por cada unidad experimental involucrada en el ensayo (Apéndice 4).

Las variables que se evaluaron al final del período de ensayo fueron: a) Altura: se midió en cada estaca desde el nivel del suelo (cuello) hasta el ápice con aproximación al centímetro; b) Diámetro de cuello: se midió con aproximación de 0,5 mm; c) Distribución de raíces en el perímetro del corte: esta variable se evaluó de acuerdo a la calidad de las raíces considerando cuatro categorías: 0 - 25% ; 26 - 50% ; 51 - 75% ; 76 - 100% (Fig. 7); d) Grado de enraizamiento: se evaluó de acuerdo a la calidad de las raíces, originando cuatro categorías: planta con

callo, planta con raíz escasa, planta con raíz media y planta con raíz abundante (Fig. 8); e) Peso húmedo: para esta variable, sólo se determinó el peso de la planta entera; f) Peso seco: para esta variable se procedió a tomar las secciones raíz, tallo y follaje y se determinaron sus pesos secos a 105°C por 24 horas.

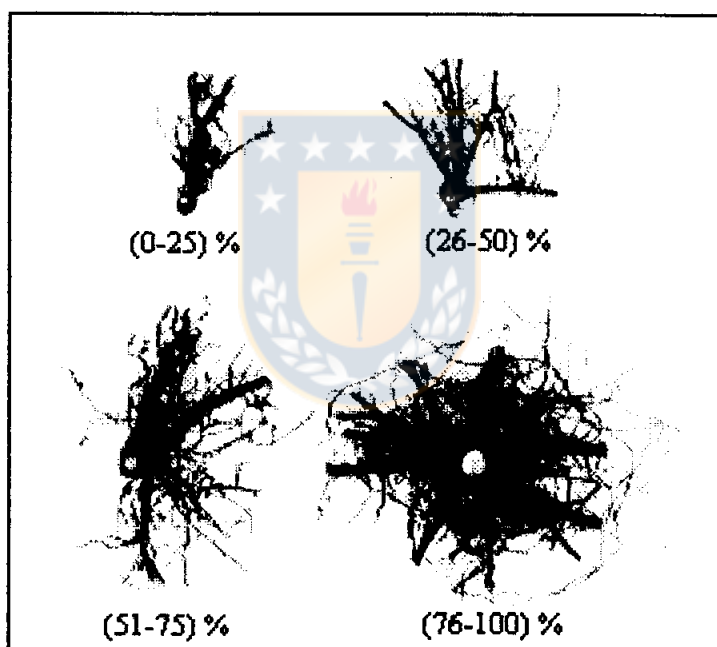


FIGURA 7. Porcentaje de distribución de raíces en el perímetro del corte al final del ensayo.

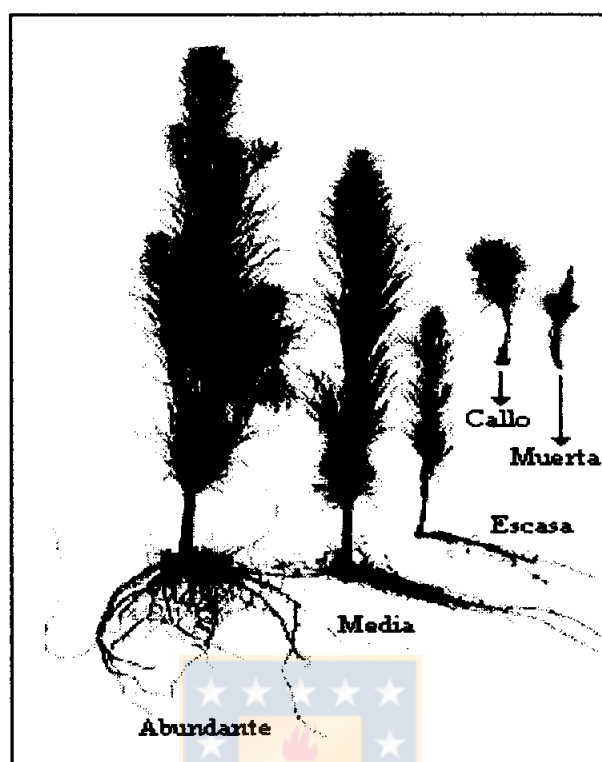


FIGURA 8. Grados de enraizamiento obtenidos al final del ensayo.

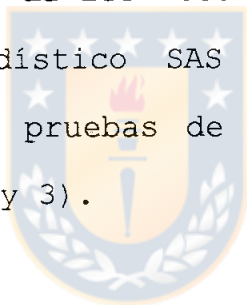
3.9 Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue factorial con parcelas sub-sub-sub divididas establecidas en bloques completamente al azar. La parcela mayor correspondió a dos tipos de estacas: con acículas y sin acículas en la base; la sub parcela correspondió a tres profundidades distintas para cada uno de los largos; la sub-sub parcela correspondió a tres tipos

de largo de estacas; la sub-sub-sub parcela correspondió a cortar estacas en dos distintos ángulos; y la sub-sub-sub-sub parcela correspondió a cortar las estacas con el lado A y B de la tijera.

Cada tratamiento tuvo 2 repeticiones, con unidades experimentales de 56 estacas cada una (Ostle, 1985; Steel y Torrie, 1985).

El análisis estadístico de los resultados obtenidos se hizo con el software estadístico SAS versión 6.04 mediante análisis de varianza y pruebas de comparaciones múltiples de Duncan (Apéndices 2 y 3).



IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Efecto general de los cinco factores en la producción final de las plantas

El efecto de cada uno de los factores en estudio y sus respectivas interacciones en las variables respuestas (Apéndice 1), se presenta en las Tablas 1, 2, 3 y 4. Estas Tablas presentan en forma resumida el análisis de varianza, considerando sólo aquellos factores o interacciones significativos.



TABLA 1. RESUMEN DE LAS PROBABILIDADES (PR > F) DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA LAS VARIABLES ALTURA Y DIAMETRO DE CUELLO FINAL DE LAS PLANTAS.

FUENTE DE VARIACIÓN	gl	ALTURA	DIÁMETRO DE CUELLO
LG	2	0,0001*	0,0001*
PR*LG	4	0,0324*	0,0144*
AN*LD	1	0,3528	0,0032*
PR*LG*LD	4	0,0348*	0,0115*
AC*AN*LD	1	0,2699	0,0494*
PR*AN*LD	2	0,0094*	0,0085*
LG*AN*LD	2	0,4311	0,0062*

*Pr < 0,05; LG= Largo; PR= Profundidad; AC= Acícula; AN= Angulo y LD= Lado.

TABLA 2. RESUMEN DE LAS PROBABILIDADES (PR > F) DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE GRADO DE ENRAIZAMIENTO.

FUENTE DE VARIACIÓN	gl	CALLO	RAIZ ESCASA	RAIZ MEDIA	RAIZ ABUNDANTE
LG	2	0,4793	0,0694	0,0038*	0,0004*
AN	1	0,0044*	0,9999	0,9639	0,2780
LG*AN	2	0,4657	0,0181*	0,6061	0,8127
AC*LG*AN	2	0,0364*	0,0111*	0,5173	0,9824
PR*LG*AN	4	0,0619	0,0267*	0,8506	0,4388
PR*LD	2	0,0488*	0,4791	0,1752	0,8851

*Pr < 0,05; LG= Largo; AN= Angulo; AC= Acícula; PR= Profundidad y LD= Lado.

TABLA 3. RESUMEN DE LAS PROBABILIDADES (PR > F) DEL ANALISIS VARIANZA PARA LA VARIABLE DISTRIBUCION DE RAICES EN EL PERIMETRO DEL CORTE.

