

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
Departamento Silvicultura



**EFFECTO DEL NUMERO DE RAICES LATERALES EN EL
COMPORTAMIENTO DE PLANTULAS Y ESTACAS DE
P. radiata D. Don.**

Por

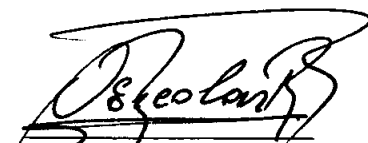
LEICHSON ALEX FAJARDO YAÑEZ

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

**EFFECTO DEL NUMERO DE RAICES LATERALES EN EL
COMPORTAMIENTO DE PLANTULAS Y ESTACAS DE *P. radiata* D. Don.**

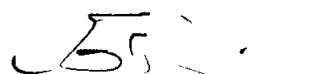
Profesor asesor



Repé Escobar Rodríguez
Profesor Asociado
Técnico Forestal

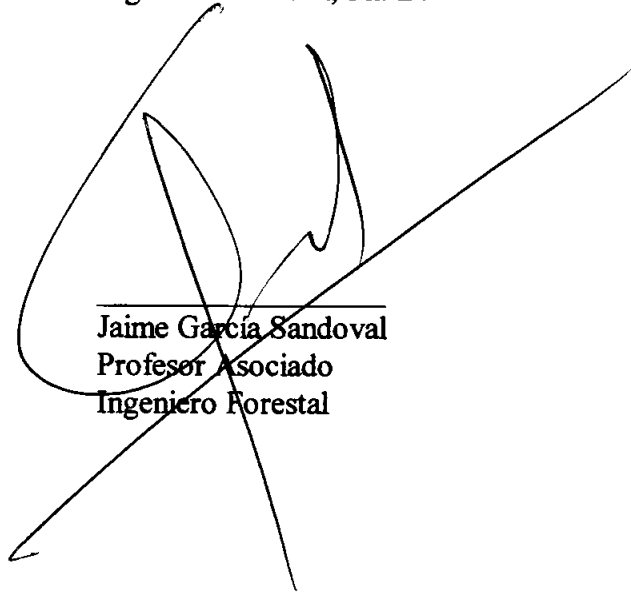


Director Departamento
Silvicultura



Miguel Espinosa Bancalari
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal, Ph. D.

Decano Facultad de
Ciencias Forestales



Jaime García Sandoval
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal

DEDICATORIA

*... a Gilda y Fermín,
mis padres
a Cristina y Alejandra,
mis hermanas.*

AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento siempre será un acto que involucra una manifestación de honestidad, a la hora del recuento, y, sobretodo, cuando representa la expresión de un trabajo extenso y variado, a la vez, el final de una etapa importante en la vida.

En primer lugar, agradezco la ayuda de mi profesor asesor, don René Escobar Rodríguez, por su constante apoyo, su paciencia y fe en mi, además por sus variados consejos, que siempre fueron importantes en la confección de este trabajo.

A don Pedro Manzanárez Núñez, profesor colaborador, de quien siempre obtuve el sentido crítico y global, que involucra un trabajo como éste o cualquier otro.

A Sven Mütke, estudiante germano-español, quien, en un intercambio, me ayudó desinteresada y dedicadamente en el establecimiento de los ensayos.

A don Juan Guillermo Arntz y don Eugenio Hernández, representando a Forestal Mininco S.A., quienes facilitaron la ayuda humana, económica, física y de gestión, necesaria para el buen término de esta memoria.

A todos mis amigos, quienes de una u otra forma siempre incentivaron mi accionar: a mis compañeros de promoción, de carrera, del taller literario, del grupo de teatro, compañeros de juerga y discusiones, a los amigos de otras carreras y otras actividades, a todos ellos, gracias.

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
I	INTRODUCCION	1
II	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
	2.1 ANTECEDENTES GENERALES.....	4
	2.2 CALIDAD DE PLANTA.....	5
	2.2.1 Planta Ideal.....	9
	2.3 LA MORFOLOGIA COMO PREDICTOR.....	11
	2.4 EL SISTEMA RADICULAR COMO PREDICTOR.....	14
	2.4.1 Aspectos generales.....	14
	2.4.2 Número de Raíces Laterales Primarias.....	15
	2.4.3 Número de Raíces Adventicias.....	17
	2.4.4 Ontogenia de las Raíces Laterales.....	18
	2.4.5 Ontogenia Raíces Adventicias.....	21
	2.5 ESTACAS ENRAIZADAS Y PLANTULAS.....	23
	2.5.1 Aspectos generales sobre estacas.....	23
	2.5.2 Comparaciones de crecimiento y supervivencia entre plántulas y estacas.....	25
	2.5.3 Comparaciones de acuerdo a la Forma del Arbol y al producto final.....	28
	2.5.4 Otras Consideraciones.....	29
III	MATERIALES Y METODOS	31
	3.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	31
	3.1.1 Vertiente Occidental de la Cordillera de la Costa: Fundo Escuadrón.....	31
	3.1.2 Secano Interior: Fundo Gomero.....	32
	3.1.3 Depresión Intermedia: Fundo Colicheu.....	33
	3.1.4 Precordillera andina: Fundo Santa Lucía.....	34
	3.2 MATERIALES.....	35
	3.2.1 Plantas.....	35
	3.2.2 Otros.....	35
	3.3 DESCRIPCION DEL ESTUDIO.....	35
	3.3.1 Objetivos.....	35

3.3.2	Determinación de los tratamientos.....	36
3.3.3	Instalación de los ensayos.....	37
3.3.4	Cuidado de los ensayos.....	38
3.3.5	Medición.....	38
3.3.6	Análisis estadístico.....	39
3.3.6.1	Correlación entre las variables. diámetro del tallo y altura iniciales, con el NRL.....	39
3.3.6.2	Efecto del NRL en la supervivencia y crecimiento inicial de las plantas.....	39
3.3.6.3	Comparación del comportamiento en terreno, entre plántulas y estacas.....	40
IV	RESULTADOS Y DISCUSION	41
4.1	Correlación existente entre el NRL y el diámetro y altura iniciales.....	41
4.1.1	Plántulas.....	41
4.1.2	Estacas.....	43
4.2	Efecto del NRLP en la supervivencia y crecimiento inicial de plántulas de <i>P. radiata</i>	45
4.2.1	Supervivencia.....	45
4.2.2	Crecimiento diamétrico.....	47
4.2.3	Crecimiento en altura.....	49
4.3	Efecto del NRLA en la supervivencia y crecimiento inicial de estacas de <i>P. radiata</i>	52
4.3.1	Supervivencia.....	52
4.3.2	Crecimiento diamétrico.....	53
4.3.3	Crecimiento en altura.....	55
4.4	Comparación del comportamiento en terreno entre plántulas y estacas.....	57
4.4.1	Supervivencia.....	57
4.4.2	Incremento diamétrico.....	59
4.4.3	Incremento en altura.....	60
V	CONCLUSIONES	64
VI	6.1 RESUMEN	65

	6.2 SUMMARY.....	67
VII	BIBLIOGRAFIA.....	68
VIII	APENDICE.....	80



INDICE DE TABLAS

Tabla N°

Página

En el texto

1	Representación de los tratamientos, para ambos tipos de planta, explicados como clases o rangos de número de raíces laterales primarias.....	37
2	Supervivencia (%) de las plántulas de <i>P. radiata</i> , en función del diámetro del tallo (di) y la altura iniciales (ai) -covariables-, para cada clase de calidad de planta y para cada predio.....	45
3	Efecto de la clase de calidad de planta sobre el crecimiento diamétrico del tallo (Df en mm) de plántulas de <i>P. radiata</i> , explicado en función del diámetro inicial (Di, covariable), por predio.....	48
4	Efecto de la clase de calidad de planta sobre el crecimiento en altura (Af en cm) de plántulas de <i>P. radiata</i> , explicado en función de la altura inicial (Ai, covariable), por predio.....	50
5	Supervivencia (%) de las estacas de <i>P. radiata</i> , en función del diámetro del tallo y la altura iniciales (covariables), para cada clase de calidad de planta y para cada predio.....	52
6	Efecto de la clase de calidad de planta sobre el crecimiento diamétrico del tallo (Df en mm) de estacas de <i>P. radiata</i> , explicado en función del diámetro inicial (Di, covariable), por predio.....	54
7	Efecto de la clase de calidad de planta sobre el crecimiento en altura (Af en cm) de estacas de <i>P. radiata</i> , explicado en función de la altura inicial (Ai, covariable), por predio.....	56
8	Valores medios de supervivencia (%) de plántulas y estacas, para los distintos ensayos.....	58
9	Valores medios de los incrementos diamétricos del tallo (mm) de plántulas y estacas, para los distintos ensayos.....	59
10	Valores medios de los incrementos en altura (cm) de plántulas y estacas, para los distintos ensayos.....	61

En el apéndice

A3	Ubicación de los tratamientos, según plántula o estaca, para cada predio.....	81
A4	Secuencia de actividades que se llevaron a cabo en el establecimiento de los ensayos, en los diferentes fundos, en Julio de 1995.....	82
A5	Formulario de toma de datos en terreno.....	83
A6	Prueba de tratamientos ajustados. Análisis de la covarianza para el diseño de bloques completos al azar (Steel y Torrie, 1988).....	84

INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Página
	<u>En el texto</u>	
1	Atributos materiales y de comportamiento usados en la evaluación de la calidad de las plantas (adaptada de Ritchie, 1984).....	10
2	Asociación existente entre el NRLP y el diámetro del tallo de plántulas de <i>P. radiata</i> D. Don., al momento de cosechar.....	42
3	Asociación existente entre el NRLP y la altura inicial de plántulas de <i>P. radiata</i> D. Don., al momento de cosechar.....	42
4	Asociación existente entre el NRLA y el diámetro del tallo de estacas de <i>P. radiata</i> D. Don., al momento de cosechar.....	44
5	Asociación existente entre el NRLA y la altura inicial de estacas de <i>P. radiata</i> D. Don., al momento de cosechar.....	44
6	Efecto del NRLP (clases de calidad de planta) en la supervivencia (%) de plántulas de <i>P. radiata</i> , para cada ensayo.....	46
7	Efecto del NRLP (clases de calidad de planta) en el crecimiento diamétrico del tallo (en mm) de plántulas de <i>P. radiata</i> , para cada ensayo.....	49
8	Efecto del NRLP (clases de calidad de planta) en el crecimiento en altura (en cm) de plántulas de <i>P. radiata</i> , para cada ensayo.....	51
9	Efecto del NRLP (clases de calidad de planta) en el crecimiento en altura (en cm) de plántulas de <i>P. radiata</i> , para cada ensayo.....	53
10	Efecto del NRLA (clases de calidad de planta) en el crecimiento en diámetro de estacas de <i>P. radiata</i> , para los distintos ensayos.....	55
11	Efecto del NRLA (clase de calidad de planta) en el crecimiento en altura de estacas de <i>P. radiata</i> , para los distintos ensayos.....	57
12	Supervivencia (%) de plántulas y estacas, para cada ensayo.....	58
13	Valores medios de incremento diamétrico (en mm), de plántulas y estacas, para cada ensayo.....	60
14	Valores medios de incremento en altura (en cm) de plántulas y estacas, para cada ensayo.....	62
	<u>En el apéndice</u>	
A1.	Distribución de las raíces laterales primarias en una muestra de 50 plántulas.....	80
A2.	Distribución de las raíces laterales adventicias en una muestra de 50 estacas.....	80

I INTRODUCCION.

Las diversas etapas por las que atraviesa un bosque durante su vida están, básicamente, condicionadas por las prácticas silvícolas que en él se ejecuten y por el sitio donde se encuentre. Desde el establecimiento hasta la cosecha, la calidad del bosque puede ir cambiando o manteniéndose constante. La primera etapa, la del establecimiento, es la más importante para asegurar un potencial, de acuerdo a los requerimientos u objetivos que se desean satisfacer en el respectivo bosque.

Así, la mayoría de las veces, si la forestación no es exitosa, es decir, si no se alcanza las más altas tasas de supervivencia y crecimiento inicial, difícilmente el bosque a futuro logrará expresar todo el potencial que el sitio posee (Ritchie, 1984), y esto se traduce, indudablemente, en un aumento de los costos y, por consiguiente, en una merma de las utilidades finales.

En el éxito de la forestación interactúan diversos factores, entre los cuales destacan: el método de regeneración, la especie, el sitio y el método de plantación, pero el factor preponderante es la condición fisiológica y morfológica de las plantas a establecer (Duryea y McClain, 1984). Algunas plantas sobreviven y prosperan aún en sitios difíciles, mientras otras mueren después de ser plantadas o permanecen latentes después de varios años. Esta diferencia en el comportamiento, refleja diferencias en cualidades o atributos de las plantas que, colectivamente, han sido acuñados bajo la denominación de “calidad de planta” (Ritchie 1984; Mexal y Landis, 1990).

Los atributos morfológicos de las plantas han sido los más utilizados para predecir el comportamiento de éstas en terreno; destacando, el diámetro del tallo y la altura como los atributos con mejores resultados. No obstante, tanto viveristas como forestadores, han reconocido largamente la importancia de un buen sistema radicular en las plántulas que salen del vivero, pero ha faltado, al respecto, una definición clara de qué es un “buen”

sistema radicular. Al respecto, la morfología de las raíces laterales puede contribuir a tal definición (Kormanik, 1986).

El presente estudio evalúa el efecto del número de raíces laterales sobre el comportamiento de plántulas y estacas. Para tal efecto, la denominación raíces laterales se especificó según el tipo de planta; para plántulas, plantas originadas de semilla, el número de raíces laterales primarias (NRLP) son todas aquellas raíces que emergen de la raíz pivotante, y para plantas originadas de estacas (propágulos vegetativos), el número de raíces laterales adventicias (NRLA), son todas aquellas raíces principales (> 3 mm) que se desarrollan adventiciamente del tallo. El estudio también contempla una comparación entre ambos tipos de planta en supervivencia, incremento diamétrico e incremento en altura.

Los ensayos fueron establecidos en cuatro zonas características de la VIII Región: vertiente occidental de la Cordillera de la Costa, secano interior, arenales en la depresión intermedia y precordillera andina, ubicados en los fundos Escuadrón, Gomero, Colicheu y Santa Lucía, respectivamente. Todos los fundos son propiedad de Forestal Mininco S.A.

II REVISION BIBLIOGRAFICA.

El presente capítulo abarca y revisa diversos temas relacionados con la forestación, del éxito de ésta y del material planta ocupado en tal actividad.

El éxito en la forestación se logra cuando se cumplen los objetivos del forestador y, con escasas excepciones, estas metas son una alta tasa de supervivencia y buen crecimiento inicial. Entre los factores que permiten lograr tales objetivos se encuentra la calidad de las plantas a establecer.

Por mucho tiempo se ha intentado predecir el comportamiento de las plantas en terreno, tal que hoy en día se ha transformado en una actividad de mucho interés, indispensable en la producción de plantas. En una planta se pueden distinguir diversos atributos, los que en conjunto conforman el fenotipo o expresión formal que presenta el producto planta. Estos atributos pueden ser morfológicos, fisiológicos o de comportamiento. El concepto de calidad de planta está íntimamente relacionado con el desempeño de éstas en terreno y el conjunto de atributos que presentan las plantas que destacan en tal desempeño, origina la expresión de planta ideal (ligada a un sitio dado).

La morfología ha sido por años el criterio predictor preferido por viveristas y forestadores; dada la buena correlación existente entre ciertos atributos morfológicos y el comportamiento en terreno de las plantas, además de la facilidad de apreciar tales atributos. El aspecto más importante en lograr una supervivencia exitosa y un buen crecimiento inicial, es el sistema radicular de las plantas que salen del vivero. Dentro de éste, la morfología de las raíces laterales ha alcanzado importancia como expresión de la calidad de las plantas, en distintas especies de latifoliadas y coníferas en el hemisferio Norte.

La última parte de la revisión es la que describe diversos estudios que comparan el desempeño, en terreno, entre plántulas y estacas enraizadas, en términos de crecimiento,

supervivencia, forma de los árboles y productos obtenidos de ellos (al final de la rotación).

2.1 ANTECEDENTES GENERALES.

El objetivo de la silvicultura es producir y mantener un bosque, de forma que se cubran lo mejor posible los propósitos del propietario y que le proporcione los beneficios más elevados en un tiempo determinado (Hawley y Smith, 1972). En la práctica silvícola, tarde o temprano llega el momento en que interesa cortar todos o parte de los árboles que conforman un rodal, con el fin de reemplazarlos por una nueva generación. Estas cortas se denominan de regeneración.

Un método de regeneración puede definirse como un procedimiento ordenado, mediante el cual se renueva o establece una masa, sea natural o artificialmente (Hawley y Smith, 1972). La selección y desarrollo de un sistema adecuado de regeneración son críticos para el éxito y la productividad de un sitio, a largo plazo (Dougherty y Duryea, 1991); los beneficios de un éxito en la reforestación son, una alta supervivencia, incremento de la producción de volumen, acortamiento de la rotación y, por lo tanto, una alta tasa interna de retorno (South y Mexal, 1984).

En Chile, como en otros países, se utiliza el método de tala rasa como el más indicado para aplicar, en una silvicultura intensiva, con especies de rápido crecimiento y con rotaciones cortas, como es el caso de *Pinus radiata* D. Don. y *Eucalyptus globulus* Labill. La regeneración o establecimiento artificial de una masa arbórea, puede incluir la siembra directa de las semillas o la plantación de material proveniente de un vivero: plántulas -originadas de semillas directamente- o estacas -propágulos vegetativos (Brown, 1984). En Chile, la regeneración se establece por plantación, ya sea de plántulas o de estacas.

Para lograr los objetivos de la Silvicultura, se necesita que la reforestación sea exitosa, por eso, la reforestación es el principal componente del manejo silvicultural (Brown, 1984).

El éxito de la reforestación depende de varios factores: método de regeneración, especie a establecer, sitio y método de plantación, entre otros; pero, depende principalmente, de las condiciones fisiológicas y morfológicas de las plantas para sobrevivir y crecer en terreno (Duryea y McClain, 1984). Los errores en la reforestación tienen un costo altísimo, puesto que se multiplican y combinan desde el comienzo hasta el fin de la vida del rodal, lo que suele expresarse, inicialmente, en una supervivencia pobre y un crecimiento inicial no óptimo (Brown, 1984). La suma de estos errores, no sólo implica doblar o triplicar los costos de regeneración (replante por baja supervivencia), sino que también incrementar el tiempo requerido para que el rodal alcance su tamaño esperado (Garber y Mexal, 1980; Duryea, 1984; Duryea, 1985).

El grado de éxito, en la reforestación, depende de la cooperación de todos los miembros del equipo de producción -silvicultores, genetistas, encargados de huertos semilleros, viveristas, forestadores, supervisores y plantadores. Sin embargo, la cooperación es especialmente crítica entre el viverista y el forestador (Mexal y South, 1991). Más aún, la misión del viverista es la de producir (eficientemente, las cantidades requeridas y en el tiempo establecido) las plantas de calidad, tal que puedan sobrevivir y crecer en terreno (Jenkinson *et al.*, 1993).

2.2 CALIDAD DE PLANTA.

El énfasis de las plantaciones artificiales está focalizado en la atención, renovada, de identificar aquellos atributos de las plantas, en vivero, que pueden predecir un establecimiento exitoso. Algunas plantas sobreviven y prosperan aún en sitios difíciles, mientras otras mueren después de ser plantadas o permanecen latentes después de varios

años (Escobar, 1994). Esta diferencia en el comportamiento, refleja diferencias en cualidades o atributos de las plantas que, colectivamente han sido acuñados bajo la denominación de "calidad de planta" (Ritchie 1984, Mexal y Landis, 1990).

En general, para Willén y Sutton (1980), la calidad de las plantas es el grado en que éstas permiten alcanzar los objetivos del manejo (al final de la rotación o cuando se logre algún beneficio específico) al mínimo costo: "la calidad en conveniencia con los propósitos".

Para los propósitos específicos de la reforestación, calidad de planta puede definirse, como aquellos atributos necesarios de una planta para que ésta sobreviva y crezca a las más altas tasas, en un sitio determinado (Duryea, 1985; Escobar, 1994). La calidad de las plantas, por lo tanto, la determina el comportamiento en terreno, el que está regulado por factores inherentes a las plantas mismas (atributos), a las condiciones relacionadas con el trato que reciban las plantas entre la cosecha (en el vivero) y el establecimiento y, además, a las características del sitio (Ritchie 1984; Duryea, 1985; Escobar y Sánchez, 1992; Escobar, 1994).

Sin embargo, una planta de alta calidad permite una mejor relación de ésta y el sitio de plantación, dando la posibilidad que aquél exprese su potencial productivo (Fry y Poole, 1980). Además, la calidad de las plantas es pre-requisito para intensificar las prácticas forestales, porque de ella depende la arquitectura inicial del bosque (Ritchie, 1984). No obstante, la calidad puede ser alterada, si en el momento de la transición, entre el viverista y el forestador, las plantas no se manipulan apropiadamente (Garber y Mexal, 1980).