FUENTE DE VARIACIÓN	gl	0-25%	26-50%	51-75%	76-100%
LG	2	0,5156	0,0451*	0,0142*	0,0017*
AC*LG	4	0,8469	0,4302	0,0370*	0,4894
AN	1	0,0097*	0,0147*	0,6101	0,8601
AC*AN	2	0,4245	0,0960	0,0274*	0,2481
PR *AN	2	0,4229	0,9819	0,0155*	0,1388
AC*LG*AN	2	0,0086*	0,9699	0,6716	0,7545

*Pr < 0,05; LG= Largo; AC= Acícula; AN= Angulo y PR= Profundidad.

TABLA 4. RESUMEN DE LAS PROBABILIDADES (PR > F) DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DISTRIBUCION DE BIOMASA.

FUENTE DE VARIACIÓN	gl	PESO HUMEDO PLANTA	PESO SECO TALLO	PESO SECO RAIZ	PESO SECO FOLLAJE
LG	2	0,0001*	0,0001*	0,0088*	0,0001*
PR*LG	4	0,0292*	0,0031*	0,1117	0,0060*
PR*AN	2	0,6341	0,2184	0,0426*	0,4221
PR*LD	2	0,9501	0,8391	0,0391*	0,7636

*Pr < 0,05; LG= Largo; PR= Profundidad; AN= Angulo y LD= Lado.

Se puede apreciar en las Tablas 1, 2, 3 y 4 que en más del 50% de las fuentes de variación asociadas a las variables respuestas existió diferencias estadísticamente significativas; el factor largo de estacas, fue el que con mayor frecuencia presentó valores estadísticamente significativos ya sea como factor individual o interactuando con otros. Como se observa en las Tablas 1, 2, 3, y 4 existe interacción significativa entre algunos de los factores en análisis; luego lo que corresponde, es analizar cada factor en cada nivel del otro involucrado. En ello, se usó la prueba de Duncan.

4.1.1 Efecto en la variable altura y diámetro de cuello final de las plantas. En la Tabla 5, se analiza la interacción profundidad * largo * lado (PR * LG * LD), en tanto que en la Tabla 6 las interacciones, acícula * ángulo * lado (AC * AN * LD); profundidad * ángulo * lado (PR * AN * LD); y largo * ángulo * lado (LG * AN * LD).

TABLA 5. ALTURA (cm) Y DIAMETRO DE CUELLO (mm) PROMEDIO FINALES DE LAS PLANTAS PARA LA INTERACCION PROFUNDIDAD * LARGO * LADO

	(PR) PROFUNDIDAD 40%		(PR) PROFUNDIDAD 50%		(PR) PROFUNDIDAD 60%	
	(LD)LADO A	(LD)LADO B	(LD)LADO A	(LD)LADO B	(LD)LADO A	(LD)LADO B
(LG) LARGO 12cm	6.083 mm $x^1(x)^2x^3$ 31.17 cm $x^1(x)^2x^3$	5.941 mm $x^1(x)^2x^3$ 30.05 cm $x^1(x)^2x^3$	5.546 mm $x^1(x)^2x^3$ 30.04 cm $x^1(x)^2x^3$	5.487 mm $x^1(x)^2x^3$ 28.91 cm $x^1(x)^2x^3$	6.160 mm $x^1(x)^2x^3$ 30.84 cm $x^1(x)^2x^3$	6.360 mm $x^1(x)^2x^3$ 33.53 cm $x^1(x)^2x^3$
(LG) LARGO 10cm	5.252 mm $x^1(xy)^2x^3$ 23.07 cm $x^1(y)^2x^3$	5.693 mm $x^1(x)^2x^3$ 26.02 cm $x^1(x)^2x^3$	5.470 mm $x^1(x)^2x^3$ 23.89 cm $x^1(y)^2x^3$	5.573 mm $x^1(x)^2x^3$ 25.51 cm $x^1(xy)^2x^3$	5.530 mm $x^1(x)^2x^3$ 25.13 cm $x^1(x)^2x^3$	5.253 mm $x^1(y)^2x^3$ 24.09 cm $x^1(y)^2x^3$
(LG) LARGO 8cm	4.943 mm $x^1(y)^2x^3$ 19.21 cm $xy^1(y)^2x^3$	5.052 mm $x^1(x)^2x^3$ 19.20 cm $x^1(y)^2x^3$	5.150 mm $x^1(x)^2x^3$ 21.68 cm $x^1(y)^2x^3$	5.161 mm $x^1(x)^2x^3$ 21.11 cm $x^1(y)^2x^3$	4.110 mm $x^1(y)^2x^3$ 14.98 cm $y^1(y)^2x^3$	4.094 mm $x^1(z)^2x^3$ 13.88 cm $y^1(z)^2x^3$

¹: Compara PR, dado LG y LD; ²: Compara LG, dado PR y LD; ³: Compara LD, dado PR y LG; Letras diferentes indican diferencia significativa (Pr < 0.05).

Las estacas que responden mejor, en cuanto a altura y diámetro de cuello final de las plantas, son las de 12 cm

de largo y enterrándolas por sobre el 50% de su largo; con ésto se comprueba lo descrito por Ordóñez¹ (1995), quien postula que al cortar estacas de mayor longitud, se esperan plantas de mayor altura final, y tienen una mayor cantidad de acículas desarrolladas en la base del corte lo que las ayuda en los procesos de iniciación y elongación radicular.

El efecto del lado de la tijera es poco evidente (Tablas 5 y 6), ya que no se observan valores estadísticamente significativos.

A partir de la Tabla 6 se pueden hacer tres observaciones generales. En primer lugar, que al obtener estacas de 12 cm de largo, se obtendrán diámetros de cuello mayores. En segundo lugar, tomando en cuenta que los valores de altura y diámetro de cuello son valores absolutos, se aprecia que al cortar estacas en ángulo inclinado y con el lado B de la tijera y no observándose diferencias significativas en cuanto a profundidad de enterrado, se tendrán plantas de mayor altura y diámetro de cuello final.

¹ Comunicación Personal. Ordóñez, J. 1995. Jefe de Unidad de Genética. Forestal Chile S.A.

TABLA 6. ALTURA (cm) Y DIAMETRO DE CUELLO (mm) PROMEDIO FINALES DE LAS PLANTAS, PARA LAS INTERACCIONES ACICULA * ANGULO * LADO, PROFUNDIDAD * ANGULO * LADO Y LARGO * ANGULO * LADO.

	(AN) ANGULO RECTO		(AN) ANGULO INCLINADO	
	(LD) LADO A	(LD) LADO B	(LD) LADO A	(LD) LADO B
(LG) LARGO 12 cm	6.18 mm $X^1(X)^2X^3$	5.79 mm $X^1(X)^2X^3$	5.67 mm $X^1(X)^2X^3$	6.06 mm $X^1(X)^2X^3$
(LG) LARGO 10 cm	5.43 mm $X^1(X)^2Y^3$	5.39 mm $X^1(X)^2XY^3$	4.40 mm $X^1(X)^2XY^3$	5.56 mm $X^1(X)^2X^3$
(LG) LARGO 8 cm	4.82 mm $X^1(X)^2Z^3$	4.86 mm $X^1(X)^2X^3$	4.64 mm $X^1(X)^2Y^3$	4.61 mm $X^1(X)^2Y^3$
(PR) PROFUNDIDAD 40%	23.39 cm $X^1(X)^2X^3$	25.44 cm $X^1(X)^2X^3$	25.58 cm $X^1(X)^2X^3$	24.74 cm $X^1(X)^2X^3$
(PR) PROFUNDIDAD 50%	5.37 mm $X^1(X)^2X^3$	5.76 mm $X^1(X)^2X^3$	5.47 mm $X^1(X)^2X^3$	5.54 mm $X^1(X)^2X^3$
	25.49 cm $X^1(X)^2X^3$	23.01 cm $X^1(Y)^2X^3$	25.01 cm $X^1(X)^2X^3$	27.29 cm $X^1(X)^2X^3$
(PR) PROFUNDIDAD 60%	5.45 mm $X^1(X)^2X^3$	5.11 mm $X^1(Y)^2X^3$	5.31 mm $X^1(X)^2X^3$	5.60 mm $X^1(X)^2X^3$
	24.47 cm $X^1(X)^2X^3$	24.21 cm $X^1(X)^2X^3$	23.01 cm $X^1(X)^2X^3$	23.50 cm $X^1(X)^2X^3$
(AC) CON ACICULA	5.49 mm $X^1(X)^2X^3$	5.42 mm $X^1(X)^2X^3$	5.53 mm $X^1(X)^2X^3$	5.60 mm $X^1(X)^2X^3$
(AC) SIN ACICULA	5.47 mm $X^1(X)^2X^3$	5.28 mm $X^1(X)^2X^3$	4.93 mm $X^1(X)^2X^3$	5.22 mm $X^1(X)^2X^3$

¹:Compara AN dado LG y LD, compara PR dado AN y LD y compara AC dado AN y LD.

²:Compara LD dado LG y AN, compara AN dado PR y LD y compara AN dado AC y LD.

³:Compara LG dado AN y LD, compara LD dado PR y AN y compara LD dado AC y AN.
Letras diferentes indican diferencias significativas (Pr < 0.05).

Este fenómeno según Tapia² (1996) se explicaría debido a que al realizar un corte inclinado vá a significar una mayor superficie en la base del corte , lo que implicaría

² Comunicación personal. Tapia, M. 1996. Dra. Horticultura y Forestal. Profesora Asistente. Universidad de Concepción

una mayor activación de puntos para la producción de raíces adventicias, y por otro lado, al provocar un daño en el tejido por efecto de un corte (lado B de la tijera) existiría un pequeño aumento de la producción de etileno, lo que estimularía la división celular por lo que las plantas podrían tener un mejor desarrollo (George, 1993).

En tercer lugar, se aprecian diámetros de cuello similares al interactuar el ángulo de corte, con el lado de la tijera y presencia o ausencia de acículas en la base del corte.

4.1.2 Efecto en la variable grado de enraizamiento de las plantas al final del ensayo. En la Tabla 2, se aprecia que existe interacción entre algunos de los niveles del grado de enraizamiento. Estas interacciones se analizan en las Tablas 7 a 10, para las variables categorizadas como callo, raíz escasa, raíz media y raíz abundante.

En la Tabla 7, se analiza la variable callo en la interacción profundidad * lado (PR * LD; Tabla 2) en el número de plantas con callo. En ella, se observa que al cortar estacas con el lado A de la tijera y enterrarlas al 50% del largo, se obtendrán plantas sin presencia de callo, al final del período de viverización.

TABLA 7. NUMERO DE PLANTAS PROMEDIO CON PRESENCIA DE CALLO PARA LA INTERACCION PROFUNDIDAD * LADO

	(PR) PROFUNDIDAD 40%	(PR) PROFUNDIDAD 50%	(PR) PROFUNDIDAD 60%
(LD) LADO A	0.2916 $x^1(x)^2$	0.0000 $x^1(y)^2$	0.3600 $x^1(x)^2$
(LD) LADO B	0.1666 $x^1(x)^2$	0.2277 $y^1(x)^2$	0.1153 $x^1(x)^2$

¹: Compara PR dado LD; ²:compara LD dado PR y letras diferentes indican diferencia significativa (Pr < 0.05)

En la Tabla 8, se analiza la interacción acícula * largo * ángulo (AC * LG * AN; Tabla 2). Allí se visualiza que al cortar estacas en ángulo recto de 10 cm de largo y dejándolas sin acículas en la base, en donde este último actúa como factor de comparación, se obtendrá un número diferente de plantas con este tipo de estructura radicular. El grado de enraizamiento es determinado por la interacción entre el largo de estacas, presencia de acículas y ángulo con el cual se realiza el corte, los cuales actúan sinérgicamente ya que no se aprecian diferencias al comparar los factores y niveles de cada factor.

TABLA 8. NUMERO DE PLANTAS PROMEDIO CON PRESENCIA DE CALLO, PARA LA INTERACCION ACICULA * ANGULO * LARGO.

	(AC) CON ACICULA		(AC) SIN ACICULA	
	ANGULO RECTO (AN)	ANGULO INCLINADO (AN)	ANGULO RECTO (AN)	ANGULO INCLINADO (AN)
(LG) LARGO 12 cm	0.5833 $X^1(X)^2X^3$	0.0000 $X^1(X)^2X^3$	0.1666 $X^1(X)^2X^3$	0.0833 $X^1(X)^2X^3$
(LG) LARGO 10 cm	0.3333 $X^1(X)^2X^3$	0.0000 $X^1(X)^2X^3$	0.0833 $Y^1(X)^2X^3$	0.0000 $X^1(X)^2X^3$
(LG) LARGO 8 cm	0.2500 $X^1(X)^2X^3$	0.3333 $X^1(X)^2X^3$	0.4166 $X^1(X)^2X^3$	0.0833 $X^1(X)^2X^3$

¹:Compara AC dado LG y AN; ²:compara LG dado AC y AN; ³:compara AN dado AC y AL; y letras diferentes indican diferencias significativas (Pr < 0.05).

En la presencia de raíz escasa hay dos interacciones de tres factores (Tabla 2), las que se analizan en la Tabla 9. En ésta sólo se puede decir que al obtener estacas de 12 cm de largo; cortándolas en un ángulo recto y a menor profundidad de enterrado respecto del largo, se obtiene mayor número de plantas con escasa raíz. La opción de enterrar las estacas 60% parece ser la más atractiva. Según Davis et al. (1993), a medida que la porción del tallo se sumerge más en el suelo, en donde hay menor cantidad de luz, induciría a la actividad de algunas enzimas que ayudarían a que se activen hormonas como las auxinas que estimulan el enraizamiento. También se observa que al interactuar los factores largo de estacas, ángulo de corte

y con y sin acículas en la base, no se presentan diferencias al comparar uno u otro factor con los demás, esto indicaría que estos factores estarían actuando en forma sinérgica.

TABLA 9. NUMERO DE PLANTAS PROMEDIO CON PRESENCIA DE RAIZ ESCASA PARA LAS INTERACCIONES PROFUNDIDAD * LARGO * ANGULO Y ACICULA * LARGO * ANGULO.