El silvicultor, con la colaboración de investigadores, viveristas y personal técnico, está en condiciones de establecer *a priori* la calidad de planta que necesita; en la medida que él conozca las condiciones del establecimiento, en términos del sitio (suelo y clima), del tipo de plantación (método y época) y manejo de la plantación (labores del suelo, control de malezas, fertilización, etc.), además de considerar una evaluación económica al respecto. De tal modo que el silvicultor o forestador pueda, eventualmente, demandar ciertos

estándares de calidad de planta al viverista. Este último, a su vez, se vería estimulado para producir plantas de calidad superior, por un lado, y sería motivado para adaptar técnicas o procedimientos para evaluar la calidad de plantas que ofrece (Willén y Sutton, 1980; Mexal y South, 1991). Por lo tanto, el aumentar la calidad de las plantas, permitirá mejorar la predicción del comportamiento de éstas en terreno y también mejorar la producción y las técnicas de manejo (Duryea, 1985).

Sin embargo, la calidad de las plantas es un concepto complejo, cuya evaluación es bastante difícil de establecer (Nissen *et al.*, 1986), y que además requiere, necesariamente, de las consideraciones de elementos morfológicos -forma y estructura de las plantas- y fisiológicos -funciones y procesos vitales de las plantas-, los cuales no se excluyen mutuamente (Chavasse, 1980; Ritchie 1984; Johnson y Cline, 1991). Aunque, en la práctica, la definición de una planta de calidad, varía desde una simple descripción morfológica hasta elaboradas mediciones fisiológicas (South y Mexal, 1984).

Las características morfológicas (como el tamaño de las plantas), han sido usadas tradicionalmente en todo el mundo, y especialmente en Chile, para estimar la calidad de las plantas en vivero y compararlas en las condiciones medioambientales del sitio de plantación (Mexal y Landis, 1990; Escobar, 1994). En Nueva Zelanda, las buenas plantas (de *Pinus radiata* D. Don.), además del tamaño, deben ser saludables, fuertes, con un adecuado balance nutricional, estar libres de toda enfermedad e inoculadas convenientemente con micorrizas (MacLaren, 1993).

Ultimamente, se están usando con bastante éxito estimadores fisiológicos de calidad. Sin embargo, se ha llegado a creer que los atributos fisiológicos tienen la desventaja de cambiar entre el momento de la calificación (cosecha) y la plantación misma, viciando, en cierto modo, el proceso de estimación. Esto complica en extremo la evaluación de calidad, pues si existen cambios fisiológicos, los estimadores morfológicos se hacen irrelevantes también (Sutton, 1979; Ruehle y Kormanik, 1986). Parte del problema es que el concepto de calidad de plantas, no puede visualizarse como un elemento estático,

por el contrario, éste es un proceso dinámico (Mexal y Landis, 1990), que requiere de mucha información (retroalimentación) incorporada año tras año, sobre la respuesta de las plantas en terreno.

Con el concepto de calidad de planta (a través de la calificación), se puede hacer posible la identificación de una jerarquización de índices o grados que caractericen el vigor de las plantas. Muchas veces se pretende que éstas jerarquizaciones sean suficientes en todas las situaciones, pero esta aseveración es de dudosa consistencia (Mexal y Landis, 1990; Johnson y Cline, 1991). Lo que sí parece tener consistencia, es la elaboración de pautas jerárquicas de atributos específicos para situaciones específicas y para esto el criterio utilizado para diferenciar clases de plantas, que un determinado plan de repoblación requiere, está relacionado con los factores limitantes del sitio (Escobar y Sánchez, 1992) y con los objetivos de producción del dueño del terreno. Es decir, que el crecimiento y la supervivencia de las plantas jóvenes está en función del vigor, y la resistencia que presenten al estrés medioambiental; representado por factores edáficos, fisiográficos, biológicos y climáticos (Brown, 1984; Grossnickle y Folk, 1993).

En el largo plazo, estudios sistemáticos sobre la calidad de las plantas, permitirán que en el vivero se mejoren las prácticas culturales y se amplíe la tecnología de producción, esto ayudaría a obtener poblaciones más homogéneas y realizar una selección más adecuada de las plantas para los distintos sitios (Duryea, 1985; Jenkinson *et al.*, 1993). En definitiva, las condiciones del vivero afectan las características estructurales y funcionales, o fenotípicas de las plantas, de tal modo que, determinan qué tan bien se adaptan al estrés de transplante (desde el vivero al sitio de plantación) y a las condiciones del sitio (Burdett, 1990)

El acto de calificar es, supuestamente, una tentativa para separar plantas en clases de diferentes grados de aptitud en la reforestación. El problema central está relacionado a la seguridad del criterio usado en la calificación de las plantas. En consecuencia, el acto de

calificar, presume una capacidad para distinguir entre plantas que difieren en el potencial de comportamiento en terreno (Sutton, 1979).

2.2.1 Planta Ideal. El desarrollo de clases o grados de plantas, basados principalmente en la morfología, ha definido un ideal para la apariencia externa de las plantas, asociado a un potencial para el establecimiento exitoso de la plantación (Johnson y Cline, 1991). En la práctica, aproximadamente todas las plantas coníferas se cultivan para cumplir con especificaciones ideales, basadas en una o más variables morfológicas. Sin embargo, en algunos casos, se clasifican las plantas a partir de un solo factor individual, lo cual, nunca podrá ser completamente satisfactorio, considerando la complejidad de la planta, el sitio de plantación y la interacción sitio-planta (Ritchie, 1984). Por lo mismo, hasta el momento no se ha logrado determinar exactamente cual es el parámetro que refleja con mayor claridad, exactitud y simplicidad la calidad de una plántula (Nissen *et al.*, 1986).

La causa de cumplir con especificaciones ideales tiene sentido, debido a que numerosas investigaciones y experiencias, han demostrado que las plantas que caen bajo el límite aceptable de ideales morfológicos y que son plantadas, aumentan el riesgo de fracaso o incrementan los costos de plantación (Ritchie y Tanaka, 1990). Esta es la razón por la cual se deben exigir especificaciones ideales, y es así como se ha llegado a establecer el concepto de planta ideal. Una planta ideal es aquella que incorpora rasgos morfológicos y fisiológicos que, cuantitativamente pueden ser el eslabón del éxito en la reforestación (Rose *et al.*, 1990). Este concepto incluye características de calidad específica, para los estándares del vivero, incorporando mecanismos para lograr objetivos específicos morfológicos y fisiológicos de las plantas, para así obtener un éxito en la reforestación, en un sitio dado (Norris, 1990; Balisky *et al.*, 1995).

La idea, de planta ideal ha estado en voga desde hace tiempo entre los especialistas del tema, pero el concepto científico y su expresión práctica no han tenido una articulación clara hasta ahora. Aunque sí está claro que el concepto busca mejorar la calidad total de

la oferta de plantas, proporcionando medidas cualitativas (ideales) de características de las plantas, aceptadas por viveristas y forestadores, tendientes a optimizar la forestación (Norris, 1990). El concepto está basado en la premisa de que los numerosos rasgos de la planta, pueden, en conjunto, producir una respuesta deseable en terreno (Rose *et al.*, 1990).

El concepto de planta ideal está enfocado en dirección de facilitar la comprensión de la compleja relación, entre atributos de calidad de la planta y el sitio (Balisky *et al.*, 1995). Ritchie (1984), organizó la evaluación de la calidad de las plantas, bajo la medida de dos categorías de atributos: atributos de comportamiento y atributos materiales (figura 1).

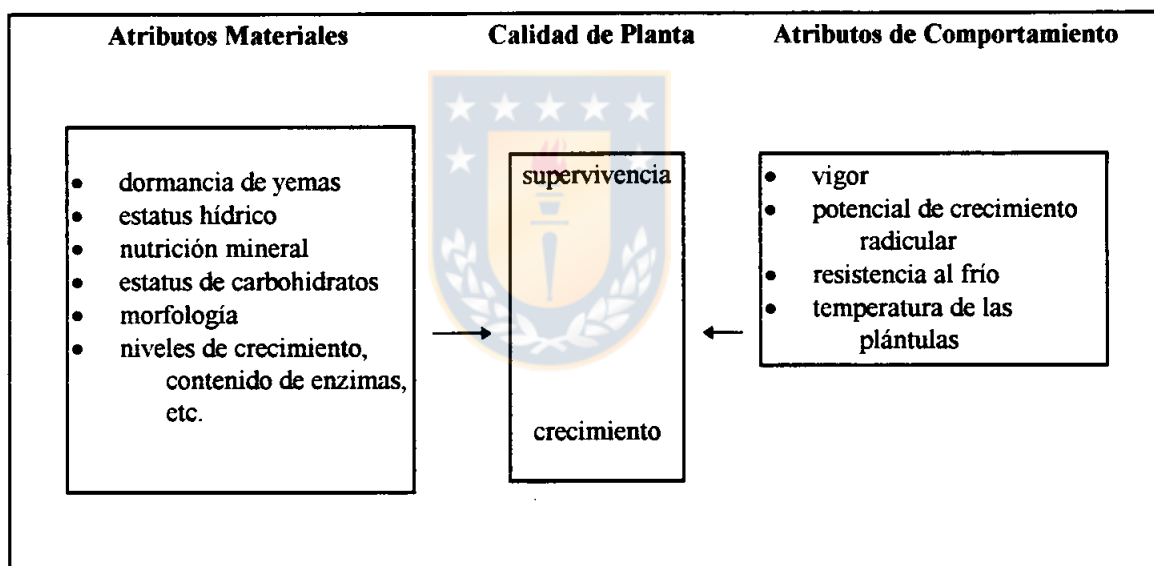


Figura 1. Atributos materiales y de comportamiento usados en la evaluación de la calidad de las plantas (adaptada de Ritchie, 1984).

Los atributos de comportamiento son mediciones de las plantas, sometidas a condiciones específicas, midiendo su comportamiento. Estos atributos integrados son la combinación funcional de muchos subsistemas morfológicos y fisiológicos, dentro de la planta. Los atributos materiales incluyen algunos de estos sub-sistemas, éstos tomados en conjunto, en último término, determinan el comportamiento de la planta.

2.3 LA MORFOLOGIA COMO PREDICTOR.

En estricto sentido biológico, morfología significa forma y estructura. En la práctica, sin embargo, cualquier característica de la planta que puede ser fácilmente observada o medida, es interpretada como morfología (Ritchie, 1984). Para Mexal y Landis (1990), morfología puede definirse como, la manifestación física de la respuesta fisiológica de la planta al medioambiente de crecimiento.

Hay consenso, entre los investigadores de todo el mundo, para señalar que la morfología de la planta, al momento de plantar, es el mejor indicador para pronosticar la potencialidad de supervivencia de las mismas (Ritchie, 1984). Pero, quizás, su gran importancia como predictor, se basa en que la morfología incluye elementos que pueden permanecer, virtualmente, sin cambios desde el momento de calificar hasta plantar (Sutton, 1979).

No obstante, es necesario tener en cuenta que la morfología, por sí sola, no predice toda la variabilidad asociada a la supervivencia y el crecimiento en terreno, lo cual sugiere que los atributos morfológicos son válidos como índices predictores sólo cuando las plantas poseen condiciones fisiológicas adecuadas, al momento de medir (Ritchie, 1984; Thompson, 1985)

Se puede mencionar una extensa lista de aspectos morfológicos, desde los más obvios (como altura y diámetro del tallo) hasta los más complejos (como el número de estomas, espesor de corteza, etc.), el problema radica en poder establecer cuáles de todos estos constituyen una medida de calidad de plantas (Thompson, 1985). Según Albert *et al.* (1980), distintos ensayos han demostrado que en pino radiata, el tamaño de la planta, a pesar de ser un parámetro simple, constituye un valioso predictor de calidad.

En general, se acepta que cuanto más grande la planta, tanto mayor será su potencialidad de supervivencia (Sutton, 1979; Ritchie, 1984; Escobar, 1994); la premisa es, que las

plántulas grandes compiten más efectivamente por nutrientes y luz que las más pequeñas (Balisky *et al.*, 1995). MacLaren (1993) informa que, en Nueva Zelandia, se prefieren muchas veces plantas grandes de *P. radiata* para sitios con heladas frecuentes o con malezas, o donde existe daño por animales; sin embargo, éstas sufrirían demasiados daños, producto del estrés hídrico durante las etapas de embalaje, transporte y plantación (Blair y Cech, 1974). Por el contrario, las plantas pequeñas (fáciles de manipular y más baratas) no alcanzarían una supervivencia aceptable cuando el diámetro es menor a 4 mm, debido a que la reserva de carbohidratos sería insuficiente (MacLaren, 1993). No obstante, Donald (1976) indica que para sitios buenos, es preferible utilizar plantas pequeñas, puesto que dan el mismo resultado que las grandes, pero tienen la ventaja que se producen en un menor tiempo.

La morfología también se ha explorado como un indicador de estatus fisiológico, debido a características tales como la condición de las yemas, el color del follaje o la presencia de acículas secundarias, los cuales se correlacionan con diferentes estados de desarrollo fisiológico (Johnson y Cline, 1991).

Según Mexal (1994), en orden decreciente de importancia, las variables que más correlacionan con el desempeño de la planta en terreno, son:

- El diámetro del tallo,
- la altura,
- el número de raíces laterales primarias,
- la relación entre el peso de raíz y el vástago (R/T),
- el volumen de raíz o fibra, y
- la presencia de micorrizas.

Comúnmente, muchos viveristas enfatizan estándares de selección basados en la altura y el diámetro, porque éstos son fáciles de medir al momento de despachar y se relacionan con otros factores de calidad de las plantas (Sutton, 1979; Mexal y Landis, 1990; Escobar, 1994).

El diámetro del tallo de las plantas se relaciona bien con el vigor de ellas, con el tamaño del sistema radicular, con una buena resistencia al daño por sequía y a la tolerancia a altas temperaturas (Grossnickle y Folk, 1993)

Se estima que es la variable de mayor capacidad predictiva del comportamiento de una planta (Mexal, 1994). Thompson (1985), señala que el diámetro no siempre se correlaciona con la supervivencia en terreno, pero sí con el crecimiento posterior de las plantas. Por otra parte, South y Mexal (1984), concluyen que las plantas con diámetros mayores aumentan la supervivencia, salvo raras excepciones. Escobar *et al.* (1992), corroborados por Bassaber (1993), señalan que el diámetro de las plantas pierde su capacidad predictiva de supervivencia, cuando la plantación se realiza en sitios que no presentan problemas de disponibilidad de agua, pero, aún así, el diámetro del tallo tiene un efecto directo sobre las tasas de crecimiento en altura y diámetro de las plantas.

La altura, por otro lado, se relaciona tanto con la capacidad fotosintética de las plantas, como con el área de transpiración, ambos altamente relacionados con el número de hojas (Armson y Sadreika, 1974, citados por Thompson, 1985; Grossnickle y Folk, 1993). La altura de las plantas, al momento de plantar, suele tener una gran influencia en las tasas de crecimiento en terreno (Duryea, 1984).

Según Thompson (1985), la altura sugiere una buena correlación con el crecimiento, pero no se relaciona muy bien con la supervivencia, especialmente en suelos secos. Hatchell *et al.* (1972), encontraron que las plantas seleccionadas, al momento de plantar, de *Pinus taeda* L., con un promedio de altura de 126% superior al control, tuvieron un 45% más de altura a los 10 años y un promedio de volumen tres veces mayor.

2.4 EL SISTEMA RADICULAR COMO PREDICTOR.

2.4.1 Aspectos generales. El sistema radicular es el principal factor involucrado en una supervivencia exitosa y en un buen crecimiento inicial en terreno (Minko y Craig, 1976; Duryea, 1984); un sistema radicular grande aumenta el potencial de absorción de agua y nutrientes, y también lleva a incrementar el potencial de crecimiento radicular; también puede afectar la tasa de transpiración y el intercambio gaseoso (Rose *et al.*, 1990).

La importancia del sistema radicular, radica en lo siguiente: como la fotosíntesis se hace lenta o se detiene durante el proceso de transplante, el material para el crecimiento de la raíz debe ser tomado inicialmente de las reservas alimenticias de la planta. Una vez que el balance de agua es restablecido y la toma de nutrimento vuelve a ser desde la tierra, la fotosíntesis puede proceder a una proporción normal y el máximo de crecimiento puede comenzar. Por lo tanto, es muy importante que la planta tenga un saludable sistema radicular (con adecuadas reservas de agua y alimentos), sin esto, la planta declinará su follaje para conservar el agua y la supervivencia será difícil (Menzies, 1988).

Así, las plantas que producen nuevas raíces, dentro de pocos días después de la plantación, probablemente, sobreviven y crecen tan bien como las condiciones del sitio se lo permiten, pero si el crecimiento radicular se retrasa, entonces el crecimiento de las plantas se reduce (Sutton, 1980*b*). Un sistema radicular inapropiado, para un sitio específico, puede inhibir la óptima funcionalidad de las plantas y comprometer la estabilidad del rodal a largo plazo (Balisky *et al.*, 1995).

Aunque la raíz es, al menos, tan importante como el diámetro y la altura de las plantas, en la determinación de la supervivencia y crecimiento, no existen medidas cuantitativas que sean completamente satisfactorias (Thompson, 1985). El aspecto dinámico del sistema radicular contribuye con dificultades adicionales para su descripción y experimentación (Sutton, 1980*a*).

Según Long y Carrier (1993), en general, el diámetro del tallo y la masa radicular son los mejores predictores del comportamiento en muchas especies, mientras las condiciones fisiológicas de la planta no sean limitantes. Long y Carrier (1993), encontraron que al aumentar el tamaño radicular, se incrementa la supervivencia y altura total, de las plantas de pino oregón, a los 5 años de plantado.

Muchos utilizan el peso seco de la raíz como un buen predictor (Thompson, 1985), pero éste puede inducir a engaño, ya que la raíz principal puede explicar cerca del 50% del peso total, pero sólo de un 3-6% del largo (Nambiar, 1980).

2.4.2 Número de raíces laterales primarias. Al parecer, se tiende a que sea una práctica esencial la plantación de plántulas con sistemas radiculares fuertes y ordenados, tal que ellos tengan un rápido acceso a las zonas ricas en nutrientes (Long y Carrier, 1993; Balisky *et al.*, 1995). En un sistema radicular la configuración que asuma, afectará la efectividad para interceptar y absorber agua y nutrientes (Barley, 1970, citado por Nambiar, 1980). Tanto, viveristas como forestadores, han reconocido largamente la importancia de un buen sistema radicular, en las plántulas que salen del vivero, pero ha faltado una definición clara de qué es un “buen” sistema radicular. La morfología de las raíces laterales puede contribuir a tal definición (Kormanik, 1986).

Según Mexal (1994), el número de raíces laterales primarias (o raíces laterales de primer orden), es el número de raíces laterales que se originan desde la raíz pivotante o principal y que tienen más de 1 mm de diámetro en su base -Thompson y Schultz (1995), agregan que deben ser rígidas y suberizadas. La dimensión se justifica, según Perry (1982), porque la mayoría de las raíces que son menores a 1 mm de diámetro son destrozadas por cualquier movimiento brusco, como lo es el descalce y la cosecha misma (de las plantas a raíz desnuda). Así, generalmente, se pierden todas las raíces laterales más delgadas, menores a 1mm de diámetro (Burdett, 1990). Esta pérdida expone a la raíz a condiciones de estrés y desequilibra la relación del vástago sobre la raíz, reduciendo la posibilidad de

éxito en el establecimiento de la plantación (Schultz y Thompson, 1990). Tomando como premisa que, la pérdida sea de un 50% sobre una base de 20 raíces laterales, ésta pérdida será menos severa si se tiene el mismo porcentaje sobre la base de 10 raíces laterales (Mexal y South, 1991). Ello es aún más grave en pino radiata, puesto que sólo entre un 20-45% de sus raíces laterales primarias regeneran nuevas raíces en la plantación (Nambiar, 1980).

La gravedad de la pérdida de raíces resulta mayor, ya que las raíces laterales primarias constituyen el entramado básico para la producción de nuevas raíces, después de la plantación, importantes en la absorción de agua y nutrientes minerales (Thompson y Schultz, 1995) y en la asociación con micorrizas (Ruehle, 1983) -las ectomicorrizas estimulan el desarrollo de las raíces laterales (Donoso, 1981). Stone *et al.* (1962), trabajando con *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, demostraron que el crecimiento de nuevas raíces, dentro del primer mes de plantación, se debió principalmente a la extensión de las raíces laterales de primer orden, preexistentes.

La importancia práctica que tiene como predictor el número de raíces laterales primarias (NRLP), radica en que constituye un criterio fácilmente cuantificable y relativamente permanente y significativo biológicamente (Thompson y Schultz, 1995). No obstante, este estimador ha sido sugerido sólo en el último tiempo (Kormanik, 1986). En el vivero, el NRLP conforma una población de distribución normal, de igual manera que otros atributos morfológicos, como el diámetro y la altura (Rose *et al.*, 1990).

Según Long y Carrier (1993) y Mexal (1994), cuando la plántula ha alcanzado el diámetro ideal, el NRLP tiene un beneficio adicional sobre la supervivencia. Kormanik y Muse (1986), concuerdan en afirmar que un alto NRLP correlaciona bien con un rápido crecimiento en: *L. styraciflua* L. Y *Quercus rubra* L.; Kormanik *et al.*, (1990), agrega a la lista *Pinus taeda* L. y *P. palustris* Mill.