	(AN) ANGULO RECTO			(AN) ANGULO INCLINADO		
	(LG) LARGO 12cm	(LG) LARGO 10cm	(LG) LARGO 8cm	(LG) LARGO 12cm	(LG) LARGO 10cm	(LG) LARGO 8cm
(PR) PROFUNDIDAD 40%	4.723 $x^1(y)^2x^3$	3.375 $x^1(x)^2x^3$	3.375 $x^1(y)^2x^3$	3.000 $x^1(x)^2x^3$	3.375 $x^1(x)^2x^3$	2.250 $x^1(x)^2x^3$
(PR) PROFUNDIDAD 50%	4.750 $x^1(x)^2x^3$	4.857 $x^1(x)^2x^3$	4.250 $x^1(x)^2x^3$	4.375 $x^1(x)^2x^3$	4.000 $x^1(x)^2x^3$	4.125 $x^1(x)^2x^3$
(PR) PROFUNDIDAD 60%	2.625 $y^1(x)^2x^3$	3.667 $x^1(x)^2x^3$	5.000 $x^1(x)^2x^3$	3.250 $x^1(x)^2x^3$	5.200 $x^1(x)^2x^3$	3.750 $x^1(x)^2x^3$
(AC) CON ACICULA	3.083 $x^1(x)^2x^3$	3.500 $x^1(x)^2x^3$	3.750 $x^1(x)^2x^3$	2.750 $x^1(x)^2x^3$	3.583 $x^1(x)^2x^3$	3.750 $x^1(x)^2x^3$
(AC) SIN ACICULA	3.091 $x^1(x)^2x^3$	4.750 $x^1(x)^2x^3$	3.500 $x^1(x)^2x^3$	3.500 $x^1(x)^2x^3$	5.000 $x^1(x)^2x^3$	3.830 $x^1(x)^2x^3$

¹:Compara AC dado LG y AN; ²:compara LG dado AC y AN; ³:compara AN dado AC y LG; y letras diferentes indican diferencias significativas (Pr < 0.05).

En la obtención de raíz media y abundante, sólo influye el largo de la estaca (Tabla 2). En la Tabla 10 se presentan los resultados de la prueba de Duncan.

La cantidad de plantas que presenta cantidad de raíz media y abundante sólo es determinada por el largo de estacas; a

medida que aumenta la longitud de las estacas, aumenta el número de plantas con raíz media y abundante.

TABLA 10. NUMERO DE PLANTAS PROMEDIO CON PRESENCIA DE RAIZ MEDIA Y ABUNDANTE PARA EL FACTOR LARGO DE ESTACAS.

(LG) LARGO (cm)	GRADO DE ENRAIZAMIENTO MEDIA	GRADO DE ENRAIZAMIENTO ABUNDANTE
12	5.6092 x ¹	2.3750 x ¹
10	4.9583 x ¹	1.3950 y ¹
8	3.4792 y ¹	0.6250 z ¹

¹:compara los distintos niveles del factor largo de estacas; letras distintas indican diferencia significativa (Pr < 0.05).

Estacas de mayor longitud generan mayor cantidad de raíces ya que dispondrían de más carbohidratos y nutrientes de reserva para los procesos de iniciación y elongación radicular (Davis et al., 1993).

4.1.3 Efecto en la variable distribución de raíces en el perímetro del corte de las estacas. La distribución de raíces en el perímetro del corte es determinada por la interacción de dos o tres factores (Tabla 3). El análisis de esas interacciones se presenta en las Tablas 11 a 15.

En la Tabla 11 se observa el efecto en la formación de raíces entre 0 y 25% del perímetro del corte. Sobre esta variable existe interacción profundidad * largo * ángulo (PR * LG * AN; Tabla 3).

TABLA 11. NUMERO DE PLANTAS PROMEDIO CON DISTRIBUCION DE RAICES EN EL PERIMETRO DEL CORTE ENTRE 0 Y 25% PARA LA INTERACCION ACICULA * LARGO * ANGULO

	(AC) CON ACICULA		(AC) SIN ACICULA	
	(AN) ANGULO RECTO	(AN) ANGULO INCLINADO	(AN) ANGULO RECTO	(AN) ANGULO INCLINADO
(LG) LARGO 12cm	2.6666 $x^1x^2x^3$	1.5000 $x^1x^2x^3$	3.0000 $x^1x^2x^3$	2.3333 $x^1x^2x^3$
(LG) LARGO 10cm	2.8333 $x^1x^2x^3$	2.2500 $x^1x^2x^3$	2.6666 $x^1x^2x^3$	3.0000 $x^1x^2x^3$
(LG) LARGO 8cm	2.0000 $x^1x^2x^3$	2.3333 $x^1x^2x^3$	4.08332 $x^1x^2x^3$	1.8333 $x^1x^2x^3$

¹:Compara AC dado LG y AN; ²:compara LG dado AC y AN; ³:compara AN dado AC y LG; y letras diferentes indican diferencia significativa (Pr < 0.05).

En la Tabla 11 se observa que al comparar los factores y niveles de cada factor no hay diferencias significativas, por lo que se debe pensar que los factores que están interactuando significativamente lo hacen sinérgicamente sobre la distribución de raíces por sobre el perímetro del corte.

Ahora, al analizar el efecto en la formación de raíces entre 26% y 50% del perímetro del corte, se observa que

hubo interacciones para el ángulo de corte y largo de las estacas (Tabla 3).

TABLA 12. NUMERO DE PLANTAS PROMEDIO CON DISTRIBUCION DE RAICES EN EL PERIMETRO DEL CORTE ENTRE UN 26 Y 50% PARA LOS FACTORES ANGULO DE CORTE Y LARGO DE ESTACAS.

DISTRIBUCION DE RAICES ENTRE 26-50%				
(AN) ANGULO		(LG) LARGO		
RECTO	INCLINADO	12 cm	10 cm	8 cm
4.430 x ¹	3.7917 y ¹	4.3542 xy ¹	4.50 x ¹	3.4792 y ¹

¹: Compara niveles del factor ángulo y compara niveles del factor largo, y letras diferentes indican diferencia significativa (Pr < 0.05).

La Tabla 12 muestra que se obtiene mayor número de plantas con distribución de raíces entre un 26 y 50% por sobre el perímetro del corte, si éste se hace en ángulo recto. Con respecto al largo se observa que se obtiene mayor número de plantas con esta distribución, con estacas de 10 y 12 cm de largo.

Con respecto al efecto en la formación de raíces entre 51 y 75% del perímetro del corte, la Tabla 3 muestra que existe interacción en acícula * largo, acícula * ángulo y ángulo * profundidad.

TABLA 13. NUMERO DE PLANTAS PROMEDIO CON DISTRIBUCION DE RAICES EN EL PERIMETRO DEL CORTE ENTRE UN 51 Y 75% PARA LAS INTERACCIONES ACICULA * LARGO Y ACICULA * ANGULO

	(AC) CON ACICULA	(AC) SIN ACICULA
(LG) LARGO 12 cm	2.7916 $x^1(x)^2$	3.1666 $x^1(x)^2$
(LG) LARGO 10 cm	2.5000 $x^1(x)^2$	2.1666 $x^1y(x)^2$
(LG) LARGO 8 cm	2.6250 $x^1(x)^2$	1.0416 $y^1(x)^2$
(AN) ANGULO RECTO	2.5000 $x^1(x)^2$	2.3055 $x^1(x)^2$
(AN) ANGULO INCLINADO	2.7777 $x^1(x)^2$	1.9444 $x^1(x)^2$

¹: Compara LG dado AC, y compara AN dado AC; ²:compara AC dado LG, y compara AC dado AN; y letras distintas indican diferencia significativa (Pr < 0.05).

De los valores de la Tabla 13 se desprende que utilizando estacas de 12 cm de largo y dejándolas sin acículas en la base, se obtendrá mayor número de plantas con distribución de raíces entre 51 y 75% en el perímetro del corte. La extracción de las acículas basales podría estar influyendo en generar una menor categoría de estructura radicular como la presentada en la Tabla 13, ya que la presencia de yemas y hojas en las estacas influye positivamente en el enraizamiento; varios factores de inducción del enraizamiento, tales como co-factores (sustancias fenólicas) actuarían sinérgicamente con las auxinas contribuyendo a un mayor enraizamiento (Davis et al., 1993). Por otro lado, al combinar los factores tipo de ángulo del corte con presencia o ausencia de acículas en la

base de las estacas, sólo se puede decir que estarían actuando en forma conjunta en la generación de estas estructuras radicales ya que al comparar cada uno de los factores dado el otro factor involucrado en la interacción no existió diferencia significativa.