Kormanik (1986), reporta que al final de la primera estación de crecimiento, la altura y el diámetro del tallo fueron significativamente diferentes, para plántulas con diferentes clases (número) de raíces laterales: clase 1 (>6) $>$ clase 2 (4 - 6) $>$ clase 3 (<4). La clase 3 tuvo una mortalidad significativamente más alta que la clase 1, y las plantas de clase 2 también sobrevivieron menos que las plantas de la clase 1. Finalmente, Kormanik (1986), sugiere que las características morfológicas de las raíces laterales, influyen significativamente la supervivencia de *Liquidambar styraciflua* L., y que la calificación basada en la morfología de las raíces laterales, puede llegar a constituir un índice práctico para identificar las plantas con el mejor potencial.

Schultz y Thompson (1990), informan que las plántulas de *Quercus rubra* L. y *Quercus alba* L., con 5 ó más raíces laterales de primer orden, tienen una mejor supervivencia y crecimiento inicial, respecto de plántulas con menos raíces, al cabo de dos años en terreno. En el caso de *Juglans nigra* L., los autores antes mencionados, encontraron las mismas respuestas, pero con plántulas de 8 ó más raíces laterales de primer orden. Kormanik (1988), informa que la supervivencia de *L. styraciflua* L. tiene una alta correlación con el número de raíces laterales primarias, desde un 25% (de supervivencia) para plántulas sin raíces laterales, hasta un 95% para plántulas con más de 14 raíces laterales.

2.4.3 Número de raíces laterales adventicias. El comportamiento en terreno de estacas enraizadas está influenciado por al menos 4 factores (Foster *et al.*, 1987, citado por Ritchie *et al.*, 1993): potencial genético, estado de madurez, vigor del propágulo y la morfología del sistema radicular.

El número de raíces adventicias por estaca, es un atributo con resultados encontrados. Haines *et al.* (1992), trabajando con híbridos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y *P. tecumumanii*, en el trópico, no encontraron una relación significativamente estadística,

entre el número de raíces adventicias y la supervivencia y crecimiento inicial; pero este mismo atributo funcionó muy bien como predictor de la altura en terreno.

En vivero, existen evidencias significativas, de una buena correlación entre la altura y el diámetro, respecto del número de raíces, en estacas de pino oregón. Sin embargo, en terreno después de dos años, se encontró, una baja, pero positiva, correlación entre el número de raíces (al inicio de la plantación) y el crecimiento en altura (Ritchie *et al.*, 1993).

Ritchie *et al.* (1993), concluyen que el número de raíces afecta el comportamiento de las estacas en vivero, pero esta diferencia tiende a desaparecer en terreno. Lo cual parece contradecir el efecto de la calidad del sistema radicular, en el comportamiento en terreno, lo que se puede explicar, por el hecho que cuando se presentó solo una raíz “principal”, ésta originó una gran cantidad de raíces secundarias y terciarias.

2.4.4 Ontogenia de las Raíces Laterales. La importante capacidad de adaptabilidad estructural del sistema radicular se debe, con muy pocas excepciones, a la forma de éste, que está determinado mayormente por la plasticidad de los elementos secundarios de la raíz, es decir, raíces laterales de primer, segundo y otros órdenes (Sutton, 1980a). En algunas especies de raíces fuertemente pivotantes, la profundidad de penetración y la persistencia de la raíz primaria son factores importantes, no obstante, el tamaño, la forma y la tasa de cambios del sistema radicular, dependen principalmente de las raíces laterales y sus meristemas (Sutton, 1980a).

Cuando el sistema de la raíz principal ha alcanzado la madurez, se desarrollan raíces laterales, a partir de ella (Esau, 1959; Jensen y Salisbury, 1988). La raíz principal se distingue claramente de las raíces laterales, ya que ésta funciona como una raíz pivotante, penetrando el suelo en profundidad, a diferencia de las laterales (Vidacovic, 1991). La raíz principal desarrolla en el suelo un sistema de raíces laterales, mediante ramificación

acrópeta, es decir, que progresa hacia el ápice -las más jóvenes están más próximas al ápice (Priestly y Scott, 1964; Strasburger, 1986).

Las raíces laterales, normalmente, se forman antes de que principie el engrosamiento secundario (Kosinka, 1992). En la mayor parte de las especies, las raíces laterales comienzan a aparecer a cierta distancia del ápice de la raíz (Jesko, 1992), por sobre la zona de alargamiento (Jensen y Salisbury, 1988), en contraste con los órganos laterales que se originan en el brote terminal del tallo (Esau, 1959). La formación de raíces laterales se inhibiría cerca del ápice, dado que la iniciación de éstas estaría controlada por la auxina, presumiblemente suministrada por la parte superior y muy probablemente en balance con la concentración de citocinina que se produce en la punta de la raíz (Bidwell, 1993; Atzmon *et al.*, 1994).

Las células iniciales de la raíz lateral se forman de manera endógena, o sea en el interior de los tejidos de la raíz madre (Strasburger, 1986) y ésta aparece externamente sólo después de un crecimiento bien comenzado (Eames y MacDaniels, 1947). El origen endógeno es muy importante, porque, a menudo permite el desarrollo de las raíces laterales después de haber superado alguna condición desfavorable, que pudo haber dañado la epidermis y la corteza de la raíz principal (Luxová y Ciamporová, 1992).

Tanto en gimnospermas como en angiospermas, las raíces laterales se originan, ordenadamente, en el periciclo de la raíz (Eames y MacDaniels, 1947; Esau, 1959; Kramer y Koslowsky, 1960; Priestly y Scott, 1964; Russell, 1977; Strasburger, 1986; Jensen y Salisbury, 1988; Jesko, 1992; Kosinka, 1992; Bidwell, 1993; Curtis y Barnes, 1993). Un grupo de células del periciclo experimenta divisiones periclinales y anticlinales (Eames y MacDaniels, 1947; Esau, 1959). El resultado de dichas divisiones es la formación de un pequeño grupo de células meristemáticas, que al poco tiempo, se organizan en un meristemo apical, cuyo patrón es el mismo que presenta la raíz original (Jensen y Salisbury, 1988). En gimnospermas y angiospermas, el punto de origen de las raíces laterales está opuesto a los rayos xilemáticos, siempre que hayan tres o más de

éstos (Eames y MacDaniels, 1947), de modo que aparecerán tantas hileras de raíces laterales, como rayos de xilema hayan (Esau, 1959; Jensen y Salisbury, 1988; Luxová y Ciamporová, 1992).

Los primordios, en todos los casos, necesitan atravesar por completo la corteza de la raíz madre (Strasburger, 1986). Antes de que el primordio emerja a la superficie de la raíz principal, el meristemo apical, las regiones del tejido primario del eje de la joven raíz y la caliptra, quedan delimitados mediante divisiones celulares específicas (Esau, 1959). Todavía no se ha descifrado si su paso a través de la corteza de la raíz, es puramente mecánico o si existe algún tipo de digestión enzimática (Eames y MacDaniels, 1947; Esau, 1959; Jensen y Salisbury, 1988). Sin embargo, no existe discrepancia de opiniones respecto a que las raíces laterales no forman conexiones con los tejidos que van penetrando (Esau, 1959). Mientras los tejidos de la nueva raíz se diferencian y maduran, el xilema y el floema se desarrollan, de tal modo que se hacen continuos con el xilema y el floema de la raíz original (Jensen y Salisbury, 1988).

Según Russell (1977), existen dos características del hábito del desarrollo lateral de la raíz que tienen implicaciones muy importantes, en condiciones desfavorables para el funcionamiento del sistema radicular. Primero, bajo condiciones de sequía, la corteza al presentarse desecada, no puede impedir la emergencia posterior del primordio lateral (desarrollado al interior de la raíz) cuando las condiciones se tornan favorables. Segundo, aunque en algunas especies, en un ambiente estable, los patrones de desarrollo lateral están predichos estrechamente, en condiciones de ambientes alterados, pueden conducir a un cambio considerable en el número de raíces laterales por unidad de longitud de raíz y en su largo individual. Así, si una parte del eje de la raíz se desarrolla en una zona más favorable que el resto, puede ocurrir una proliferación de raíces laterales.

La configuración que asume el sistema radicular afecta la trayectoria de los nutrientes y la transferencia de agua, desde el suelo a las raíces (Barley, 1970, citado por Nambiar, 1980). Según Sutton (1980a), la proliferación de las raíces laterales es promovida por la

fertilidad del suelo, pero no se ha podido distinguir la relación existente, entre los efectos debido a los niveles de absorción de nutrientes y aquellos debido a la concentración de éstos, en la solución del suelo. En soluciones diluidas, las raíces tienden a ser largas, delgadas y esparcidas, mientras en soluciones concentradas, tienden a ser cortas, gruesas y fibrosas. Sin embargo, Nambiar (1980), afirma que las deficiencias de N y P no afectan significativamente el número y largo de las raíces laterales. El sistema radicular, aún cuando la concentración de nutrientes sea baja, parece ser capaz de ajustar la configuración, de modo que los efectos contrarios sean evitados o disminuidos.

2.4.5 Raíces Adventicias. Las raíces adventicias, son todas aquellas que se originan de cualquier otra parte de la planta, diferente a las raíces del embrión y sus ramificaciones (Hartmann y Kester, 1992). Pueden aparecer en cualquiera de los tres órganos principales de la planta (Jèsko, 1992); en la parte aérea, en los tallos subterráneos y en las raíces relativamente viejas (Eames y MacDaniels, 1947). Sin embargo, se prefiere restringir la denominación de adventicias, a las raíces que se forman a partir de tejidos adultos o en ciertas partes de la planta donde no deberían aparecer, en condiciones normales de desarrollo (Esau, 1959).

La aparición de las raíces adventicias puede considerarse como un mecanismo de reparación del sistema radicular, desbalanceado por daños o estrés (Sutton, 1980a).

L. F. Pravdin (1938, citado por Komissarov, 1968)), explica la significación biológica de los primordios radiculares adventicios, en las plantas: Dice que “durante las inundaciones primaverales, los horizontes inferiores del suelo y las capas de agua, tienen una temperatura más baja que las capas de agua superiores. El nuevo crecimiento vegetativo y la abundante irrupción de yemas foliares y florales, está acompañada por una intensa transpiración, mientras que el suministro de agua por el sistema radicular es deficiente, debido a las bajas temperaturas de los horizontes inferiores del suelo y las capas de agua.

Entonces, durante estas inundaciones, el suministro del agua necesaria para el árbol, se realiza, en gran parte, a través de las raíces desarrolladas adventiciamente en el tallo”.

Según Hartmann y Kester (1992), las raíces adventicias son de dos tipos: raíces preformadas y raíces de lesiones. Las primeras se desarrollan naturalmente en los tallos o ramas, cuando todavía están adheridas a la planta madre, pero, que no emergen sino hasta después de que se corta la porción del tallo. Las raíces de lesiones se desarrollan sólo después de que se ha hecho, por ejemplo, la estaca (propágulo vegetativo), es decir, es una respuesta al efecto de lesión, al preparar el propágulo.

El desarrollo siguiente de la formación de raíces adventicias, estará orientado a la formación de éstas en las estacas, de acuerdo con el sentido de la revisión. Cuando se hace una estaca, las células vivientes que están en las superficies cortadas son lesionadas, quedando expuestas las células muertas y conductoras del xilema. El proceso subsecuente de cicatrización y regeneración ocurre en tres pasos: Primero, al morir las células externas lesionadas, se forma una placa necrótica que sella la herida con un material suberoso (suberina) y tapa el xilema con goma. Esta placa protege las superficies cortadas de la desecación. Segundo, después de unos cuantos días, las células que están detrás de esa placa empiezan a dividirse y se puede formar una capa de células de parénquima (callo). Tercero, en ciertas células próximas al cámbium vascular y al floema se empiezan a iniciar raíces adventicias (Hartmann y Kester, 1992).

El crecimiento de la raíz adventicia es el resultado de una rápida división de las células meristemáticas internas y su subsecuente elongación. Las raíces adventicias, usualmente, se inician en el cámbium del tallo de las estacas y abren una vía a través de la corteza próxima o entre el callo y la corteza. La división celular resulta en un aumento en el volumen del primordio radicular, el cual gradualmente se mueve hacia la periferia del tallo, casi siempre, en ángulo recto a su eje longitudinal (Komissarov, 1968; Luxová y Ciamporová).

El origen de las raíces adventicias en la región interfascicular, en el radio vascular o en el cámbium sitúa a la joven raíz cerca del xilema y el floema del eje principal y facilita el establecimiento de la conexión vascular entre los dos órganos (Esau, 1959). Después de la emergencia desde el tejido parental, las raíces adventicias diferencian un promeristema, una caliptra, cilindro vascular y corteza (Esau, 1959).

2.5 ESTACAS ENRAIZADAS Y PLANTULAS.

2.5.1 Aspectos generales sobre estacas. El método de propagación vegetativa que actualmente se está desarrollando con mayor rapidez, es el de estacas enraizadas. Esta técnica se ha utilizado por muchos años en algunas especies, en programas de reforestación en Japón, Europa, Nueva Zelanda y Canadá (Thompson, 1984).

Las estacas, proveen la oportunidad para aumentar la ganancia genética, dentro de un programa de mejora, llevando a reducir tiempo y capital en el mejoramiento de los atributos morfológicos y fisiológicos de la estaca (Cameron *et al.*, 1987; Cameron, 1987, citados por Whiteman *et al.*, 1990); se mejora el crecimiento de los árboles y, en general, pueden proveer más mejoras que las semillas de un huerto semillero de primera generación (Pederick y Eldridge, 1983).

La reforestación utilizando estacas enraizadas, provenientes de árboles seleccionados, ha hecho posible el establecimiento de bosques de gran uniformidad de tamaño, calidad de trozas y propiedades de la madera (Fielding, 1964; Wilcox *et al.*, 1976, citados por Klomp y Hong, 1985; Zobel y Talbert, 1988). Como resultado, en muchas partes del mundo se han llegado a interesar en el uso directo de las estacas enraizadas, para la producción operacional de bosques. Por ejemplo, en la productividad de las plantaciones de pinos tropicales, la multiplicación vegetativa a través de estacas enraizadas, juega un rol de preponderancia (Haines *et al.*, 1992).

Sin embargo, la investigación sobre este tipo de propagación, ha sido limitada (MacDonald, 1990). En Australia, durante muchos años -en el período de desarrollo de estrategias, para aumentar la ganancia a través del uso de huertos semilleros-, la idea de utilizar una propagación masificada de estacas para el establecimiento de una plantación, fue frecuentemente objetada, debido a que los forestadores consideraban que la propagación por estacas era más cara y menos confiable que la propagación por semillas (Spencer, 1987).

Como se ha dicho anteriormente, las estacas permiten la producción de un gran número de plantas provenientes de semillas genéticamente mejoradas; semillas cuyo número es limitado (producidas desde huertos semilleros o por polinización controlada), lo que reduce, indudablemente, los costos de producción de nuevas plantas, manteniendo la ganancia genética, y sin que se alteren significativamente las técnicas normales de viverización (West, 1984; Myers y Howe, 1990).

No obstante, Shelbourne (1987) en Nueva Zelandia, señala que existen costos extras entre las dos tecnologías, polinización controlada y multiplicación vegetativa, sobre el uso de semillas de huertos semilleros para producción de plántulas, principalmente costos relacionados al cultivo de las estacas. Se proveen 10 ó más estacas por semilla (de polinización controlada), y el costo de tales estacas podría ser de entre 50% y 100% mayor que el costo de una plántula. Según Pederick y Eldridge (1983), las estacas son más caras de cultivar que las plántulas, debido a que las estacas deben ser colectadas y manipuladas individualmente y no son apropiadas, como las semillas, para ser operadas mecánicamente en el vivero; el costo de las estacas puede ser de cinco veces más que las plántulas. No obstante, las estacas se prefieren por alcanzarse altas tasas de retorno.

Una limitante técnica importante para usar estacas enraizadas, es su dependencia a la edad de la planta madre (Zobel y Talbert, 1988). La propagación se hace fácil con plantas jóvenes, no así con árboles más viejos (Pederick y Eldridge, 1983; Thompson, 1984). El comportamiento de las estacas en terreno decrece con el aumento de la edad

de la planta donante (Zobel y Talbert, 1988). Estudios, sobre diversas especies, han demostrado que el porcentaje de enraizamiento, la velocidad de enraizamiento, el número de raíces, y la supervivencia, crecimiento y forma, que tienen las estacas en terreno, pueden mejorarse con técnicas que utilicen setos de baja edad fisiológica (Karlsson y Russell, 1990).

Según Ritchie (1993), la tecnología empleada para enraizar estacas, se emplea normalmente para capturar dos oportunidades: primero, el aumentar la oferta de semillas “valiosas” y segundo, generar clones “valiosos” del genotipo. En el primer caso, de un número relativamente pequeño de copias se hace un número relativamente grande de genotipos. Por ejemplo, de 0.46 kg. (1 libra) de semillas de pino oregón, se puede producir cerca de 20.000 plántulas, bajo prácticas normales de vivero; el mismo peso de semillas, pueden incrementar por sobre un millón el número de estacas, en un ciclo de propagación. La clonación, hace un gran número de copias de un número relativamente pequeño de genotipos superiores (Clarke y Slee, 1984).

Para producir estacas a gran escala, se requiere de un alto grado de competencia técnica, que es una parte del precio que se debe pagar por aumentar la productividad y la calidad de las plantas (Pederick y Eldridge, 1983).

Existen muchos estudios comparativos de crecimiento, supervivencia, forma, resistencia a determinadas enfermedades y calidad del producto final, entre plántulas y estacas, en el exterior. Por ejemplo, en Nueva Zelandia, en pino radiata, el NZFRI (New Zeland Forest Research Institute), ha establecido una red muy grande de ensayos para comparar el crecimiento y la forma de estacas y plántulas (MacLaren, 1993). De entre muchas comparaciones, destacan las siguientes:

2.5.2 Comparaciones de crecimiento y supervivencia entre plántulas y estacas: En un estudio realizado en Nueva Zelandia, en pino radiata, no hubo diferencia significativa en

el crecimiento en altura, entre las plántulas y las estacas, al cabo de 15 años (Klomp y Hong, 1985); el crecimiento en altura de las plántulas excedió al de las estacas, en los primeros tres años de crecimiento, luego parece igualarse y, en algunos casos, el crecimiento de estas últimas superó a las primeras. En *Chamaecyparis nootkatensis* (D. Don) Spach, no se encontró diferencia significativa en altura y diámetro, entre idéntica comparación, a los 9 y 11 años de evaluación, después de plantar (Karlsson y Russell, 1990). Sin embargo, existen evidencias de que las plántulas de *Chamaecyparis thyoides* (L.) B.S.P., pueden crecer más rápido, en terreno, que las estacas (Boyle y Kuser, 1994).

En Carolina del Norte (Estados Unidos), en *Pinus strobus* L., las estacas mantuvieron una escasa ventaja, no significativa ($p = 0,05$) en altura, durante los tres primeros años, sobre las plántulas. Después del cuarto año, la altura de las estacas comenzó a tener una relativa declinación respecto de la altura de las plántulas, explicándose la primera diferencia, porque las estacas tenían un 12% más de altura que las plántulas, al plantar (Struve y MacKeand, 1990). En otro estudio, West (1984), señala que la diferencia en el crecimiento en altura entre las plántulas y las estacas de pino radiata, al cabo de 5 años en terreno, fue menor a 0,3 m. Sin embargo, el crecimiento diamétrico de las plántulas fue considerablemente mayor que las estacas -una diferencia de 0,96 a 2,39 cm, a los 5 años, dependiendo del sitio.

En Suecia, trabajando con *Picea abies* (L.) Karst., Gemmel *et al.* (1991), encontraron que la supervivencia y la altura de las estacas (a 8 años de plantado) fue superior a los resultados obtenidos por las plántulas.

Sweet y Wells (1974, citados por West, 1984), demostraron que las estacas tienen tasas de crecimiento relativamente menores que las plántulas y que la tasa de crecimiento de las estacas disminuye con el aumento de su edad fisiológica.

Por otro lado, Shelbourne y Thulin (1964), y Menzies y Chavasse (1982), también citados por West (1984), reiteran la indicación que las estacas tienen un potencial de

crecimiento menor que las plántulas, en especial, en sitios difíciles. No obstante, Whitemann *et al.* (1990), observó una mejora en el crecimiento, en donde las estacas de pino radiata exhibieron aumentos diamétricos y alturas similares, cuando se compararon con plántulas de tres y cinco años. Ritchie *et al.* (1993), encontraron muy pocas diferencias en el comportamiento en terreno, entre plántulas y estacas juveniles de pino oregón, en el Oeste del Estado de Washington, a pesar de que las estacas, al momento de plantar, presentaron menores alturas y diámetros más pequeños.

Una razón para que existan reportes encontrados, e incluso que existan pocos sobre incrementos de crecimiento en el uso de estacas, con calidad genéticamente mejoradas, respecto a las plántulas, es la utilización de una tecnología inapropiada en el vivero, en la fase de enraizamiento y cultivo de las estacas (Whitemann *et al.*, 1990).

Según MacLaren (1993), si las estacas de pino radiata, son tomadas de setos de tres años, pareciera que no hay pérdidas y quizás haya ganancia en el crecimiento diamétrico. También Whitemann *et al.* (1990) destaca este factor, señalando que las estacas de pino radiata que crecen desde un material parental con una edad fisiológica equivalente a cerca de dos años, desde la semilla, tienen un potencial superior al de las plántulas, en términos de crecimiento y forma. Según algunos estudios, las plantas madres -setos- podrían mantenerse a una edad fisiológica de al menos dos años desde las semillas, pero no más que tres años, para asegurar la ganancia de crecimiento y forma (Clarke y Slee, 1984; Whitemann *et al.*, 1990).