TABLA 14. NUMERO DE PLANTAS PROMEDIO CON DISTRIBUCION DE RAICES EN EL PERIMETRO DEL CORTE ENTRE UN 51 Y 75% PARA LA INTERACCION PROFUNDIDAD * ANGULO

	(AN) ANGULO RECTO	(AN) ANGULO INCLINADO
(PR) PROFUNDIDAD 40%	2.6666 x ¹ (X) ²	3.2083 x ¹ (X) ²
(PR) PROFUNDIDAD 50%	1.7391 x ¹ (X) ²	1.6818 x ¹ (Y) ²
(PR) PROFUNDIDAD 60%	2.7600 x ¹ (X) ²	2.1538 x ¹ (Y) ²

¹: Compara PR dado AN; ²: compara AN dado PR; y letras distintas indican diferencia significativa (Pr < 0.05).

En la Tabla 14, se aprecia que no existe diferencia significativa al comparar las profundidades variando el tipo de ángulo de corte, no así al comparar el tipo de corte variando la profundidad, donde se aprecia que al realizar un corte inclinado se genera un mayor número de plantas con este tipo de estructura radicular. Tapia² (1996) señala que al realizar un corte inclinado ayudaría a las estacas a generar una estructura radicular más completa, ya

² Comunicación Personal. Tapia, M. 1996. Dra. Horticultura y Forestal. Profesora Asistente. Universidad de Concepción.

que la superficie que queda por este tipo de corte es mayor, lo que va a significar una mayor cantidad de células que se podrían activar para generar raíces.

Cuando se habla del efecto en la formación de raíces entre 76 y 100% del perímetro del corte, que es la estructura radicular deseable en una planta, la Tabla 3 muestra que interactúa el largo de estaca.

La Tabla 15, muestra que a medida que se colectan estacas de mayor longitud, se obtiene mayor número de plantas con distribución de raíces entre 76 y 100% por sobre el perímetro del corte.

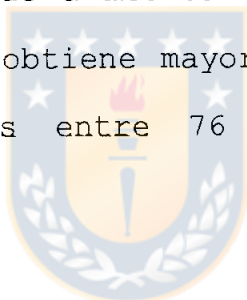


TABLA 15. NUMERO DE PLANTAS PROMEDIO CON DISTRIBUCION DE RAICES EN EL PERIMETRO DEL CORTE ENTRE UN 76 Y 100% PARA EL FACTOR LARGO DE ESTACAS

(LG) LARGO (cm)	DISTRIBUCION DE RAICES 100%
12	1.7292 x ¹
10	1.1458 x ¹
8	0.4375 y ¹

¹: Compara los niveles del factor largo y letras distintas indican diferencia significativa (Pr < 0.05).

Con respecto a la distribución de raíces, cabe destacar lo señalado por Appel³ (1996), quien dice que operacionalmente es mejor realizar cortes en ángulo recto para obtener plantas con buena distribución de raíces, ya que en forma experimental no se han encontrado diferencias significativas al realizar uno u otro tipo de corte.

4.1.4 Efecto en el rendimiento de biomasa seca y húmeda de las plantas al final del ensayo. En el rendimiento en biomasa predomina la profundidad * largo (PR * LG) (Tabla 4). El análisis de esta interacción se presenta en la Tabla 16. En ella, se puede ver que peso húmedo de la planta entera, peso seco del tallo y peso seco del follaje por planta son mayores si se cortan estacas de 12 cm y se entierran 60% de su largo.

A medida que disminuye la longitud de estacas, la biomasa de cada una de las estructuras es menor, no así cuando disminuye la profundidad de enterrado.

³ Comunicación personal. Appel, I. 1996. Ingeniero Forestal. Bioforest S.A.

TABLA 16. PESO HUMEDO Y SECO PROMEDIO (g) POR PLANTA PARA LAS ESTRUCTURAS PLANTA ENTERA (PHP), TALLO (PST) Y FOLLAJE (PSF) PARA LA INTERACCION PROFUNDIDAD * LARGO

	(PR) PROFUNDIDAD 40%	(PR) PROFUNDIDAD 50%	(PR) PROFUNDIDAD 60%
(LG) LARGO 12cm	28.3616 ^(PHP) X ¹ (X) ² 3.1837 ^(PST) X ¹ (X) ² 5.0576 ^(PSF) X ¹ (X) ²	26.1638 ^(PHP) X ¹ (X) ² 2.6100 ^(PST) X ¹ (X) ² 4.1741 ^(PSF) X ¹ (X) ²	31.4812 ^(PHP) X ¹ (X) ² 3.8123 ^(PST) X ¹ (X) ² 5.9835 ^(PSF) X ¹ (X) ²
(LG) LARGO 10cm	20.9396 ^(PHP) X ¹ (X) ² 2.2104 ^(PST) X ¹ (X) ² 3.5632 ^(PSF) X ¹ (X) ²	22.1638 ^(PHP) X ¹ (X) ² 2.2363 ^(PST) X ¹ (X) ² 3.6683 ^(PSF) X ¹ (X) ²	20.6943 ^(PHP) X ¹ (X) ² 3.6158 ^(PST) X ¹ (X) ² 2.1594 ^(PSF) X ¹ (X) ²
(LG) LARGO 8cm	15.7938 ^(PHP) X ¹ (X) ² 1.5655 ^(PST) X ¹ (X) ² 2.7353 ^(PSF) X ¹ (X) ²	18.3753 ^(PHP) X ¹ (X) ² 1.6764 ^(PST) X ¹ (X) ² 2.9376 ^(PSF) X ¹ (X) ²	10.4505 ^(PHP) Y ¹ (Y) ² 1.0377 ^(PST) Y ¹ (Y) ² 1.8253 ^(PSF) Y ¹ (Y) ²

¹: Compara PR dado LG; ²: compara LG dado PR; y letras distintas indica diferencias significativas (Pr < 0.05).

TABLA 17. PESO SECO PROMEDIO RADICULAR (g) POR PLANTA (PSR) PARA LAS INTERACCIONES PROFUNDIDAD * ANGULO Y PROFUNDIDAD * LADO.

	(PR) PROFUNDIDAD 40%	(PR) PROFUNDIDAD 50%	(PR) PROFUNDIDAD 60%
(AN) ANGULO RECTO	1.0778 X ¹ (X) ²	0.9904 X ¹ (X) ²	1.0647 X ¹ (X) ²
(AN) ANGULO INCLINADO	1.1544 X ¹ (XY) ²	1.5549 X ¹ (X) ²	0.9450 X ¹ (X) ²
(LD) LADO A	1.0961 X ¹ (X) ²	1.5027 X ¹ (X) ²	0.9975 X ¹ (X) ²
(LD) LADO B	1.3221 X ¹ (X) ²	1.0193 X ¹ (X) ²	1.0096 X ¹ (X) ²

¹: Compara AN dado PR, y compara PR dado AN; y ²: compara LD dado PR, y compara PR dado LD.

En la Tabla 17 se observa que sólo la profundidad está influyendo sobre el peso seco radicular, sin embargo, los demás factores estarían actuando en forma conjunta.

4.2 Efectos sobre los atributos de las plantas

Una planta de pino de buena calidad es aquella que presenta una altura mayor a 20 cm, con más de 4.5 mm de diámetro de cuello, con raíces abundantes y homogéneas. De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, la longitud de las estacas, ya sea sola o interactuando con otros factores es determinante de la calidad final de las plantas. En 14 de las 17 variables observadas (Tablas 1, 2, 3 y 4) hubo efecto de este factor. Las estacas de 12cm son las que generan la altura final.

Al enterrar estas estacas a un 60% de su altura se obtienen mayores alturas finales que con cualquier otra combinación de los niveles de los factores en análisis.