En cuanto a la supervivencia, Struve y McKeand (1990), probaron en *Pinus strobus* L., que las estacas, a 8 años de la plantación, tuvieron un promedio de 78% de supervivencia, mientras que en las plántulas fue de un 68%, aunque la diferencia no fue significativa. En sitios propensos a la heladas, en Nueva Zelandia, Menzies y Chavasse (1982), encontraron que las plántulas de pino radiata sobrevivieron mejor y crecieron más rápido que las estacas, aunque la superioridad se exageró un poco por el tamaño inicial de las plántulas. De acuerdo a la supervivencia se sostiene que el sistema radicular regenerado

adventiciamente desde el tallo de la estaca, es más superficial, con menos raíces laterales y menos eficiente en la absorción de nutrientes, que un sistema radicular de plántulas (McKeand y Allen, 1984; McKeand y Frampton, 1984; Struve, 1982, todos citados por Struve y McKeand, 1990). Sin embargo, Struve y McKeand (1990), de acuerdo a su estudio, concluyen que la supuesta inferioridad del sistema radicular de las estacas, relativa a las plántulas, estuvo adecuada para una alta supervivencia.

2.5.3 Comparaciones de acuerdo a la forma del árbol y al producto final: Se ha determinado que las estacas tienen una ventaja significativa en la forma, particularmente en la rectitud del fuste y esto se apoya en una cantidad numerosa de trabajos publicados (Pederick y Eldridge, 1983; Klomp y Hong, 1985); por ejemplo, las estacas presentan menos malformaciones, gran uniformidad en el tamaño, un menor tamaño de ramas y por lo tanto, menor tiempo de poda. El reducido número de ramas también se ha comprobado y se ha interpretado como una característica de una fase o hábito de crecimiento más maduro (Klomp y Hong, 1985), ya que las características genéticas de los árboles seleccionados, se retienen en las estacas provenientes de ramas (Pederick y Eldridge, 1983). En promedio, las estacas tienen significativamente menos ramas laterales y más pequeñas, que las plántulas (Libby *et al.*, 1972; West, 1984; Struve y McKeand, 1990).

En algunos reportes se alude a que las estacas, por ser árboles fisiológicamente más viejos, desarrollan fustes más rectos, con menos bifurcaciones, con ramas pequeñas y un hábito de ramas más ordenado (Karlsson y Russell, 1990); los árboles, provenientes de estacas, son fuertes, de copas más permeables que permiten una mejor tolerancia al viento, incrementando la estabilidad, y también, probablemente, son menos ahusados, de corteza más delgada y de copa más reducida (Menzies *et al.*, 1991; MacLaren, 1993). Según Klomp y Hong (1985), en pino radiata, las plántulas poseen la corteza más delgada, sus fustes son más ahusados, tienen mayor tendencia a las torceduras, a encorvarse y a bifurcarse, en comparación a las estacas.

De acuerdo a la mejor forma de las estacas, Pederick y Eldridge (1983), proponen que éstas, podrían ser plantadas en sitios que son propensos a producir árboles de mala forma. Debido a todas estas características, respecto a la forma de los árboles, en un estudio sobre tiempos de poda relacionando árboles provenientes de ambos tipos de plantas, Klomp y Hong (1985), en un rodal de pino radiata, encontraron que los tiempos de poda para estacas fueron significativamente menores que para plántulas. El tiempo promedio para estacas fue de 1,50 min./árbol y para plántulas de 2,52 min./árbol (para una poda baja de 1,5 m), la diferencia se debió, principalmente, al número de ramas. Estos resultados son avalados por estudios anteriores, Tufuor y Libby (1973) y Libby *et al.* (1980).

En otro estudio, el volumen total de las trozas cosechadas de un rodal de 36 años de pino radiata, provenientes de estacas y plántulas, fue aproximadamente el mismo, pero la cantidad de volumen de calidad fue mayor en las trozas de estacas (Struve y McKeand, 1990). Una alta proporción de trozas provenientes de estacas, fueron aceptadas para debobinado. La producción total de volumen, de chapas, fue un 43% mayor para las estacas por sobre las plántulas y de un 8% mayor en madera aserrada, desde un volumen casi idéntico de trozas cosechadas. Lo más importante es que esta ganancia substancial en la producción, se obtuvo desde trozas de mejor calidad y no desde un rodal con grandes volúmenes totales de madera (Struve y McKeand, 1990).

2.5.4 Otras consideraciones: Según Pederick y Eldridge (1983), las estacas son particularmente apropiadas para el uso en agroforestería, ya que los árboles crecen a amplios espaciamientos y permiten continuar con el desarrollo de pastos en la superficie, maximisándose el rendimiento de cada árbol.

En cuanto a infecciones, Klomp y Hong (1985), en Nueva Zelandia, en un sitio donde existió vegetación nativa, encontraron problemas de supervivencia mayor en estacas que

en plántulas, debido a la presencia de *Armillaria* en las raíces, dando una señal de la susceptibilidad de las estacas a esta enfermedad.

Otra peculiaridad de las estacas respecto a las plántulas, es que las primeras son más palatables y proclives al ramoneo, por parte de animales, como son los conejos (Burdon, 1992). Wells (1974), en un ensayo en Australia, encontró que el 94% de las estacas fueron dañadas (como alimento), comparadas con un 0% de plántulas. Al respecto, según el mismo autor, se sugiere que las estacas se prefieren por dos razones: primero, las estacas al momento de plantar presentan un mayor tamaño que las plántulas, y segundo, las estacas fisiológicamente son más maduras (presumiblemente poseen un mayor contenido de proteínas). Respecto a esto último, Landis (1994), informa que el mayor contenido de N excita a los animales a comer dichas plantas, que en el caso de las estacas, llegan a ser excesivamente suculentas.



III MATERIALES Y METODOS.

3.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

El estudio se estableció en cuatro predios de Forestal Mininco S.A., que a su vez, representan diferentes zonas de la VIII Región; de esta manera, se buscó cubrir las áreas más representativas de las plantaciones con pino radiata.

3.1.1 Vertiente Occidental de la Cordillera de la Costa: Fundo Escuadrón. El ensayo se estableció en el fundo Escuadrón, localizado a 18 km al Sur de Concepción, por el camino que une esta ciudad con Coronel, ubicándose, específicamente, en el paralelo 36° 56' 6" de latitud Sur y el meridiano 73° 7' 5" de longitud Oeste. El ensayo se encuentra en una ladera de exposición Nor-Noreste, de pendiente fuerte, entre 15-30%; a la vez, corresponde a una reforestación (cosecha 1995) y se encuentra rodeado por plantación 1995.

a) **Características climáticas:** La zona se caracteriza por una alta moderación en el clima, por el efecto oceánico; con un bajo número total de heladas por año y una alta humedad relativa del aire en el mes más cálido (enero). Con un período seco prolongado a corto (5,5 - 1 meses) y con precipitaciones de moderadas a favorables (1000 a 3000 mm) (Schlatter *et al.*, 1994). La precipitación promedio alcanza los 1014,3 mm, mientras que la evapotranspiración alcanza los 503,2 mm; la temperatura media varía alrededor de 12,1°¹.

b) **Características edáficas:** El material de origen de los suelos de este predio corresponde a materiales metamórficos (esquistos, micaesquistos, filitos), cuyas características se enmarcan dentro de los suelos de la serie Nahuelbuta, que se extiende desde el río Bio-Bío al Sur, por la parte occidental de la Cordillera de la Costa. Estos

¹ Información proporcionada por la Estación Meteorológica de Escuadrón, Forestal Mininco.

suelos se caracterizan por poseer texturas franco-arcillosas, una profundidad variable y por presentar una erosión moderada a fuerte, en sectores localizados¹.

c) Características del Sitio: Esta zona, y en especial lo correspondiente al fundo Escuadrón, presenta condiciones favorables para el crecimiento del pino radiata, representado por clases de sitio I (índice de sitio >30) y II (índice de sitio entre 24 y 30) (Schlatter *et al.*, 1994).

3.1.2 Secano Interior: Fundo Gomero. El ensayo se ubicó en el sector sur del fundo Gomero (37° 6' 47" de latitud Sur y 72° 46' 4" de longitud Oeste). Este fundo se ubica a 35 km al Oeste de la ciudad de Yumbel, en plena vertiente oriental de la Cordillera de la Costa. El ensayo se encuentra en una pequeña ladera de exposición Oeste, con una pendiente variable entre 5-15%, la plantación circundante corresponde a una reforestación (cosecha verano de 1995).

a) Características climáticas: El secano interior está formado por la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa y el extremo occidental de la depresión intermedia. Esta zona destaca por un pronunciamiento del período seco, una menor pluviometría y un balance hídrico anual más crítico que las zonas vecinas. Respecto a la zona anterior (Escuadrón), presenta una humedad relativa del aire más baja en verano y un mayor número de heladas. Posee un rango de entre 700-1300 mm, siendo una pluviosidad desfavorable a moderada; el balance hídrico estival es desfavorable (Schlatter *et al.*, 1994).

b) Características edáficas: La zona está comprendida en los suelos graníticos, formados por material intrusivo altamente meteorizado y rico en cuarzo. Esta zona se caracteriza por tener una topografía preferentemente intermedia, de cerros, con claras señas de erosión (presencia de cárcavas). La textura es arcillosa, presenta una alta

¹ Del informe "Análisis de suelos, Fundo Escuadrón", Forestal Mininco.

erodabilidad y deficiencias de N, P y B, y un bajo contenido de materia orgánica¹. Los ensayos están ubicados dentro de la serie Cauquenes (Carrasco y Millán, 1991).

c) Características del Sitio: Esta zona, debido a sus variadas limitantes, presenta también condiciones limitadas para el cultivo de especies forestales; representado por clases de sitio III, es decir con índices de sitio < 24, para pino radiata.

3.1.3 Depresión Intermedia; Fundo Colicheu. El fundo Colicheu, sector Oeste, se ubica a 7 km al Noreste del cruce Cabrero (ruta 5). Las coordenadas del ensayo son, 37° 0' 12" de latitud Sur y 72° 18' 13" de longitud Oeste. El ensayo se encuentra ubicado en un sector sin pendiente y donde se cosechó recientemente (año 1995).

a) Características climáticas: En comparación con el secano interior, en esta zona se disminuye levemente la longitud del período seco y el déficit del balance hídrico anual. Sin embargo, el número de heladas es mayor. En el período vegetativo, presenta un período seco prolongado a corto (6-1 meses); siendo desfavorable a adecuado para el crecimiento de las plantas. Las precipitaciones van del orden de los 1200 a 1400 mm; siendo moderado (Schlatter *et al.*, 1994). La humedad relativa del aire es media a alta (55-75%). La temperatura media varía alrededor de 13,1° C².

b) Características edáficas: Los arenales (como zona) constituyen el cono aluvial del río Laja; formados por depósitos de materiales, principalmente andesíticos y basálticos. La serie de suelos, donde se encuentra el ensayo, corresponde a Arenales³; su textura es arenosa, de densidad aparente media a alta y con muy baja retención de agua. Presentan una profundidad moderada, con presencia permanente de nivel freático en el espacio arraigable, producto de una estrata semipermeable o impermeable. Otra limitante es la insuficiencia nutritiva en el suelo superior.

¹ Informe "Análisis de suelos, Fundo Gomero", Forestal Mininco.

² Información proporcionada por la Estación Meteorológica Colicheu, Forestal Mininco S.A.

³ Informe "Análisis de suelos": Colicheu, Forestal Mininco S.A.

c) Características del sitio: En esta zona se encuentra una cantidad importante de las plantaciones de pino radiata de la VIII Región, sin embargo, las limitantes que presenta, hacen que no sea una zona óptima para el crecimiento del pino, por lo que se representa por clases de sitio II y III (Schlatter *et al.*, 1994).

3.1.4 Precordillera andina; Fundo Santa Lucía. El fundo Santa Lucía se ubica a alrededor de 12 km al Noreste de la localidad de Huépil y el ensayo dentro del fundo tiene por coordenadas: 37° 12' 39" de latitud Sur y 71° 48' 25" de longitud Oeste. El terreno donde se plantó, corresponde a una pradera de lomajes suaves, con una pendiente mínima menor a 5%, de exposición Sur.

a) Características climáticas: Esta zona presenta una caída pluviométrica mayor a la de las zonas anteriores, afectando fundamentalmente el balance hídrico anual (2363,3 mm en 1993¹). La humedad relativa del aire está entre 55 a 70% (Schlatter *et al.*, 1994). Por el efecto de la elevación, las temperaturas promedio disminuyen, lo que aminora, en el ciclo diario, la pérdida por evapotranspiración, no así en las horas de máxima radiación. Esta zona presenta una gran dificultad en términos de régimen de heladas, ya que sus temperaturas mínimas absolutas, entre los meses de Mayo a Septiembre, son extremas: -5,5 a -9,0° C¹.

b) Características edáficas: Los suelos correspondientes a esta zona se derivan de cenizas volcánicas (transportadas en forma eólica o aluvial), se les conoce como trumaos. La serie de suelos, en donde está ubicado el ensayo, se denomina Santa Bárbara, que se caracteriza por tener un alto poder fijador de nutrientes y una baja densidad aparente (0,7-1,2 gr/cm³)².

¹ Información proporcionada por Forestal Mininco S.A., proveniente de la Estación Meteorológica Rucamanqui.

² "Descripción y muestreo de suelo, predio Santa Lucía", Forestal Mininco S.A.

c) Características del sitio: La principal limitante que presentan los sitios de esta zona son, la gran cantidad de heladas que caen al año. Las clases de sitio que representan son II y III (Schlatter *et al.*, 1994).

3.2 MATERIALES.

3.2.1 Plantas. Las plantas establecidas en los ensayos son plántulas y estacas de la especie *Pinus radiata* D. Don., que se obtuvieron del vivero Bio-Bío, propiedad de Forestal Mininco S.A., ubicado a 6 km al Este de la ciudad de Los Angeles (camino El Peral), VIII Región. Las plántulas se originaron de semillas mejoradas (F 1.0) que pertenecen a la familia E-20 (clon 20, del huerto semillero de Escuadrón, Forestal Mininco S.A.), una de las familias mejor ranqueadas en las últimas temporadas de plantación. Por su parte, las estacas se obtuvieron de setos de la misma familia (E-20), los cuales tenían dos años de edad. Ambos tipos de plantas se establecieron en el vivero a raíz desnuda, en platabandas y fueron sometidas a las mismas prácticas culturales.

3.2.2 Otros. Para la toma de datos se utilizaron un pie de metro y una regla graduada, además de las herramientas tradicionales utilizadas en la cosecha y establecimiento (orqueta, cajas de embalaje, pala plantadora, etc.). En la plantación se requirió la ayuda de 3 plantadores.

3.3 DESCRIPCION DEL ESTUDIO.

3.3.1 Objetivos.

- *Objetivos Generales:*

A. Evaluar el efecto del número del número de raíces laterales en el comportamiento de plantas de *Pinus radiata* D. Don.

B. Comparar el comportamiento en terreno, entre plántulas y estacas de *Pinus radiata* D. Don.

• *Objetivos específicos:*

- a. Evaluar el efecto del número de raíces laterales primarias, en el comportamiento de plántulas de *Pinus radiata* D. Don. en terreno.
- b. Evaluar el efecto del número de raíces laterales adventicias, en el comportamiento de estacas de *Pinus radiata* D. Don. en terreno.
- c. Determinar la correlación existente entre el NRLP y el diámetro del tallo y altura iniciales, en plántulas de *Pinus radiata* D. Don.
- d. Determinar la correlación existente entre el NRLA y el diámetro del tallo y altura iniciales, en estacas de *Pinus radiata* D. Don.

3.3.2 Determinación de los tratamientos. Una vez en el vivero, en primer lugar, se extrajeron 50 plantas (de plántulas y estacas), con el fin de conocer el comportamiento que seguía la variable en estudio, raíces laterales (distribución, frecuencia) y así hacer consistente la asignación de los tratamientos, para la futura clasificación de las plantas. A las plantas se les cuantificó el número de raíces laterales; en el caso de plántulas, se contaron todas las raíces laterales de primer orden, que se desarrollan a partir de la raíz principal y que midieron más de 1 mm de diámetro en la unión; por su parte, en estacas, se enumeraron todas las raíces laterales adventicias principales, que tuvieron 3 mm o más de diámetro en su base.

Una vez visualizada la distribución que sigue la variable (apéndice), para ambos tipos de planta, se generaron las clases de raíces laterales, siguiendo la experiencia de Kormanik (1986), bajo un criterio de representatividad de la población que, en definitiva, llegan a ser los tratamientos y que se muestran en la tabla 1. Estos tratamientos representan diferentes grados de calidad de planta.

Tabla 1. REPRESENTACION DE LOS TRATAMIENTOS, PARA AMBOS TIPOS DE PLANTA, EXPLICADOS COMO CLASES O RANGOS DE NUMERO DE RAICES LATERALES PRIMARIAS.

PLANTULAS		ESTACAS	
<u>Tratamientos o clases</u>	Rango	<u>Tratamientos o clases</u>	Rango
1	[17 , ... [1	[6 , ... [
2	[14 , 16]	2	[4 , 5]
3	[11 , 13]	3	[1 , 3]
4] ... , 10]		

Tanto plántulas como estacas siguen una distribución normal (probada estadísticamente mediante una prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (Steel y Torrie, 1988)) -similar a antecedentes aportados por Rose *et al.* (1990), en pino oregón. El tratamiento 4 fue aplicado sólo para plántulas, debido a que la variable en cuestión, en este tipo de planta, presentaba un rango más amplio de dispersión.

3.3.3 Instalación de ensayos. Una vez que las plantas, en el vivero, fueron seleccionadas de acuerdo al NRL, bajo la pauta de clases ya establecida, se empacaron, etiquetadas de acuerdo al tratamiento correspondiente y ordenadas en una secuencia pre-establecida (aleatoriamente -apéndice) indicando el lugar en terreno donde serían plantadas. Antes de ser empacadas, el sistema radicular de las plantas fue sumergido en una solución con gel, con el objeto de evitar la deshidratación (el esquema de trabajo se presenta en los apéndice).

Anteriormente a estas actividades se efectuó una labor de cultivo, en el lugar donde serían instalados los ensayos, es decir, el diseño de la casilla, cuya dimensión fue de 40 x 40 cm, con un repique de 30 cm de profundidad. El espaciamiento siguió los estándares de la empresa: 4 x 2 m, obteniendo una dimensión, del ensayo, por fondo, de 40 m de ancho por 76 m de largo.

La plantación se efectuó de manera tradicional, con pala plantadora y teniendo cuidado en procurar una alta eficiencia por sobre un buen rendimiento. Inmediatamente plantado, se procedió a identificar las plantas (en un formulario) leyendo la etiqueta pegada a la planta y que indicaba el NRL, midiendo el diámetro del tallo con un pie de metro, con una precisión de una décima de mm y la altura, con una regla graduada y con una precisión al cm.

3.3.4 Cuidado de los ensayos. A fines de Septiembre de 1995, se hizo una aplicación de herbicidas, con el objeto de controlar la irrupción de malezas, que representan un factor de competencia importante (por agua y nutrientes, principalmente) en la primera etapa de crecimiento de las plantas; se aplicó simazina en Santa Lucía y Garlón en los predios restantes.

A mediados de Octubre del mismo año, se fertilizaron los ensayos con boronatrocalcita (en polvo), en una dosis de 3 gr de ingrediente activo (Boro) por planta; se abarcó a la planta en una sección circular que cubriera la casilla.

3.3.5 Medición. Al finalizar la estación de crecimiento, es decir, Abril de 1996, se efectuó la evaluación de todos los ensayos. Para esto se diseñó un formulario (apéndice), específico para cada parcela en cuestión. El formulario presenta el valor de las variables morfológicas de cada planta, al momento de plantar; NRL (número de raíces laterales), diámetro del tallo (en mm) y altura (en cm). Las variables respuesta que se cuantificaron, fueron:

- **supervivencia (s)**; evaluada a través de un censo y explicada como viva (100) o muerta (0), en base a una análisis de criterio visual (vigor, coloración, flexibilidad). El valor final de la supervivencia de la unidad experimental, se expresa como porcentaje; cuociente entre la sumatoria de las plantas vivas (100) y el número total de plantas muestreadas por parcela.
- **diámetro del tallo en mm (Df)**; medido en la base del tallo con un pie de metro y con una precisión de una décima de mm.

- **altura** de la planta en cm (**Af**); entendida como la distancia entre la base del tallo y el extremo del ápice principal de la planta. Se utilizó una regla graduada y la medición tuvo una precisión al cm.

El formulario presenta un ítem de observaciones, en donde se caracterizan situaciones destacables de la parcela.

3.3.6 Análisis estadístico.

3.3.6.1 Correlación entre las variables diámetro del tallo y altura iniciales, con el NRL.

Esta correlación está dada al momento de cosechar las plantas en el vivero. Para determinar si existe una relación entre el diámetro y la altura iniciales de la planta, respecto del NRL de ésta (plántulas y estacas), se efectuó un análisis de correlación. Los modelos que se ajustaron son del tipo:

$$D_i = a + b \text{ NRLP}$$

$$A_i = a + b \text{ NRLP}$$

$$D_i = a + b \text{ NRLA}$$

$$A_i = a + b/\ln \text{ NRLA}$$

donde,

NRLP: número de raíces laterales primarias (plántulas),

NRLA: número de raíces laterales adventicias (estacas),

D_i : diámetro inicial del tallo (mm),

A_i : altura inicial (cm).

Para analizar la correlación existente, se calculó el coeficiente de correlación (r) y el coeficiente de determinación (R^2), además del estadístico F. La expresión de la tendencia general se demuestra en un gráfico XY, colocando en la ordenada la variable NRL (según tipo de planta) y en la abscisa la variable morfológica (diámetro del tallo o altura).

3.3.6.2 Efecto del NRL en la supervivencia y crecimiento inicial de las plantas. El diseño experimental usado para cumplir con el objetivo A (objetivos específicos a y b), fue el de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Cada unidad experimental consistió de 15 plantas, distribuidas en 3 hileras de 5 plantas cada una.

Los resultados se evaluaron a través de un análisis de covarianza (ANCOVA). Esta metodología de análisis permite evaluar diferencias de supervivencia y crecimiento inicial separadamente del efecto que tienen otros parámetros (diámetro del tallo y altura iniciales) sobre las variables respuesta a medir (supervivencia, diámetro del tallo y altura finales), atribuyendo el efecto esperado solamente al NRL. Además, el análisis de covarianza, siendo una metodología intermedia entre el análisis de varianza y el análisis de regresión (Caballero, 1973), resulta el más indicado para el presente experimento.

Así, se estudiaron las diferencias entre los distintas clases de NRL, utilizando como variable dependiente (Y) a las variables de supervivencia, diámetro final del tallo y altura final de las plantas, ajustados o controlados por la variable X (diámetro del tallo y altura iniciales) (en apéndice se presenta la estructura del análisis).

Si el F_m (que es el estadístico de prueba) es significativo ($F_m > F_c$), se concluye que existen diferencias, ya sea, en supervivencia o crecimiento inicial (diámetro y altura final) atribuibles a la calidad de las plantas (NRL). Si existen diferencias significativas se determinó qué clases presentaron los niveles superiores de supervivencia y crecimiento, a través del test de comparaciones múltiples de Tuckey.

3.3.6.3 Comparación de comportamiento en terreno, entre plántulas y estacas. Para responder acerca de la diferencia de los valores medios de supervivencia y crecimiento inicial, entre plántulas y estacas (objetivo B), se utilizó el estadístico t, para comparación de medias. Se comprobó la normalidad de los datos a analizar, mediante una prueba de bondad de ajuste, Kolmogorov-Smirnov. La prueba de homogeneidad de varianza se realizó con un test de Bartlett (prueba chi-cuadrado).

IV RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1 CORRELACION EXISTENTE ENTRE EL NRLP Y EL DIAMETRO Y ALTURA INICIALES.

4.1.1 Plántulas. Los ajustes generales que correlacionan el NRLP con el diámetro inicial del tallo y la altura inicial para plántulas, son los siguientes:

$$D_i = 4,63697 + 0,1037 \text{ NRLP}$$

promedio $D_i = 6,04$

mín. = 3,6 ; máx. = 10,1

promedio NRLP = 13,5

mín. = 5 ; máx. = 25

$$r_m = 0,41$$

$$R^2 = 0,17$$

$$F_m = 144,19 ; \text{Prob} > F = 0,0001$$

$$A_i = 31,087 + 0,169 \text{ NRLP}$$

promedio $D_i = 33,37$

mín. = 22 ; máx. = 44

promedio NRLP = 13,5

mín. = 5 ; máx. = 25

$$r_m = 0,15$$

$$R^2 = 0,02$$

$$F_m = 16,92 ; \text{Prob} > F = 0,0001$$



donde:

D_i : Diámetro inicial del tallo,

A_i : altura inicial,

NRLP : Número de raíces laterales primarias,

r : coeficiente de correlación,

R^2 : coeficiente de determinación.

Observando los datos anteriores y los gráficos de dispersión de las figuras 2 y 3, el NRLP tiene una baja asociación con las variables diámetro del tallo y altura; explica en un 41% el diámetro del tallo y en un 15% la altura de las plantas.

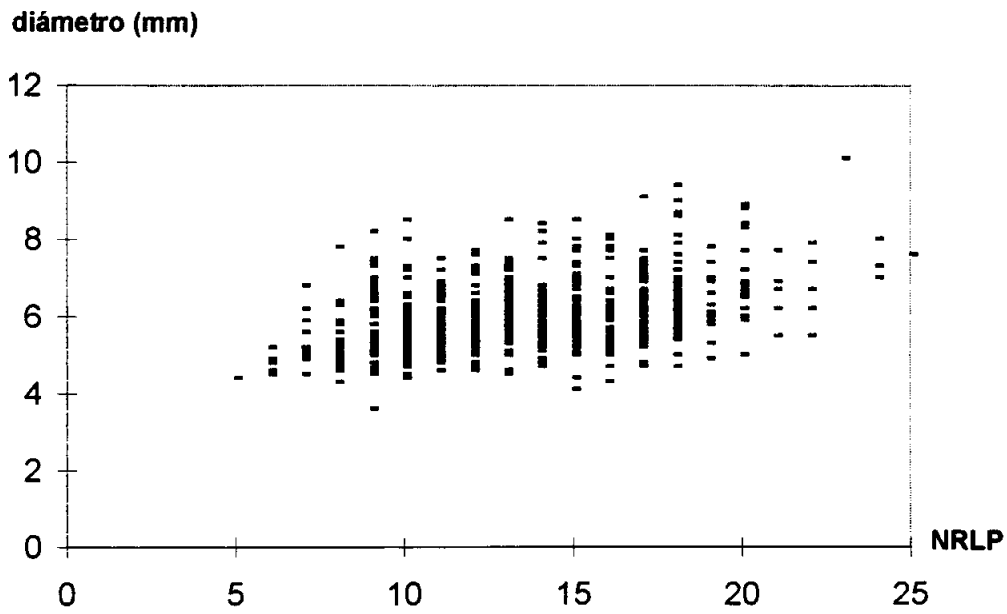


Figura 2. Asociación existente entre el NRLP y el diámetro del tallo de plántulas de *P. radiata* D. Don., al momento de cosechar.

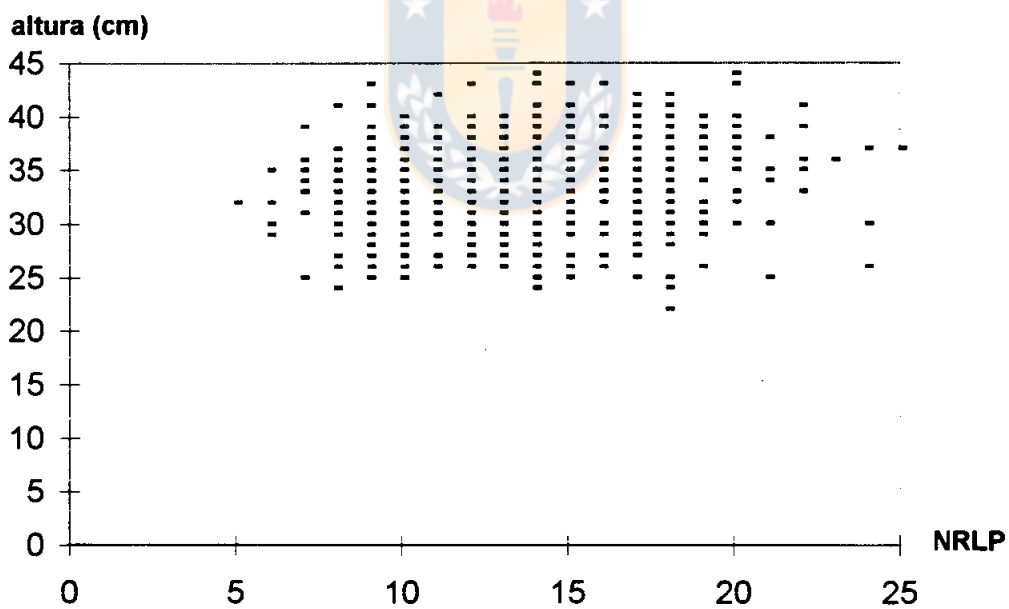


Figura 3. Asociación existente entre el NRLP y la altura inicial de plántulas de *P. radiata* D. Don., al momento de cosechar.

La correlación es escasamente positiva, sin embargo, para ambos modelos, el coeficiente de correlación (r) no es significativo, es decir, no existe una asociación real entre ambas variables. Los modelos ajustados resultaron ser los adecuados (valor F).

4.1.2 Estacas. El resultado del ajuste de los modelos que asocian el NRLA y el diámetro y altura iniciales, son los siguientes:

$$D_i = 7,797 + 0,2307 \text{ NRLA}$$

$$\text{promedio } D_i = 8,85$$

$$\text{mín.} = 4,3 ; \text{máx.} = 12$$

$$\text{promedio NRLA} = 4,5$$

$$\text{mín.} = 1 ; \text{máx.} = 10$$

$$r_m = 0,34$$

$$R^2 = 0,11$$

$$F_m = 69,85 ; \text{Prob} > F = 0,0001$$

$$A_i = 37,30 + 1,0974/\ln \text{ NRLA}$$

$$\text{promedio } D_i = 38,07$$

$$\text{mín.} = 22 ; \text{máx.} = 55$$

$$\text{promedio NRLA} = 4,5$$

$$\text{mín.} = 1 ; \text{máx.} = 10$$

$$r_m = 0,057$$

$$R^2 = 0,0032$$

$$F_m = 1,74 ; \text{Prob} > F = 0,53$$



donde:

NRLA : número de raíces laterales adventicias.

Al interpretar los datos de los ajustes generales, para estacas, y observando los gráficos de dispersión (figuras 4 y 5), se pueden hacer los siguientes alcances. Primero, las dimensiones, tanto en altura como en diámetro del tallo, son mayores respecto a las plántulas; en diámetro, en promedio, existe un 46,5% de superioridad y en altura un 14,1%. Segundo, si la correlación en el caso anterior es escasa, ahora lo es aún más; el NRLA no explica en absoluto la altura de las estacas y la correlación es ligeramente negativa (prácticamente es constante); el NRLA explica en un 34% el diámetro, además la correlación es positiva, es decir, que a medida que aumenta el NRLA lo hace de igual forma el diámetro de las estacas.

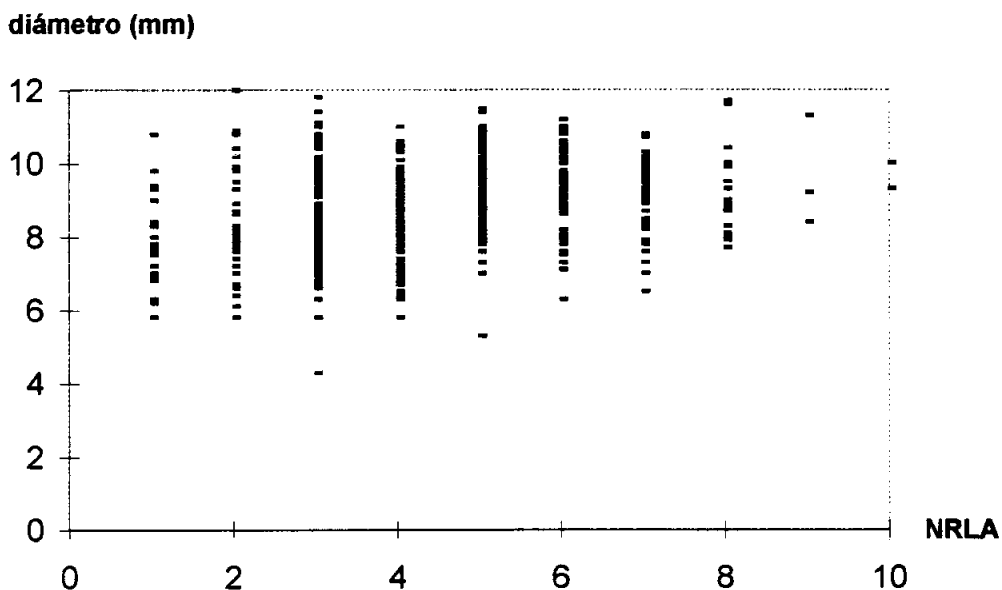


Figura 4. Asociación existente entre el NRLA y el diámetro del tallo de estacas de *P. radiata* D. Don., al momento de cosechar.

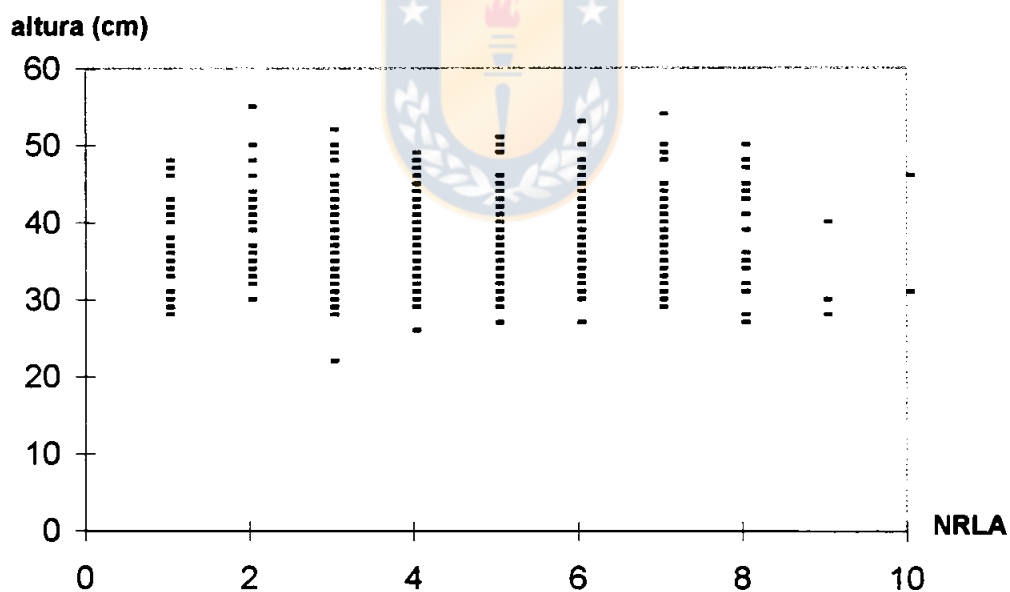


Figura 5. Asociación existente entre el NRLA y la altura inicial de estacas de *P. radiata* D. Don., al momento de cosechar.

Generalmente, tanto en plántulas como en estacas, el NRL se relaciona con el tamaño del sistema radicular; entonces, tomando en cuenta los resultados obtenidos, se rechaza la creencia generalizada, en los viveros, de que el tamaño del sistema radicular está

fuertemente relacionado a las dimensiones de las variables aéreas de la planta. También son contrarios a los obtenidos por Ritchie *et al.* (1993) en estacas de pino oregón, quienes sí encontraron una buena correlación entre la altura y el diámetro, respecto al número de raíces adventicias.

4.2 EFECTO DEL NUMERO DE RAICES LATERALES PRIMARIAS EN LA SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO INICIAL DE PLANTULAS DE *P. radiata*.

4.2.1 Supervivencia. En la tabla 2 se presentan los valores medios de supervivencia, para las distintas clases de calidad de planta y para los diferentes predios en estudio. Estos valores corresponden a la evaluación de Abril de 1996.

Tabla 2. SUPERVIVENCIA (%) DE LAS PLANTULAS DE *P. radiata*, EN FUNCION DEL DIAMETRO DEL TALLO (di) Y LA ALTURA INICIALES (ai) -COVARIABLES-, PARA CADA CLASE DE CALIDAD DE PLANTA Y PARA CADA PREDIO.

factor	Escuadrón		Gomero		Colicheu		Sta. Lucía	
	Sup. (di)	Sup. (ai)	Sup. (di)	Sup. (ai)	Sup. (di)	Sup. (ai)	Sup. (di)	Sup. (ai)
1	97.8a	97.8a	82.22a	82.22a	88.9a	88.9a	95.6a	95.6a
2	95.6a	95.6a	86.7a	86.7a	100a	100a	100a	100a
3	100a	100a	75.6a	75.6a	93.3a	93.3a	91.1a	91.1a
4	97.8a	97.8a	77.8a	77.8a	84.4a	84.4a	97.8a	97.8a
ANCOVA	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F (F _{c=5,41})	0.80	0.94	0.79	0.96	0.99	0.98	1.85	1.61

*: existe diferencia significativa para una $\alpha = 0,05$

ns: no significativa

Valores con letras iguales no presentan diferencias significativas.

El análisis de covarianza (ANCOVA) demostró que no existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Los datos de la tabla 2 junto a la figura 6, demuestran que la supervivencia más baja aconteció en el predio de Gomero (secano interior) y la más alta se observó en el ensayo de Escuadrón (litoral costero); en valores absolutos la clase de calidad de planta que sobresalió, por sobre las demás, fue la 2 (plántulas que tienen entre 14 y 16 raíces laterales primarias), alcanzando el 100% de supervivencia en Colicheu y Santa Lucía, en segundo lugar estaría la clase número 1, no siendo primera en ninguno de los predios.

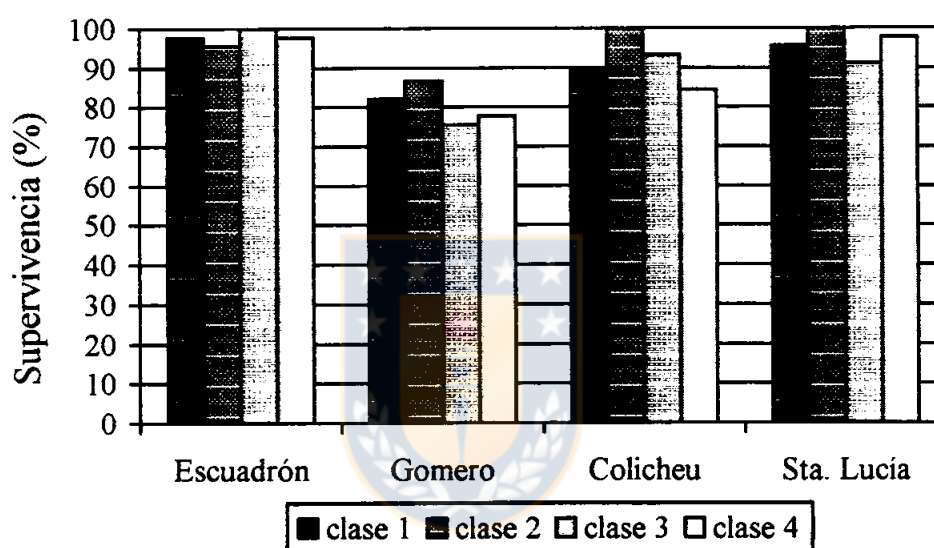


Figura 6. Efecto del NRLP (clases de calidad de planta) en la supervivencia (%) de plántulas de *P. radiata*, para cada ensayo.

El ensayo del sector de precordillera (predio Santa Lucía) estuvo en el periodo invernal de 1995 (Agosto) más de una semana cubierto de nieve y, sin embargo, los valores de supervivencia alcanzaron al 96%. Entonces, pareciera ser que las deficiencias hídricas estivales provocan un mayor efecto en la supervivencia que la presencia de nieve, ya que, factores como la temperatura (en Colicheu, superiores a 50° C a nivel del suelo, en verano) y las características del suelo (baja retención hídrica y bajo contenido de nutrientes), junto a la copiosa presencia de malezas, provocaron una merma en la supervivencia de las plántulas de los ensayos de Colicheu y Gomero. La buena supervivencia alcanzada en la precordillera, podría explicarse, además, porque el predio

no presenta rotaciones anteriores y la presencia de competencia se reduce a una pradera que jamás invadió las casillas.

Otro alcance que se puede hacer, es el efecto que tiene el manejo de las plántulas en vivero; densidad de cultivo, descalce, poda radicular, fertilización, éstos en conjunto producen una plántula con un mínimo de 5 raíces laterales primarias (de acuerdo al estudio), número que al parecer sería suficiente para garantizar una supervivencia aceptable.

Considerando que no existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos, se demuestra que no existe relación entre el NRLP (al menos en el rango que se utilizó en el estudio) y la supervivencia, para plántulas de *Pinus radiata*.

4.2.2 Crecimiento diamétrico. En la tabla 3 se presentan los valores medios de diámetro inicial y diámetro final del tallo (en mm), para cada clase de calidad de planta y para los diferentes predios.

Sólo se encontraron diferencias significativas en los ensayos de Escuadrón y Santa Lucía. En estos ensayos, la clase de calidad de planta 1, tuvo una diferencia significativa por sobre las clases 3 y 4, no así la clase 2 que no tuvo diferencias con ninguna de las demás. Sin embargo, no se obtuvieron resultados parecidos en los otros dos ensayos, lo que explica en cierta medida dos cosas; primero, en términos generales, la variable en estudio explica parcialmente el crecimiento en diámetro y, segundo, la variable NRLP explica de buena forma el crecimiento diamétrico, sólo en los ensayos ubicados en zonas que no presentan un alto estrés hídrico estival. Es decir, que la variable en estudio tendría una especificidad para expresarse.

En términos absolutos (figura 7), siempre la clase de calidad de planta 1, alcanzó los valores más altos en crecimiento diamétrico. La más clara ventaja alcanzó un 14% (en Escuadrón) por sobre las otras clases de calidad de planta.