El diámetro de cuello de las plantas al final del proceso de viverización depende más del largo de estacas que del ángulo de corte y lado de la tijera con el que se realiza el corte.

La utilización de estacas de menos de 12cm y enterradas a una profundidad inferior a 60% no es recomendable para obtener plantas de calidad.



V. CONCLUSIONES

- La longitud de las estacas de 12 cm son las de mejor resultado ya que generan una mejor respuesta en altura, diámetro de cuello y biomasa final de las plantas.
- Las estacas de 12 cm de largo, enterradas 60% del largo generan las plantas con mayor biomasa, no así con largo y profundidades inferiores.
- El ángulo de corte y la presencia de acículas en la base de las estacas influyen más en el grado y distribución de raíces que en la altura, diámetro de cuello y biomasa final de las plantas.
- El lado de corte de la tijera es el factor con menor importancia en los atributos de las plantas, siendo aconsejable realizarlo con el lado A de la tijera ya que los resultados de este estudio demostraron que no había diferencia entre los dos tipos de corte (A y B).

VI. RESUMEN

ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS EN Pinus radiata D. Don

Se evaluó el efecto del largo, tipo de corte, profundidad de enterrado, presencia y ausencia de acículas basales y ángulo del corte en estacas provenientes de setos de Pinus radiata D. Don bajo un cultivo a raíz desnuda sobre la calidad final de las plantas.

El diseño experimental fue factorial con parcelas sub-sub-sub divididas establecidas en bloques completamente al azar. La parcela mayor correspondió a dos tipos de estacas: con acículas y sin acículas en la base; la sub parcela correspondió a tres profundidades distintas para cada uno de los largos; la sub-sub parcela correspondió a tres tipos de largo de estacas; la sub-sub-sub parcela correspondió a cortar estacas en dos distintos ángulos; y la sub-sub-sub-sub parcela correspondió a cortar las estacas con el lado A y B de la tijera.

Cada tratamiento tuvo 2 repeticiones, con unidades experimentales de 56 estacas cada una.

Los resultados indicaron que las estacas de Pinus radiata D. Don generan mejor calidad de plantas si se cortan de una longitud de 12 cm y se entierran a 60% de su longitud; se sugiere que para obtener las estacas desde los setos, el corte se realice en ángulo recto y con el lado de la hoja cortante de la tijera, tratando que las acículas de la base de las estacas permanezcan en ellas para así obtener plantas con mejor grado y distribución de raíces.

Palabras claves: Estacas, enraizamiento, Pinus radiata D. Don

SUMMARYROOTING OF CUTTINGS IN Pinus radiata D. DON

Pinus radiata D. Don cuttings coming from hedges cultured as naked root system were evaluated for determining the effect of several parameters on the quality of plants. Length, type of cut, depth of placement in the ground presence or absence of basal needles and the angle of cut were the parameters evaluated.

The experimental design was a randomized complete block design. The treatment design was factorial with plots divided on sub-sub-sub-sub plot. The main plot was presence or absence of basal needles, the sub plot was the 3 different depths of placement in the ground, the sub-sub plot was the 3 different cutting lengths, the sub-sub-sub plot was the 2 different angles of the cut and the sub-sub-sub-sub plot was the edge (A or B) of the scissors used for cutting.

Each treatment had two repetitions and the experimental units were the 56 cuttings in each repetition. The best quality of the plants regarding the distribution and degree of roots, was obtained using the 12 cm cuttings placed in the ground to 60% of their length, with basal needles, cut in a straight angle and using the cutting blade of the scissors.

Key words: cutting, rooting.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Armson, R., M. Fung y W. Bunting. 1980. Operational Rooting of Black Spruce Cuttings. Journal of Forestry. 78(6):341-344.
2. Arnold, R. y J. A. Gleed. 1985. Raising and Managing Radiata Pine Cuttings for Production Forests. Aust. For. 48(3).
3. Cameron, R. J., 1968. The Propagation of Pinus radiata by Cuttings. N.Z Journal of Forestry 13(4):78-79.
4. Cameron, R. J. y Rook D.A. 1974. Rooting Stem Cuttings of Radiata Pine: Enviromental and Physiological Aspects. N.Z.J. For. Sci 4(2):291-298.
5. Cornelius, J. 1990. Intoducción al Mejoramiento Genético Forestal. Informe de Proyecto de Mejoramiento Genético Forestal. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 2(1):1-9.

6. Davis, L., B. Haissig, y N. Sankhla. 1993. Adventitious Root Formation in Cuttings. Ed 1. New Oxy. U.S.A.
7. Dormling, Y., C. Ehrenberg and D. Lindgren. 1976. Vegetative Propagation and Tissue Culture. Royal College of Forestry.
8. Faulds, T. 1982. Rooting of Physiological and Young Radiata Pine Age One to Seven Years from Seed. Breeding Radiata Pine. Rotorua, New Zealand. 2:50-60.
9. Fielding, J. M. 1970. Trees Grown from Cuttings Compared whit Trees Grown from Seed. Silva Genética. 8:54-63.
10. George, E. F. 1993. Plant Propagation by Tissue Culture. Part 1 The technology. Edition 2. Exejetics Limited. U.K.

11. Grosse, H., V. Cubillos, M. Bourke y A. Uriarte. 1988. Investigación manejo silvícola de diferentes tipos de bosques nativos. Informe final. Instituto Forestal, Chile.
12. Gronross, R. y S. Von Arnold. 1987. Iniciación de raíces de cuttings de hipocotilo de Pinus contorta in vitro. *Physiology Plantarum*. 69:227-236.
13. Hartmann, H. y D. Kester. 1981. Propagación de plantas Principios y Prácticas. Ed. Compañía Editorial Continental, México. D. F.
14. Hartmann, H. y D. Kester. 1992. Propagación de plantas Principios y Prácticas. Continental, México. D. F.
15. Inglis, E. 1984. The Effects of Some Growth Substances on the Promotion and Rooting of Interfascicular Shoots in Pinus caribea. *Commonweath Forestry review*. Oxford University Field Station. 63(2): 115-120.

16. Libby, M. J. 1983. Potencial of Clonal Forestry. 19th Conf. Can. Tree Imp. Assoc.
17. Menzies, M. y J. Arnott. 1992. Comparisons of Different Plant Production for Forest Trees. Ed. Kluwer Academic Publisher. Transplant Production Systems. 21-44.
18. Ostle, B. 1985. Estadística Aplicada. Limusa. México. D.F.
19. Quijada R. Marcelino. 1980. Métodos de propagación vegetativa. Serie FAO Montes N° 20. Mejora Genética de árboles forestales. Mérida, Venezuela.
20. Rojas, P. 1988. Heredabilidade da densidade Basica da madeira. Seminario apresentado na Disciplina. Qualidade da Madeira para celolose e papel. Pos-Graduação ESAJQ/USP. Piracicaba. SP. Brasil. No publicado.

21. Shimizu, J. Y. 1988. Propagación Vegetativa en el Mejoramiento de Plantas Industriales. Cienc. Invest. For. 2:27-33.
22. Steel, R. y J. Torrie. 1992. Bioestadística; Principios y Procedimientos. (2ª Ed.) Mc Graw-Hill. Bogotá, Colombia.
23. Vicente, C. 1976. Fisiología Vegetal. Ediciones H. Blume. Madrid, España.
24. Wareing, P. and Y. Phillips. 1981. Growth and Differentiation in Plants. Edition 3. Pergamon Press, Great Britain.
25. Wright, J. 1964. Mejoramiento genético de los árboles forestales. Estudio de silvicultura y productos forestales. N° 16 FAO. Roma, Italia.
26. Zobel, B. y J. Talbert. 1984. Applied Forest Tree Improvement. New York. John Wiley and Sons.