En el ensayo de Santa Lucía se obtuvieron, en general, los resultados más bajos (8.61 mm promedio), del orden de un 37% inferiores a los resultados obtenidos en el ensayo de Escuadrón. En los ensayos de Gomero y Colicheu existió gran variabilidad en los resultados; exceptuando la clase 1 en primer lugar, las clases 3 y 2 ocuparon el segundo lugar, en Gomero y Colicheu, respectivamente.

Tabla 3. EFECTO DE LA CLASE DE CALIDAD DE PLANTA SOBRE EL CRECIMIENTO DIAMETRICO DEL TALLO (Df en mm) DE PLANTULAS DE *P. radiata*, EXPLICADO EN FUNCION DEL DIAMETRO INICIAL (Di, covariable), POR PREDIO.

factor	Escuadrón		Gomero		Colicheu		Sta. Lucia	
	Di	Df	Di	Df	Di	Df	Di	Df
1	6.21	15.96 a	6.37	12.35 a	7.05	14.07 a	6.51	9.24 a
2	5.95	13.72 ab	5.74	11.69 a	6.16	13.52 a	6.47	8.81 ab
3	5.68	12.27 b	6.11	12.05 a	6.06	12.60 a	5.90	8.38 b
4	5.36	12.62 b	5.55	10.04 a	6.04	13.22 a	5.44	8.01 b
ANCOVA		*		ns		ns		*
F (Fc=5,41)		6.76		0.59		1.08		5.5

*: existe diferencia significativa para una $\alpha = 0,05$

ns: no significativa

Valores con letras iguales no presentan diferencias significativas.

Pareciera ser que el período seco de primavera-verano ('95-'96), en los ensayos de Gomero y Colicheu, no dejó expresar el efecto probable que se le atribuye al sistema radicular en estas situaciones adversas para las plántulas, o, simplemente, el NRLP no sería el mejor indicador de la calidad del sistema radicular, para plántulas de *P. radiata*.

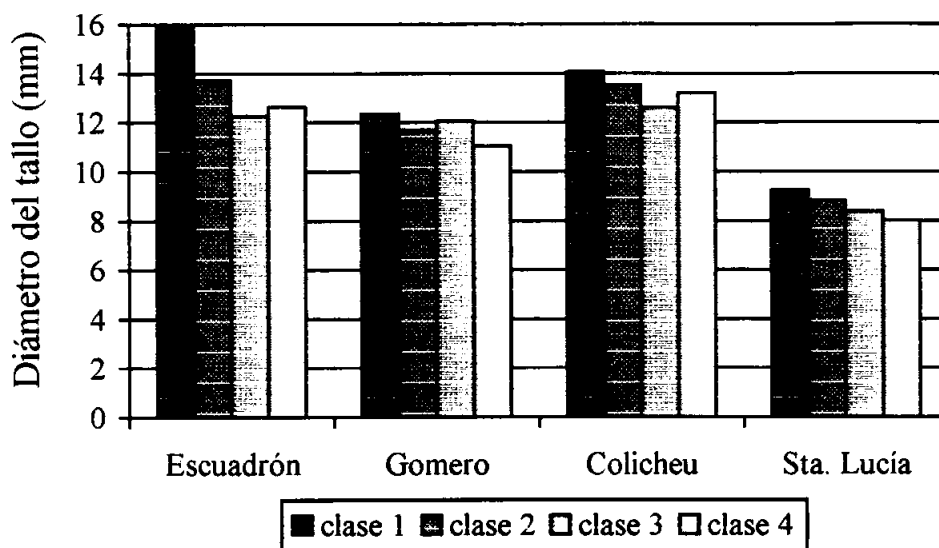


Figura 7. Efecto del NRLP (clases de calidad de planta) en el crecimiento diamétrico del tallo (en mm) de plántulas de *P. radiata*, para cada ensayo.

4.2.3 Crecimiento en altura. En la tabla 4 se presentan los valores medios de altura inicial y final de las plántulas (en cm), para cada clase de calidad de planta y para los diferentes predios.

Las únicas diferencias significativas se encontraron en el ensayo de Escuadrón. En el ensayo de Escuadrón, la clase de calidad de planta 1, tuvo diferencia significativa sólo con la clase 4, mientras que las clases 2 y 3 no tuvieron diferencias con ninguna otra clase. En valores absolutos (figura 8) la clase 1 fue la que superó a las demás, exceptuando el ensayo de Colicheu, donde fue superado por la clase 2. La clase que presentó los menores valores de crecimiento e incremento en altura, en general, fue la 4. Nuevamente, como en el caso del crecimiento en diámetro, el ensayo de Santa Lucía presenta valores considerablemente por debajo de los demás ensayos; respecto al ensayo de Escuadrón (valores superiores) son inferiores en un 41,9%.

Tabla 4. EFECTO DE LA CLASE DE CALIDAD DE PLANTA SOBRE EL CRECIMIENTO EN ALTURA (Af en cm) DE PLANTULAS DE *P. radiata*, EXPLICADO EN FUNCION DE LA ALTURA INICIAL (Ai, covariable), POR PREDIO.

factor	Escuadrón		Gomero		Colicheu		Sta. Lucía	
	Ai	Af	Ai	Af	Ai	Af	Ai	Af
1	32.02	76.41 a	36.78	65.55 a	34.69	67.53 a	32.69	42.02 a
2	34.33	70.27 ab	33.71	62.33 a	32.60	69.54 a	34.16	41.70 a
3	32.89	70.58 ab	34.22	60.04 a	34.04	59.58 a	32.09	39.42 a
4	32.09	61.84 b	33.02	59.33 a	32.87	62.50 a	31.71	39.12 a
ANCOVA		*		ns		ns		ns
F (Fc=5,41)		9.70		0.1		1.92		1.53

*: existe diferencia significativa para una $\alpha = 0,05$

ns: no significativa

Valores con letras iguales no presentan diferencias significativas.

La gran diferencia se explica por la nevazón acontecida sobre el ensayo de precordillera, la que afectó en gran magnitud la altura, ya que la mayoría de las plántulas perdieron su follaje, quedando tan sólo con las yemas terminales latentes, por consiguiente, cuando comienza el período vegetativo, si bien la supervivencia no se altera, la recuperación en crecimiento (diámetro y altura) tarda en llegar.

En definitiva, el valor predictor del NRLP sobre el crecimiento en altura no es absoluto y por lo tanto, no existe una relación cierta entre el NRLP y la variable en cuestión. Sin embargo, se puede agregar que, así como en el caso del crecimiento diamétrico, la variable causal tiene una buena relación con el crecimiento en altura, en condiciones donde los factores limitantes son reducidos (bajo estrés hídrico estival), como es el caso del ensayo establecido en Escuadrón, de lo contrario es errático.

Los resultados son elocuentes para indicar que, el NRLP tiene una baja relación con la supervivencia, donde en ninguno de los ensayos se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos; en crecimiento diamétrico, el NRLP tiene una relación en términos específicos, sólo se encontró diferencias en dos ensayos, y por último, en

crecimiento en altura, la relación es más restringida que en crecimiento diamétrico, ya que se encontraron diferencias sólo en un ensayo.

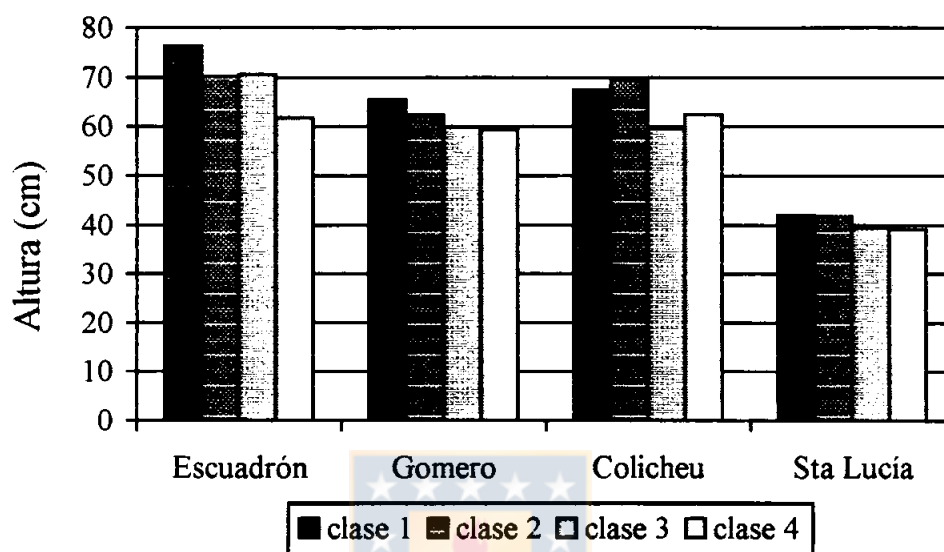


Figura 8. Efecto del NRLP (clases de calidad de planta) en el crecimiento en altura (en cm) de plántulas de *P. radiata*, para cada ensayo.

En el sector de Escuadrón se obtuvo diferencias en las dos variables de crecimiento (diámetro y altura), en Santa Lucía sólo en diámetro, por lo tanto, el alcance máximo que se puede dar al respecto, es que la variable en estudio (NRLP) sólo se expresaría en un ambiente benigno; con bajo estrés hídrico estival (que son características de Escuadrón y Santa Lucía). En el contexto de predictores morfológicos de comportamiento en terreno, Escobar *et al.* (1992) encontraron que el diámetro posee un desempeño contrario al que se demuestra en este estudio con el NRLP, es decir, en climas benignos no expresa su potencial, sin embargo, en zonas con factores limitantes, como un alto estrés hídrico estival acompañado de una fuerte competencia por malezas, se expresa con bastante elocuencia. Por lo tanto, resulta novedoso que el NRLP no se exprese, precisamente, en sitios con problemas de limitantes hídricos, donde sería lógico pensar que se necesita un sistema radicular más desarrollado.

Los resultados aquí expuestos se contradicen a los obtenidos en el extranjero, en plántulas de latifoliadas (Kormanik, 1986; Kormanik y Muse, 1986; Ruehle y Kormanik, 1986; Thompson y Schultz, 1995) y en coníferas (Kormanik *et al.*, 1990; Mexal, 1994), en donde sí se encontró una relación absoluta entre el NRLP y la supervivencia y crecimiento inicial. Ahora, es necesario agregar que la variable en estudio, no ha sido probada en pino radiata, lo cual explicaría, en cierto modo, los resultados encontrados.

4.3 EFECTO DEL NUMERO DE RAICES LATERALES ADVENTICIAS EN LA SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO INICIAL DE ESTACAS DE *P. radiata*.

4.3.1 Supervivencia. En la tabla 5 se presentan los valores medios de supervivencia, para las distintas clases de calidad de planta y para los diferentes ensayos en estudio. Mediante el ANCOVA se registraron resultados que comprueban que no existe relación significativa alguna, entre el NRLA y la supervivencia de las estacas de *P. radiata* (al igual que en el caso de plántulas).

Tabla 5. SUPERVIVENCIA (%) DE LAS ESTACAS DE *P. radiata*, EN FUNCION DEL DIAMETRO DEL TALLO Y LA ALTURA INICIALES (covariables), PARA CADA CLASE DE CALIDAD DE PLANTA Y PARA CADA PREDIO.

factor	Escuadrón		Gomero		Colicheu		Sta. Lucía	
	Sup. (di)	Sup. (ai)	Sup. (di)	Sup. (ai)	Sup. (di)	Sup. (ai)	Sup. (di)	Sup. (ai)
1	100 a	100 a	91.1 a	91.1 a	97.8 a	97.8 a	84.4 a	84.4 a
2	100 a	100 a	91.1 a	91.1 a	95.6 a	95.6 a	84.4 a	84.4 a
3	100 a	100 a	88.9 a	88.9 a	95.6 a	95.6 a	66.7 a	66.7 a
ANCOVA	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F (F _{c=9,55})	0	0	0.39	2.34	1.36	7.54	0.43	0.91

*: existe diferencia significativa para una $\alpha = 0,05$

ns: no significativo

Valores con letras iguales no presentan diferencias significativas.

En valores absolutos, la clase 1 (más de 6 raíces laterales) siempre presentó los más altos índices de supervivencia, pero en ningún caso con claras diferencias con las demás clases. En la figura 9 se advierte lo ceñido de los resultados (a excepción del ensayo de Santa Lucía, donde la clase 3 presenta un valor menor). En cuanto a distinciones entre ensayos, se repite el mismo acontecer que en los ensayos de plántulas, es decir, Escuadrón posee una supervivencia absoluta y total de un 100%, seguido del ensayo de Colicheu con un 93,33%, luego Gomero con un 90,37% y por último Santa Lucía con un 78,5% (sin duda, las estacas sufrieron en mayor forma los efectos de la nieve).

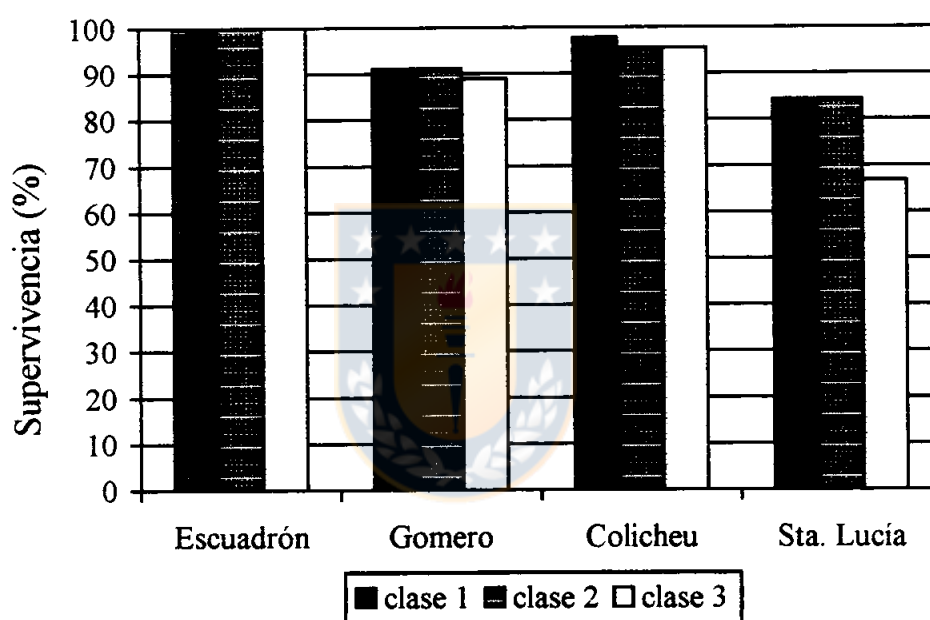


Figura 9. Efecto del NRLA (clases de calidad de planta) en la supervivencia (%) de estacas de *P. radiata*, para cada ensayo.

4.3.2 Crecimiento diamétrico. La tabla 6 muestra los valores medios del diámetro inicial y final del tallo (en mm), para cada clase de calidad de planta y para los diferentes predios.

Tabla 6. EFECTO DE LA CLASE DE CALIDAD DE PLANTA SOBRE EL CRECIMIENTO DIAMETRICO DEL TALLO (Df en mm) DE ESTACAS DE *P. radiata*, EXPLICADO EN FUNCION DEL DIAMETRO INICIAL (Di, covariable), POR PREDIO.

factor	Escuadrón		Gomero		Colicheu		Sta. Lucía	
	Di	Df	Di	Df	Di	Df	Di	Df
1	9.11	15.88a	9.37	15.70a	9.71	13.89a	9.00	11.95a
2	8.83	14.11a	9.39	15.82a	9.11	14.74a	8.18	10.93a
3	8.69	14.53a	8.63	14.66a	8.89	13.44a	7.21	10.11a
ANCOVA		ns		ns		ns		ns
F (Fc=9,55)		2.45		7.17		0.59		1.44

*: existe diferencia significativa para una $\alpha = 0,05$

ns: no significativa

Valores con letras iguales no presentan diferencias significativas.

Según los datos de la tabla 8, el ANCOVA demostró que no existe relación entre el NRLA y el crecimiento diamétrico de las estacas; en definitiva, el efecto esperado no es tal. En valores absolutos (figura 10), no se puede decir tampoco que exista una clase dominante a través de los ensayos (pareciera ser que cada ensayo posee un comportamiento distinto); las clases 1 y 2 sobresalen por estrecho margen entre ellas y por sobre la clase 3.

En definitiva, como el NRLA no predice o no se relaciona significativamente con el crecimiento diamétrico (respuesta errática), se hace prudente cuestionar el significado que pueda tener como indicador de la calidad del sistema radicular de estacas. El cuestionamiento surge del acto inicial de comparar las estacas, según la clase que representan, al momento de plantar; dada esta prueba se comprende la relación que tiene, morfológicamente, el NRLA y el volumen del sistema radicular en sí; una estaca clase 3, con 2 raíces adventicias laterales, posee, en general, un sistema radicular mucho menos desarrollado que una estaca clase 1, con 8 raíces adventicias laterales, la que se califica como una planta superior.

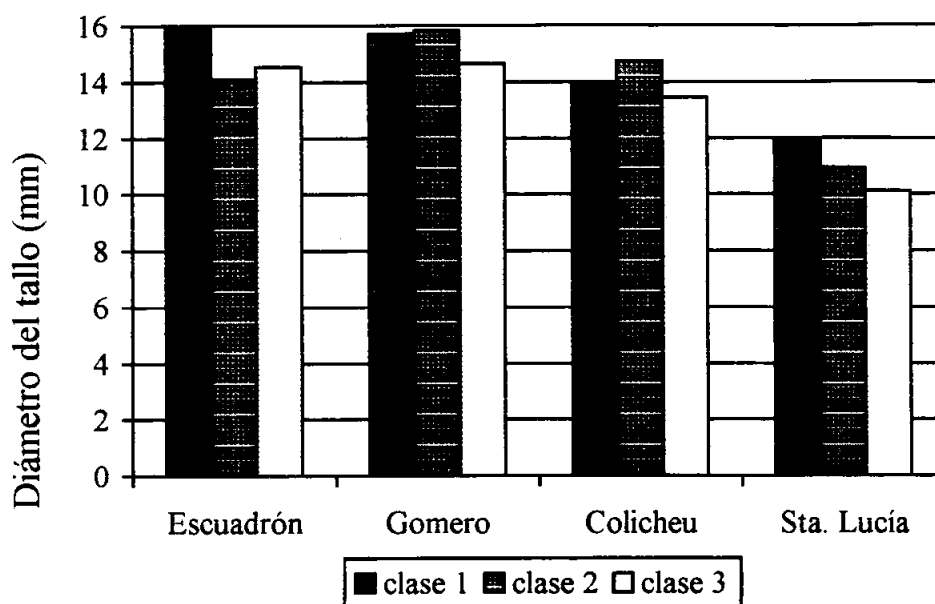


Figura 10. Efecto del NRLA (clases de calidad de planta) en el crecimiento en diámetro de estacas de *P. radiata*, para los distintos ensayos.

Sin embargo, como se ha comprobado, el predictor es errático, lo que lleva a considerar la posibilidad de que el comportamiento en terreno de las estacas, más que las plántulas, responda a predictores fisiológicos, de mejor forma, que a los morfológicos.

Se destaca, además, la gran variabilidad existente dentro de las unidades experimentales, lo que en cierta forma representa una respuesta heterogénea de las estacas (que inicialmente poseen características similares, por parcela) a un micrositio (edafoclimáticamente) uniforme; además, la respuesta heterogénea de las estacas mantiene una media poco disímil a través de los bloques, ya que, éstos no presentaron diferencias significativas.

4.3.3 Crecimiento en altura. En la tabla 7 se muestran los valores medios de altura inicial y final de las estacas de *P. radiata* (en cm), para cada clase de calidad de planta y para cada ensayo.

Tabla 7. EFECTO DE LA CLASE DE CALIDAD DE PLANTA SOBRE EL CRECIMIENTO EN ALTURA (Af en cm) DE ESTACAS DE *P. radiata*, EXPLICADO EN FUNCION DE LA ALTURA INICIAL (Ai, covariable), POR PREDIO.

factor	Escuadrón		Gomero		Colicheu		Sta. Lucía	
clase	Ai	Af.	Ai	Af	Ai	Af	Ai	Af
1	37.87	81.95 a	37.69	76.20 a	39.80	65.74 a	38.51 a	49.32 a
2	34.53	77.70 a	37.56	76.54 a	39.60	72.16 b	38.29 a	47.44 a
3	37.04	76.31 a	35.80	69.86 a	40.96	65.95 a	39.18 a	47.84 a
ANCOVA		ns		ns		*		ns
F (Fc=9,55)		0.33		0.79		36.15		8.7

*: existe diferencia significativa para una $\alpha = 0,05$

ns: no significativa

Valores con letras iguales no presentan diferencias significativas.

La tabla 7, a través del ANCOVA, indica que para los distintos ensayos no existen diferencias significativas entre los tratamientos, a excepción del ensayo de Colicheu, donde sí se registraron diferencias a favor de la clase de calidad de planta 2 (4 y 5 raíces laterales adventicias). En valores absolutos, en general, las clases de calidad de planta 1 y 2 aventajan a la 3.

Con los resultados obtenidos se concuerda parcialmente con lo publicado por Haines *et al.* (1992), quienes trabajando con estacas de híbridos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y *P. tecumanii*, no encontraron una relación entre el NRLA y la supervivencia y crecimiento inicial en diámetro, pero sí encontraron relación con la altura. Haines *et al.* (1992) encontraron que el NRLA funcionó muy bien como predictor de la altura de las estacas. Ritchie *et al.* (1993) también obtuvieron una buena relación entre la variable causal y la altura en terreno (en pino oregón). Pero, en general, el NRLA no predice satisfactoriamente el comportamiento de las estacas.

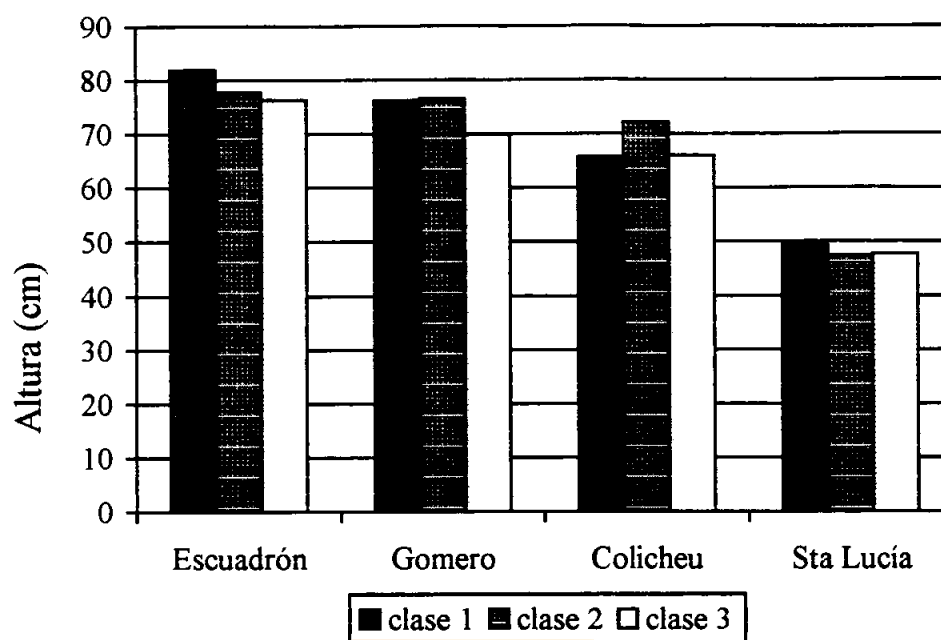


Figura 11. Efecto del NRLA (clase de calidad de planta) en el crecimiento en altura de estacas de *P. radiata*, para los distintos ensayos.

Sin embargo, el principal aspecto para calificar las estacas en vivero es la capacidad que éstas presentan para generar raíces, a través del número de raíces laterales adventicias, pero este criterio de calificación pierde consistencia dado, que la definición de calidad de planta involucra, necesariamente, una respuesta en terreno para su evaluación. Por lo tanto, el NRLA deja de tener importancia como atributo de calidad.

4.4 COMPARACION DEL COMPORTAMIENTO EN TERRENO ENTRE PLANTULAS Y ESTACAS.

4.4.1 Supervivencia. Dado que no existió diferencia significativa del efecto supervivencia, atribuible al NRLP en plántulas y NRLA en estacas, se procedió a comparar los tipos de planta en todos los ensayos. La tabla 8 muestra los valores medios de supervivencia para todos los ensayos.

De la tabla 8 y de la figura 12 se demuestra que sólo en el ensayo de Santa Lucía existió diferencias significativa, entre la supervivencia de las plántulas y estacas. El único factor limitante que afectó el ensayo de Santa Lucía (factor que no estuvo en los demás ensayos) fue la nieve y tomando en cuenta los resultados, afectó en mayor forma a las estacas.

Tabla 8. VALORES MEDIOS DE SUPERVIVENCIA (%) DE PLÁNTULAS Y ESTACAS, PARA LOS DISTINTOS ENSAYOS.

	Supervivencia			
	Escuadrón	Gomero	Colicheu	Santa Lucía
Plántula	97.78 a	80.56 a	91.67 a	96.11 a
Estaca	100 a	90.37 a	94.07 a	78.52 b

Valores con letras iguales no presentan diferencias significativas.

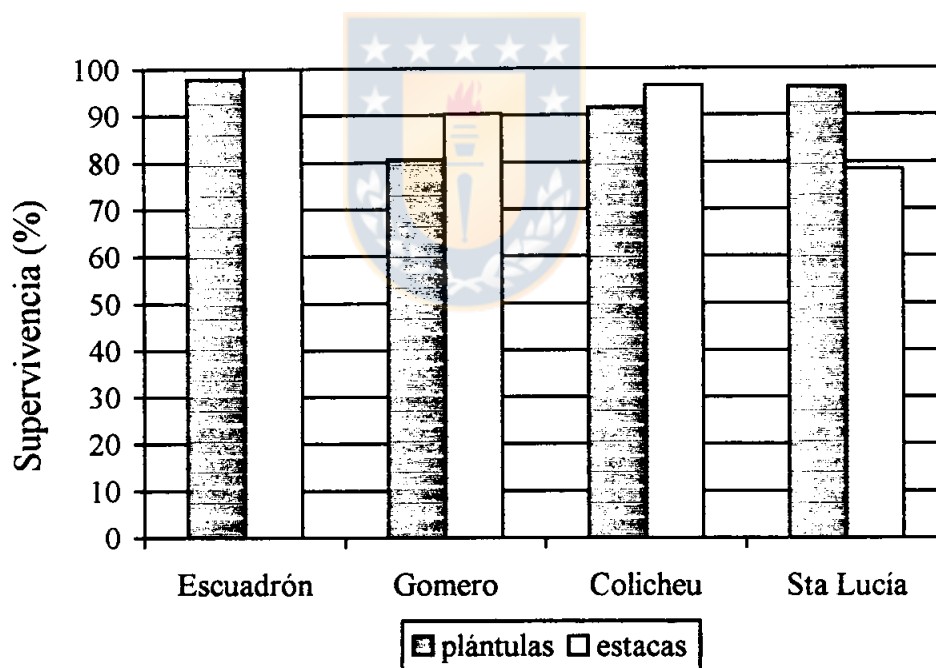


Figura 12. Supervivencia (%) de plántulas y estacas, para cada ensayo.

Ahora, en los demás ensayos, en valores absolutos, siempre las estacas alcanzaron una mayor supervivencia, corroborando resultados obtenidos en el extranjero con *Pinus strobus* L., donde Struve y McKeand (1990) obtuvieron un 78% de supervivencia para

estacas y un 68% para plántulas, aunque la diferencia tampoco fue significativa. Gemmel *et al.* (1991), en *Picea abies* (L.) Karst, encontraron que las estacas sobrevivieron significativamente más que las plántulas, 78% y 49%, respectivamente.

Se destaca la influencia que tuvieron los conejos en la cantidad de estacas cortadas, mucho más que en plántulas, lo cual se corrobora con reportes del extranjero (Wells, 1974; Burdon, 1992), que indican que las estacas se prefieren por sobre las plántulas, ya que resultan ser más palatables (explicado en cierto modo por su mayor madurez fisiológica -contenido de proteínas y N (Landis, 1994)).

Se ha hecho común la referencia de que el sistema radicular de las estacas, originado adventiciamente, sería más superficial y menos eficiente en la absorción de nutrientes, todo esto debido a la arquitectura diferente respecto al sistema radicular de una planta originada de semilla, pero esta supuesta inferioridad no se manifiesta en la supervivencia.

4.4.2 Incremento diamétrico. En crecimiento diamétrico no se hicieron comparaciones, ya que, en el estudio anterior se detectó diferencias significativas en los ensayos de Escuadrón y Santa Lucía, principalmente en plántulas. No obstante, en los incrementos diamétricos todos los ensayos fueron comparables (no hubo diferencias significativas en el estudio anterior). En la tabla 9 se presentan los valores de incremento diamétrico y los resultados obtenidos.

Tabla 9. VALORES MEDIOS DE LOS INCREMENTOS DIAMETRICOS DEL TALLO (mm) DE PLANTULAS Y ESTACAS, PARA LOS DISTINTOS ENSAYOS.

	Inc. Diam. (mm)			
	Escuadrón	Gomero	Colicheu	Santa Lucía
Plántula	8.09 a	5.84 a	7.02 a	2.53 a
Estaca	5.96 b	6.26 a	4.79 b	2.86 a

Valores con letras iguales no presentan diferencias significativas.

Dado que el diámetro inicial promedio de las estacas era de un 35 a un 53% mayor que el de las plántulas, se evaluaron las diferencias actuales con los incrementos diamétricos y se obtuvieron resultados que avalan lo descubierto por West (1984), quien encontró que el crecimiento diamétrico de las plántulas era considerablemente mayor que el de las estacas: así, en ninguno de los ensayos las estacas crecieron significativamente más que las plántulas, por el contrario, en los ensayos de Escuadrón y Colicheu, fueron las plántulas las que crecieron considerablemente más que las estacas, alcanzando un 35.7% y un 46.6% de superioridad, respectivamente. Todo esto indica que, a pesar de que en promedio las estacas salgan con diámetros mayores desde el vivero, respecto de las plántulas, esta diferencia tiende a desaparecer transcurrida la primera temporada de crecimiento en terreno (figura 13).

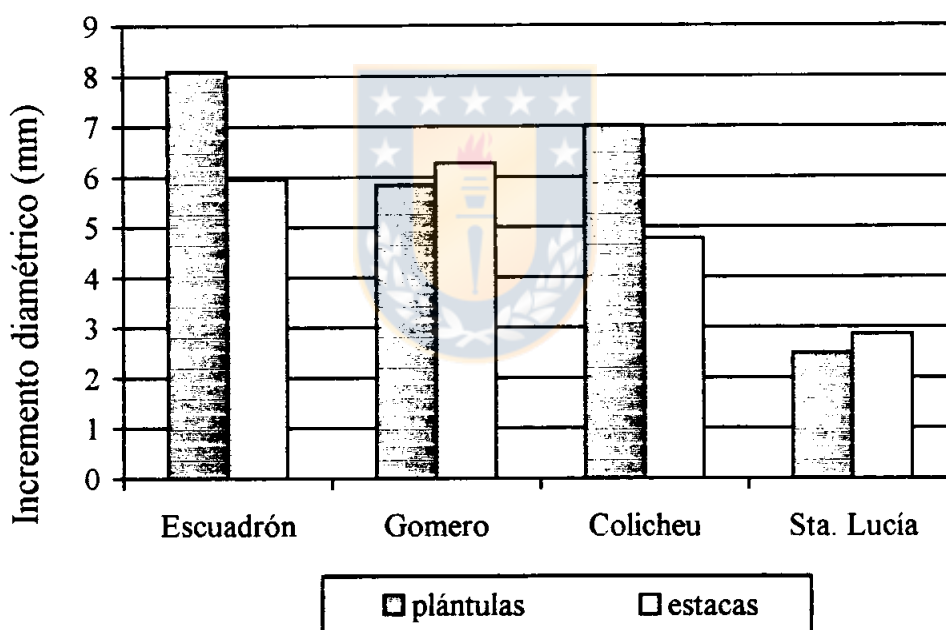


Figura 13. Valores medios de incremento diamétrico (en mm), de plántulas y estacas, para cada ensayo.

4.4.3. Incremento en altura. En la tabla 10 se entregan los valores medios de los incrementos en altura de plántulas y estacas. Contrario a lo obtenido con los incrementos diamétricos, el desarrollo en altura de las estacas, en general, supera al de las plántulas, al

menos en valores absolutos (la excepción la constituye el ensayo de Colicheu); pero sólo en uno de los ensayos (Gomero) se logró una diferencia significativa a favor de las estacas (figura 14).

El hecho de que las estacas presenten un mayor desarrollo en altura se puede deber, casi con certeza, a su mayor altura inicial (14.1%). Sin embargo, la ventaja en diámetro era mayor (46.5%) y los resultados indican una disminución de tal diferencia, lo cual explica, en cierto modo, que las estacas presenten un mayor desarrollo en altura que las plántulas, en comparación con el desarrollo diamétrico.

Tabla 10. VALORES MEDIOS DE LOS INCREMENTOS EN ALTURA (cm) DE PLANTULAS Y ESTACAS, PARA LOS DISTINTOS ENSAYOS.

	Inc. Altura. (cm)			
	Escuadrón	Gomero	Colicheu	Santa Lucía
Plántula	36.94 ^a	27.38 ^a	31.24 ^a	8.78 ^a
Estaca	42.17 ^a	37.19 ^b	27.83 ^a	10.28 ^a

Valores con letras iguales no presentan diferencias significativas.

De acuerdo a la bibliografía, Struve y McKeand (1990) encontraron resultados similares en *Pinus strobus*, destacando que la ventaja inicial que tienen las estacas por sobre las plántulas tiende a desaparecer y además se debe a su mayor altura al momento de plantar.

A pesar de que existan diferencias morfológicas (sobretudo dimensionales) entre las plántulas y las estacas, al momento de salir del vivero, por bibliografía e interpretando los resultados, estas diferencias tienden a desaparecer con el transcurso del tiempo.

Sin embargo, la diferencia en forma (no evaluada) y no en crecimiento y supervivencia, además de la incuestionable ganancia genética, estarían siendo la causa del mayor valor final de los bosques originados de estacas, en comparación a los originados de semillas, ésta, y no otra, sería la motivación por su preferencia, en especial en *Pinus radiata* D. Don.

Resumiendo, las estacas presentan una mayor capacidad para sobrevivir (salvo en condiciones de altura con nieve) que las plántulas; en crecimiento inicial, en general, los resultados son encontrados, pero si se hace un análisis ensayo a ensayo, resulta evidente que en Gomero (secano interior) las estacas sobresalieron, incluso con diferencias significativas en incremento en altura, por sobre las plántulas. Las condiciones limitantes de la zona donde se encuentra el ensayo, hacen pensar en la desventaja que presenta el sistema radicular de las estacas para contrarrestar los efectos de una sequía prolongada, pero, tal parece, que el punto en este caso no es ese, sino el mayor contenido de reservas que pueden presentar las estacas al momento de ser plantadas, en comparación con las plántulas (mayor tamaño: altura y diámetro del tallo), este aspecto, además, ayudaría a las estacas a competir de mejor forma la irrupción de malezas, como indicaron Gemmel *et al.* (1991), que por lo demás, fue un problema puntual muy grave.

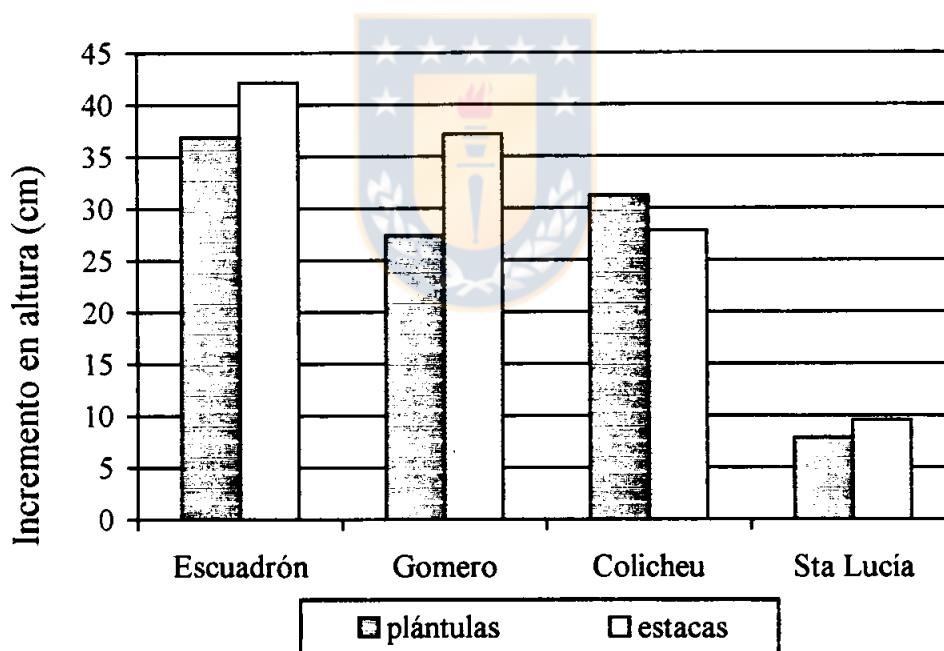


Figura 14. Valores medios de incremento en altura (en cm) de plántulas y estacas, para cada ensayo.

En el caso de Colicheu, las arenas, dadas sus características principales de alta infiltración y baja retención de agua, ameritan que el sistema radicular explore rápidamente en profundidad en busca de la napa freática, en este aspecto la arquitectura del sistema

radicular de las plántulas estaría mucho mejor adaptado (raíz pivotante bien definida). Es así, como en este ensayo las plántulas incrementaron sus dimensiones más que las estacas, llegando a ser significativas en diámetro. En el ensayo de Santa Lucía sucede algo parecido a lo de Gomero; las estacas crecieron más que las plántulas, no siendo tal diferencia significativa.



V CONCLUSIONES.

1. El número de raíces laterales de plantas cosechadas, provenientes de semillas y estacas, en vivero, no se relaciona ni con el diámetro ni con la altura de éstas.
2. El número de raíces laterales, en plántulas y estacas de *P. radiata* D. Don., no predice la supervivencia de éstas en terreno.
3. El número de raíces laterales primarias (NRLP) tiene un comportamiento parcial como predictor del crecimiento inicial, en altura y diámetro, de las plántulas de *P. radiata* D. Don.; en el ensayo de Escuadrón por sobre 17 raíces laterales primarias se logran diferencias significativas en crecimiento.
4. El número de raíces laterales adventicias (NRLA) no se relaciona con el crecimiento inicial de las plantas provenientes de estacas, de *P. radiata* D. Don., en terreno.
5. No existe una diferencia general entre plántulas y estacas para las variables supervivencia e incremento en altura y diámetro; más bien, las diferencias se dan dependiendo del sitio.

VI RESUMEN Y SUMMARY

6.1 RESUMEN

Siempre se ha considerado que el sistema radicular de una planta que sale del vivero, es fundamental para que ésta tenga un buen comportamiento en terreno. Una expresión del sistema radicular, sugerido por varios autores, es el número de raíces laterales. El presente trabajo evalúa la importancia predictora que tiene esta variable en el comportamiento en terreno, de plantas de *Pinus radiata* D. Don., para lo cual se ocuparon plántulas y estacas de esta especie, las cuales al momento de cosechar fueron clasificadas en distintas clases, de acuerdo al número de raíces laterales que presentaban. La clasificación de las plántulas se basó en el número de raíces laterales primarias (NRLP) y fue la siguiente: clase 1, con 17 ó más raíces laterales; clase 2, entre 14 y 16; clase 3, entre 11 y 13, y clase 4, con 10 ó menos raíces laterales. Para estacas la clasificación tuvo una concepción distinta, se basó en el número de raíces laterales adventicias (NRLA): clase 1, con 6 ó más raíces; clase 2, con 4 y 5, y clase 3, entre 1 y 3. Antes del establecimiento se comprobó que el NRLP y el NRLA no tienen relación con el diámetro y la altura inicial, de ambos tipos de planta. Los ensayos se establecieron en 4 zonas distintas de la VIII Región: litoral costero (Escuadrón), secano interior (Gomero), arenales (Colicheu) y precordillera andina (Santa Lucía). La información recogida en terreno, supervivencia y crecimiento inicial, fue procesada mediante un análisis de covarianza (ANCOVA). No se encontraron diferencias significativas en supervivencia, en ninguna de las zonas, en ambos tipos de planta. Para plántulas, sólo en dos zonas se encontraron diferencias significativas en crecimiento diamétrico (Escuadrón y Santa Lucía), y en una zona (Escuadrón) para el crecimiento en altura, donde, en ambos casos, la clase 1 sobresalió. En estacas, sólo en crecimiento en altura y en una zona (Gomero) existió diferencia significativa, destacando la clase 2. Los resultados obtenidos sugieren que la variable NRLP, en plántulas, se comporta en forma errática como predictor; para estacas, el NRLA, no se relaciona con el comportamiento de éstas en terreno.

Además, el estudio contempló la comparación en supervivencia y crecimiento inicial entre plántulas y estacas. Al respecto, no existió una diferencia clara entre ambos tipos de

planta; para supervivencia, sólo en una zona (Santa Lucía) las plántulas sobrevivieron significativamente más; en incremento diamétrico, las plántulas presentaron valores significativamente mayores en dos zonas (Escuadrón y Colicheu); sólo en una zona (Gomero) las estacas obtuvieron incremento en altura significativamente mayores, respecto a las plántulas.



6.2 SUMMARY

It has been known that root system of seedling is very important for its good development in the field. One measure of root system suggested by many authors, is the number of lateral root. This study evaluates the importance of this as a predictor for in field, of *Pinus radiata* D. Don. plants; seedling and cutting of radiata pine at lifting were classified in different grade, it depends in the number of lateral roots. The classification of seedling based in the number of first-order lateral root (FOLR), was as followed: grade 1, with 17 or more lateral root; grade 2, between 14 and 16; grade 3, between 11 and 13, and grade 4, with 10 or less lateral root. For the cutting the classification was different, it was based in the number of advented lateral root (ALR): grade 1, with 6 or more lateral root; grade 2, 4 and 5, and grade 3, between 1 and 3 lateral root. Before establishment the roots were checked, that FOLR and the ALR do not have relation between the diameter and the initial height of both types of plants. The tests were established in four different areas in the VIII Region: The litoral costero (Escuadrón), secano interior (Gomero), arenas (Colicheu) and the precordillera andina (Santa Lucía). The information found in the field concerning survival and initial growth, was tested by analysis of covariance (ANCOVA). No significant differences in survival were found the four areas, for both types of plants. For the seedling, in two areas Escuadrón and Santa Lucía significant differences were found in diameter growth, and in one area (Escuadrón) exist significant differences for height growth, where in both the grade 1 predictor was better. In cutting, only the height growth and in one area was significant different, grade 2 was better (significantly). The results suggest that for seedling the variable FOLR are a partial predictor; for cutting, the ALR, does not have a relation with cuttings performance in the field.