26. Zobel, B. y J. Talbert. 1988. Técnicas de Mejoramiento genético de Arboles Forestales. Limusa, México. D. F.
27. Zobel, B. 1992. Vegetative Propagation in Production Forestry. N. Z. Journal of Forestry. 90:29-33.



VIII. APENDICE



APENDICE 2. PROGRAMA SAS PARA EL DISEÑO ESTADISTICO DE
PARCELA SUB-SUB-SUB-SUB DIVIDIDA.

```
data datos;
infile 'datos.txt' lrecl=190;
input      nro bl ac$ pr lg án$ ld alt diam x25 x50 x75
x100 callo escasa media abundante PHP PST PSR PSF;
run;
```

proc glm;

```
class  bl ac pr lg an ld;
model  alt diam x25 x50 x75 x100 callo escasa media
abundante PHP PST PSR PSF = bl ac bl*ac pr pr*ac pr*ac*bl
lg lg*ac lg*pr lg*pr*ac lg*pr*ac*bl an an*ac pr*an lg*an
ac*pr*an ac*lg*an pr*lg*an an*pr*lg*ac an*pr*lg*ac*bl
ld ac*ld pr*ld lg*ld an*ld ac*pr*ld ac*lg*ld pr*lg*ld
ac*pr*lg*ld ac*an*ld pr*an*ld lg*an*ld lg*an*ld ac*pr*an*ld
ac*lg*an*ld pr*lg*an*ld ac*pr*lg*an*ld ac*pr*lg*an*ld*bl;
```

```
test h= bl ac E= bl*ac;
test h= pr pr*ac E= pr*ac*bl;
test h= lg lg*ac lg*pr lg*pr*ac E=lg*pr*ac*bl;
test h= an an*ac pr*an lg*an ac*pr*an ac*lg*an pr*lg*an
an*pr*lg*ac E= an*pr*lg*ac*bl;
test h= ld ac*ld pr*ld lg*ld an*ld ac*pr*ld ac*lg*ld
pr*lg*ld ac*pr*lg*ld ac*an*ld pr*an*ld lg*an*ld lg*an*ld
ac*pr*an*ld ac*lg*an*ld pr*lg*an*ld ac*pr*lg*an*ld
E= ac*pr*lg*an*ld*bl;
```

```
means ac/duncan E= bl*ac;
means pr pr*ac/duncan E= pr*ac*bl;
means lg lg*ac lg*pr lg*pr*ac/duncan E=lg*pr*ac*bl;
means an an*ac pr*an lg*an ac*pr*an ac*lg*an pr*lg*an
an*pr*lg*ac/duncan E= an*pr*lg*ac*bl;
```

```
means ld ac*ld pr*ld lg*ld an*ld ac*pr*ld ac*lg*ld pr*lg*ld
ac*pr*lg*ld ac*an*ld pr*an*ld lg*an*ld lg*an*ld ac*pr*an*ld
ac*lg*an*ld pr*lg*an*ld ac*pr*lg*an*ld/duncan
E= ac*pr*lg*an*ld*bl;
run;
```


EJEMPLOS DE PROGRAMAS UTILIZADOS

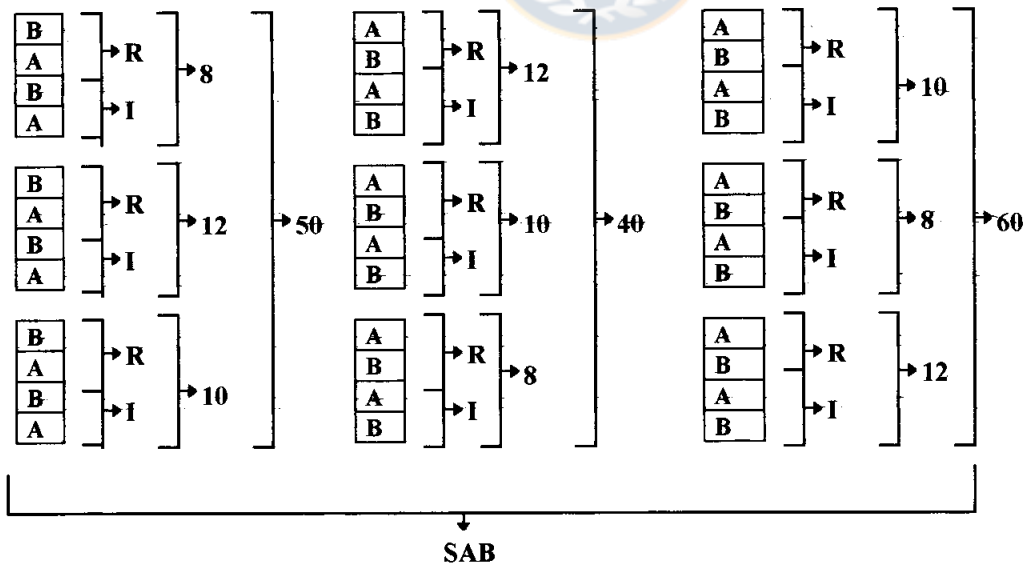
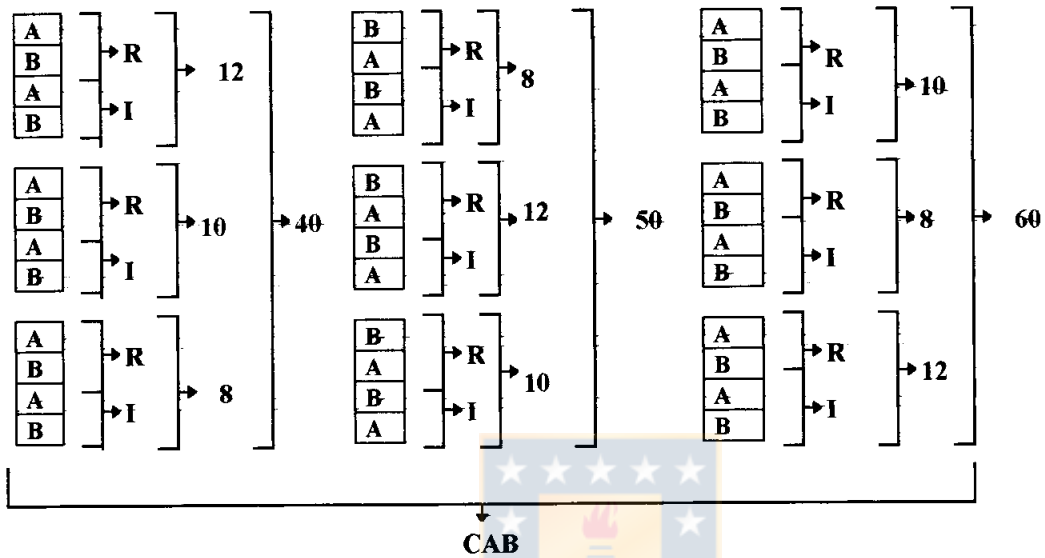
```
programa para la interacción pr*an*ld
proc sort; by pr an;
proc glm;
class bl ac lg an ld;
model escasa = lg pr*lg*an bl*ac*pr*lg*an bl*ac*pr*lg;
test h = pr*lg*an bl*ac*pr*lg*an;
means lg/duncan E = bl*ac*pr*lg;
by pr*an;
RUN;
```

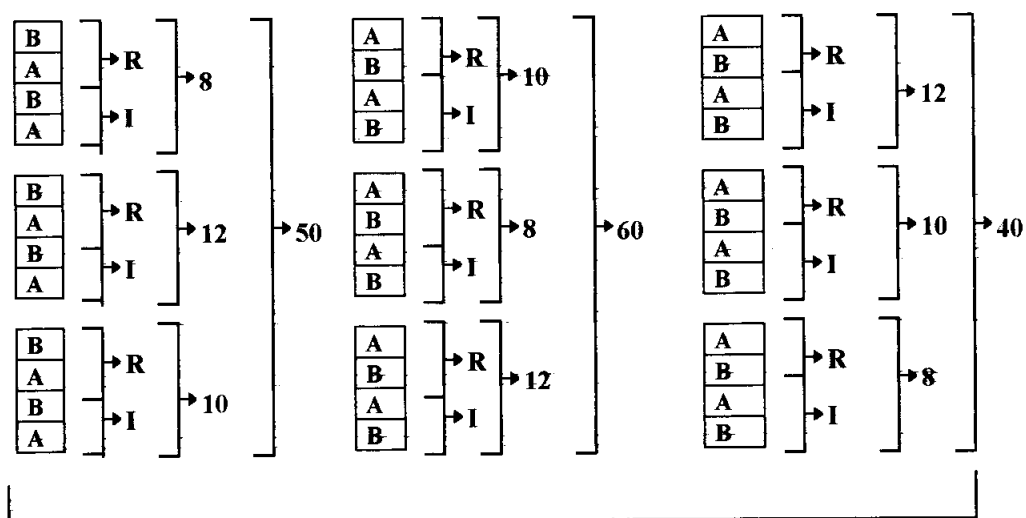
Programa para la interacción pr*lg

```
proc sort; by lg;
proc glm;
class bl ac lg an ld;
model PST= pr pr*lg bl*ac*pr*lg;
test h= pr*lg E= bl*ac*pr*lg;
means pr/duncan E= bl*ac*pr*lg;
by lg;
run;
```

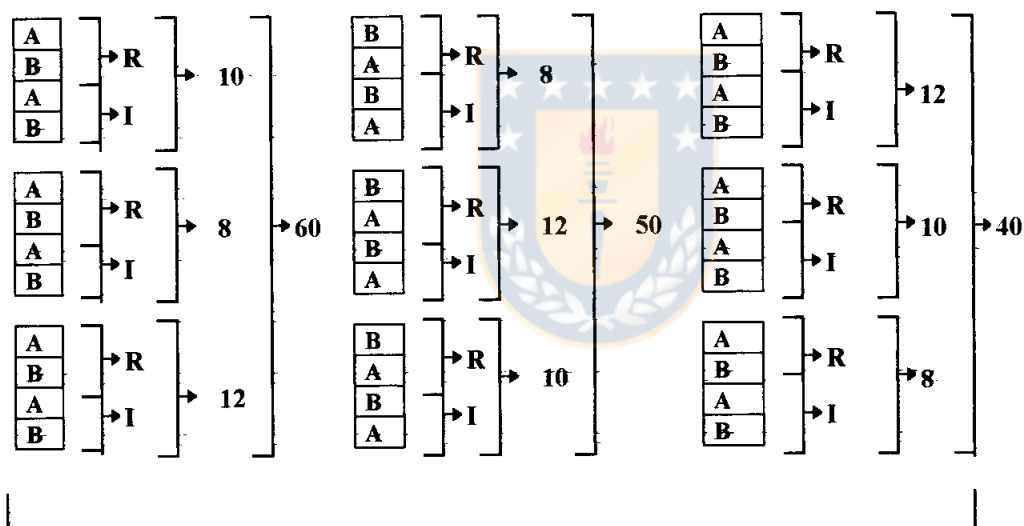


APENDICE 3. ESTRUCTURA Y DISEÑO DEL ENSAYO EN TERRENO.





SAB

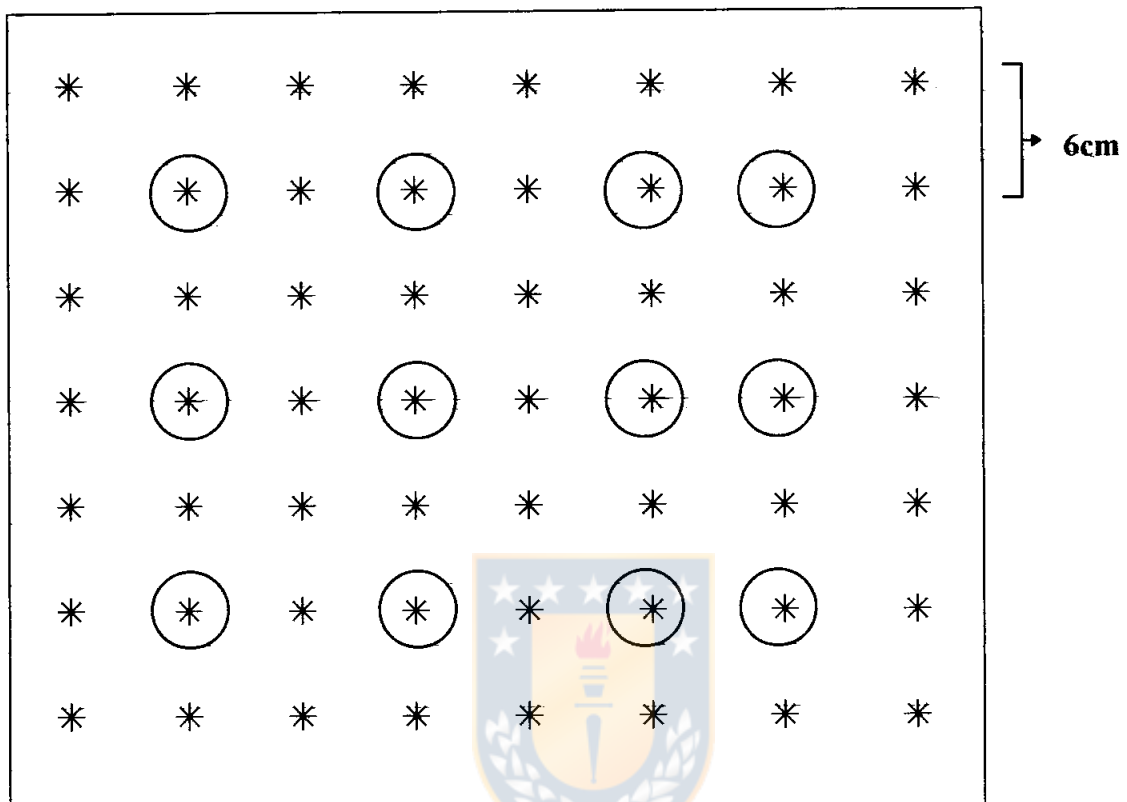


CAB

Simbología:

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| A = Corte hoja tijera hacia arriba | 8 = Estacas de 8cm de largo |
| B = Corte hoja tijera hacia abajo | 10 = Estacas de 10cm de largo |
| R = Corte recto y horizontal | 12 = Estacas de 12cm de largo |
| I = Corte inclinado u oblicuo | 40 = 40% del largo enterrado |
| CAB = Con acículas basales | 50 = 50% del largo enterrado |
| SAB = Sin acículas basales | 60 = 60% del largo enterrado |

APENDICE 4. DETALLE DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL:



12.5cm

7 estacas por hilera * 8 hileras
equivalen a 56 estacas por parcela

56 estacas * 144 parcelas = 8.064

⊛ = Plantas evaluadas

Distribución de estacas por tratamiento:

A = 4.032

8 = 2.688

40 = 2.688

CAB = 4.032

B = 4.032

10 = 2.688

50 = 2.688

SAB = 4.032

R = 4.032

12 = 2.688

60 = 2.688

I = 4.032