In addition, the study compared survival and initial growth between seedling and cuttings. Only in Santa Lucía, the seedling had a significantly better survival than cuttings. The seedling had better diameter growth in Escuadrón and Colicheu, and in Gomero the cuttings had better height than the seedlings.

VII BIBLIOGRAFIA.

- ALBERT, D.J., G. Fry, and B.R. Poole. 1980. An industrial Company's view of nursery stock quality. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 10(1): 2-11.
- ATZMON, N., O. Reuveni, and J. Riov. 1994. Lateral root formation in pine seedlings. *Trees*, 8: 273-277.
- BALISKY, A.C., P. Salonijs, C. Walli and D. Brinkman. 1995. Seedling roots and forest floor: Misplaced and neglected aspects of British Columbia's reforestation effort? *The Forestry Chronicle*, 71(1): 59-65.
- BASSABER, C. S. 1993. Efecto de la exposición, posición en la pendiente y calidad de plantas en la supervivencia y crecimiento inicial de las especies *Eucalyptus globulus* Labill., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. y *Pinus radiata* D. Don. Tesis de grado Universidad de Concepción, Fac. Cs. Forestales, Depto. Silvicultura. Chillán, Chile.
- BIDWELL, R.G.S. 1993. *Fisiología Vegetal*. A.G.T. Editor, S.A., México D.F. 784 p.
- BLAIR, R., and Cech, F. 1974. Morphological seedling grades compared after thirteen season. *Tree Planters' Notes*, 25(1): 5-7.
- BOYLE, E.D., and J.E. Kuser. 1994. Propagation by seed and cuttings in New Jersey. *Tree Planters' Notes*, 45(3): 104-111.
- BROWN, G.N. 1984. Introduction: Seedling physiology and reforestation success. pp VIII-XI. In *Seedling physiology and reforestation success* (M.L. Duryea, and G.N. Brown, eds.). Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. 326 p.

- BURDETT, A.N. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. *Canadian Journal of Forestry Research*, 20: 415-427.
- BURDON, R.D., and J.T. Miller. 1992. Introduced Forest Trees in New Zealand: recognition, role, and seed source, 12. Radiata pine *Pinus radiata* D. Don.). New Zealand FRI Bulletin N° 124. 78 p.
- CABALLERO, M. 1973. Estadística para dasónomos. Subsecretaría forestal y de la fauna, Dirección General del Inventario Nacional Forestal, México. 195 p.
- CARRASCO, P.P. y J. Millán. 1990. Proyecto: Suelos forestales de la VIII Región. Ministerio de Agricultura, F.I.A. Depto. de Cs. Forestales, Universidad de Concepción, Chillán, Chile.
- CLARKE, F.B., and M.U. Slee. 1984. Prospects for clonal forestry with radiata pine. *Australian Forestry*, 47(4): 266-271.
- COMERFORD, N.B., P.J. Smethurst, and J.A. Escamilla. 1994. Nutrient uptake by woody root system. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 24(2/3): 195-212.
- CURTIS, H. y N.S. Barnes. 1993. *Biología*. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires. 1199 p.
- CHAVASSE, C.G.R. 1980. Planting stock quality a review of factors affecting performance. *New Zealand Journal of Forestry*, 25(2): 144 - 171.
- DONALD, D.G. 1976. The philosophy behind nursery practice in Southern Africa. *South african Forestry Journal*, 99: 30-44.

- DONOSO, C. 1981. *Ecología Forestal, el bosque y su medio ambiente*. Editorial Universitaria S.A., Facultad de Cs. Forestales, Universidad Austral de Chile. 369 p.
- DOUGHERTY, P.M., and M.L. Duryea. 1991. Regeneration: an overview of past trends and basic step needed to ensure future success. pp 3-7. In *Forest Regeneration Manual* (M.L. Duryea and P.M. Dougherty, eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 433 p.
- DURYEA, M.L., and K.M. McClain. 1984. Altering seedling physiology to improve reforestation success. pp 77-114. In *Seedling physiology and reforestation success* (M.L. Duryea, and G.N. Brown, eds.). Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. 326 p.
- DURYEA, M.L. 1984. Nursery cultural practices: Impacts on seedling quality. pp 143-164. In *Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings* (M.L. Duryea, and T.D. Landis, eds.). Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, The Hague. 385 p.
- DURYEA, M.L. 1985. Evaluating seedling quality: Importance to reforestation. pp 1-4. In *Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of mayor test* (Duryea, M.L. ed.). Forest Research Laboratory, Oregon State University. Corvallis, Oregon. 143 p.
- EAMES, A.J., and L.H MacDaniels. 1947. *An introduction to plant anatomy*. Second edition, MacGraw-Hill, New York. 427 p.
- ESAU, K. 1959. *Anatomía Vegetal*. Ediciones Omega, Barcelona. 729 p.
- ESCOBAR, R. y M. Sánchez. 1992. Producción de plantas forestales: algunos aspectos. *Boletín de extensión* N° 51. Depto. Cs. Forestales, Fac. de Cs. Agron. y Forestales, Universidad de Concepción.

- ESCOBAR, R. M., M. Espinosa, E. Kuntsmann y C. Bassaber. 1992. Efecto de la interacción preparación de suelo - herbicida - fertilización en la supervivencia y crecimiento inicial de *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus*. *Agricultura Técnica*, 52: 480-485.
- ESCOBAR, R. 1994. La planta Ideal. *Silvotecna IV*, "Producción de Plantas". Forestal Mininco S.A., Fundación Chile. Concepción.
- FRY, G., and B.R. Poole. 1980. Evaluation of planting stock quality several years after planting (a discussion). *New Zealand Journal of Forestry Science*, 10(1): 299-300.
- GARBER, M.P., and J.G. Mexal. 1980. Lift and storage practices: their impact on successful establishment of Southern pine plantation. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 10(1): 72-82.
- GEMMEL, P., G. Örlander, and K.A. Högberg. 1991. Norway spruce cuttings perform better than seedlings of the same genetic origin. *Silvae Genetica*, 40 (5/6): 198-202.
- GROSSNICKLE, S.C., and R.S. Folk. 1993. Stock quality assessment: forecasting survival or performance on a reforestation site. *Tree Planters' Notes*, 44(3): 113-121.
- HAINES, R.J., T.R. Copley, J.R. Huth, and M.R. Nester. 1992. Shoot selection and the rooting and field performance of tropical pine cuttings. *Forest Science*, 38(1): 95-101.
- HARTMANN, H.T. y D.E. Kester. 1987. *Propagación de Plantas: principios y prácticas*. Segunda edición, Editorial Continental, México. 760 p.
- HATCHELL, G.E., K.W. Dorman, and O.G. Langdon. 1972. Performance of loblolly and slash pine nursery selections. *Forest Science*, 18: 308-313.

- HAWLEY, R.C., y D.M. Smith. 1972. *Silvicultura Práctica*. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 544 p.
- JENKINSON, J.L, J.A. Nelson, and M.E. Huddleston. 1993. "Improving planting stock quality - the Humboldt experience". U.S.D.A. Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-143. 219 p.
- JENSEN, W., and F.B. Salisbury. 1988. *Botánica*. Cuarta edición, MacGraw-Hill, México. 762 p.
- JESKO, T. 1992. The root as an integral part of the plant. pp 1-30 . In *Physiology of the plant root system* (J. Kolek and V. Kosinka, eds.). Kluwer Academic Publishers, Czechoslovakia. 361 p.
- JOHNSON, J.D., and M.L. Cline. 1991. Seedling quality of Southern pines. pp 143-159. In *Forest Regeneration Manual* (M.L. Duryea and P.M. Dougherty, eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 433 p.
- KARLSSON, Y., and J. Russell. 1990. Comparisons of yellow cypres trees of seedling and rooted cutting origins after 9 and 11 years in the field. *Canadian Journal of Forestry Research*, 20: 37-42.
- KLOMP, B.K., and S.O. Hong. 1985. Performance of *Pinus radiata* seedling and cutting to age 15 years. *New Zealand of Forestry Science*, 15(3): 281-297.
- KOMISSAROV, D.A. 1968. *Biological basis for the propagation of woody plants by cuttings*. Published for the U.S.D.A. & the National Science Foundation, Washington D.C. by the Israel Program for Scientific Traslation. 250 p.

- KORMANIK, P.P. 1986. Lateral root morphology as an expression of sweetgum seedling quality. *Forest Science*, 32(3): 595-604.
- KORMANIK, P.P., and H.D. Muse. 1986. Lateral roots a potential indicator of nursery seedling quality. pp 187-190 in TAPPI Proc. Res. And Dev. Conf., Atlanta, GA.
- KORMANIK, P.P. 1988. Frequency distribution of first-order lateral roots in forest tree seedling: silvicultural implications. pp 101-105 in USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. SO-74. Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA.
- KORMANIK, P.P., J.L. Ruehle, and H.D. Muse. 1990. Frequency distribution and heredability of first-order lateral roots in loblolly pine seedlings. *Forest Science*, 36(3): 802-814.
- KOSINKA, V. 1992. Uptake and transport of water. pp 82-105. In *Physiology of the plant root system* (J. Kolek and V. Kosinka, eds.). Kluwer Academic Publishers, Czechoslovakia. 361 p.
- KRAMER, P.J., and T.T. Koslowsky. 1960. *Physiology of Trees*. MacGraw-Hill, New York. 642 p.
- LANDIS, T.D. 1994. *Reglas básicas de Calidad de Plantas: Fisiología. Manual para el curso internacional de viveros y reforestación*, Centro para la forestación de las Américas y Nuevo México. New Mexico State University.
- LIBBY, W.J., A.G. Brown, and J.M. Fielding. 1972. Effects of hedging radiata pine on production, rooting, and early growth of cuttings. *New Zealand of Forestry Science*, 2(2): 263-283.
- LONG, A.J., and B.D. Carrier. 1993. Effects of Douglas-fir 2 + 0 seedling morphology on field performance. *New Forest*, 7: 19-32.

- LUXOVA, M., and M. Ciamporová. 1992. Root structure. pp 31-81. In *Physiology of the plant root system* (J. Kolek and V. Kosinka, eds.). Kluwer Academic Publishers, Czechoslovakia. 361 p.
- MACDONALD, B. 1990. *Practical woody plant propagation for nursery growers. Volume 1*, Timber Press, Oregon. 669 p.
- MACLAREN, J.P. 1993. *Radiata pine growers' Manual*. FRI Bulletin N° 184, New Zealand Forest Research Institute. 140 p.
- MENZIES, D.B., and C.G.R. Chavasse. 1982. Establishment trials on frost-prone sites. *New Zealand Journal of Forestry*, 27(1): 33-49.
- MENZIES, M.I. 1988. Calidad y especificaciones de la planta de semillero de pino insigne. *What's New in Forest Research*, N° 171.
- MENZIES, M., B. Klomp, and G. Holden. 1991. Promising future for radiata pine cuttings. *What's New in Forest Research*, N° 212.
- MEXAL, J.G., and T.D. Landis. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. pp 17-35. In *Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations*(R. Rose, J. Campbell and T.D. Landis, eds.). USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-200, Roseburg Oregon. 286 p.
- MEXAL, J.G., and D.B. South. 1991. Bareroot seedling culture. pp 89-116. In *Forest Regeneration Manual* (M.L. Duryea and P.M. Dougherty, eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 433 p.

- MEXAL, J.G. 1994. Reglas básicas de Calidad de Plantas:La planta ideal. Manual para el curso internacional de viveros y reforestación, Centro para la forestación de las Américas y Nuevo México. New Mexico State University.
- MINKO, G., and F.G. Craig. 1976. Radiata pine nursery research in North-eastern Victoria. Bulletin N° 23. Forest Commission, Victoria. 24 p.
- MYERS, J.F., and G.E Howe. 1990. Vegetative propagation of Rocky Mountain Douglas-fir by stem cuttings. Tree Planters' Notes, 41(3): 3-6.
- NAMBIAR, E.K.S. 1980. Root configuration and root regeneration in Pinus radiata seedling. New Zealand Journal of Forestry Science, 10(1): 249-263.
- NISSEN, J., R. Daroch y V. Contreras. 1986. Resistencia al esfuerzo flector, una nueva manera de evaluar la calidad de plántulas de pino en viveros forestales. Chile Forestal, 124: 25 - 27.
- NORRIS, L.A. 1990. Preface. In Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations (R. Rose, J. Campbell and T.D. Landis, eds.). USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-200, Roseburg Oregon. 286 p.
- PEDERICK, L.A., and K.G. Eldridge. 1983. Characteristics of future radiata pine achievable by breeding. Australian Forestry, 46(4): 287-293.
- PERRY, T.O. 1982. The ecology of tree roots and the practical significance thereof. Journal of Arboriculture, 8(8): 197-211.
- PRIESTLEY, J.H., and L.I. Scott. 1964. An introduction to botany. Longmans, London. 625 p.

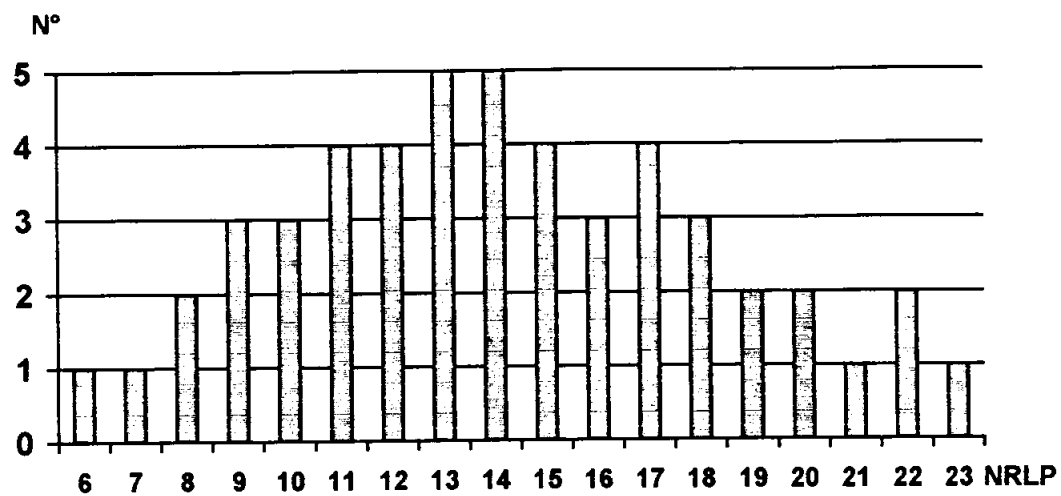
- RITCHIE, G.A. 1984. Assessing seedling quality. pp 243-259. In Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings (M.L. Duryea, and T.D. Landis, eds.). Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, The Hague. 385 p.
- RITCHIE, G.A., and Y. Tanaka. 1990. Root growth potential and the target seedling. pp 37-51. In Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations (R. Rose, J. Campbell and T.D. Landis, eds.). USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-200, Roseburg Oregon. 286 p.
- RITCHIE, G.A. 1993. Production of Douglas-fir, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, rooted cuttings for reforestation by Weyerhaeuser Company. Combined Proceeding International Plant Propagators' Society, Volumen 43: 284-287.
- RITCHIE, G.A., Y. Tanaka, R. Meade, and S.D. Duke. 1993. Field survival and early height growth of Douglas-fir rooted cuttings relationship to stem diameter and root system quality. *Forest Ecology and Management*, 60: 237-256.
- ROSE, R., W.C. CARLSON, and P. MORGAN. 1990. The target seedling concept. pp 1-8. In Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations (R. Rose, J. Campbell and T.D. Landis, eds.). USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-200, Roseburg Oregon. 286 p.
- RUEHLE, J.L. 1983. The relationship between lateral-root development and spread of *Pisolithus tinctorius* Ectomycorrhizae after planting of container-grown loblolly pine seedling. *Forest science*, 29(3): 519-526.
- RUEHLE, J.L., and P.P. Kormanik. 1986. Lateral root morphology: A potential indicator of seedling quality in northern red oak. USDA For. Serv. Res. Note SE-344.

- RUSSELL, R.S. 1977. Plant Root System: their function and interaction with the soil. Published by MacGraw-Hill Book Company (U.K.) Limited. 298 p.
- SCHLATTER, J.E., V. Gerding y J. Adiazola. 1994. Sistema de ordenamiento de la tierra; herramientas para la planificación forestales aplicado a las regiones VII, VIII y IX. Serie técnica, Fac. de Cs. Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia. 106 p.
- SCHULTZ, R.C., AND J.R. Thompson. 1990. Nursery practices that improve hardwood seedling root morphology. *Tree Planters' Notes*, 41(3): 21-32.
- SHELBOURNE, C.J.A. 1987. The role of cuttings in the genetic improvement of forest trees. Simposio sobre silvicultura y mejoramiento genético de especies forestales. Buenos Aires, Argentina, p. 36-44.
- SOUTH, D.B., and J.G. Mexal. 1984. Growing the "best" seedling for reforestation success. Forestry Departmental, Series N° 12, Alabama Agricultural Experiment Station.
- SOUTH, D.B., J.B. Zwolinski, and H.L. Allen. 1995. Economic returns from enhancing loblolly pine establishment on two upland sites: Effects of seedling grade, fertilization, hexazinone, and intensive soil cultivation. *New Forest*, 10: 239-256.
- SPENCER, D.J. 1987. Increased yields of high quality veneer and sawn timber from cuttings of radiata pine. *Australian Forestry*, 50(2): 112-117.
- STEEL, R.G.D. y J.H. Torrie. 1988 *Bioestadística: principios y procedimientos*. Segunda edición, McGraw-Hill, Editorial Interamericana de México, S.A. 622 p.
- STONE, E.C., J.L. Jenkinson, and S.L. Krugman. 1962. Root-regeneration potential of Douglas fir seedlings lifted at different times of the year. *Forest Science*, 8: 288-297.

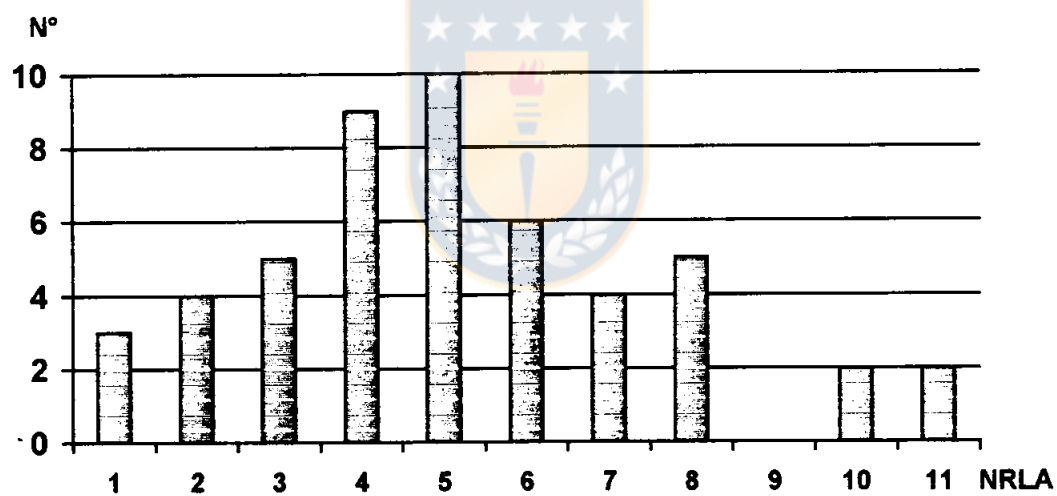
- STRASBURGER, E. 1986. Tratado de Botánica. Séptima edición, Editorial Marín, Barcelona.
- STRUVE, D.K., and S.E. McKeand. 1990. Growth and development of eastern white pine rooted cuttings compared with seedlings through 8 years of age. Canadian Journal of Forestry Research, 20: 365-368.
- SUTTON, R.F. 1979. Planting stock quality and grading. Forest Ecology and Management, 2: 123-132.
- SUTTON, R.F. 1980a. Root system morphogenesis. New Zealand Journal of Forestry Science, 10(1): 264-292.
- SUTTON, R.F. 1980b. Planting stock quality, root growth capacity, and field performance of three boreal conifers. New Zealand Journal of Forestry Science, 10(1): 297-298.
- THOMPSON, B.E. 1985. Seedling morphological evaluation -What you can tell by looking. pp 59-71. In Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of mayor test (Duryea, M.L. ed.). Forest Research Laboratory, Oregon State University. Corvallis, Oregon. 143 p.
- THOMPSON, D.G. 1984. Clonal reforestation: Forest of the future? pp 3-28. In Seedling physiology and reforestation success (M.L. Duryea, and G.N. Brown, eds.). Martinus Nijhoff/ Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. 326 p.
- THOMPSON, J.R., and R.C. Schultz. 1995. Root system morphology of *Quercus rubra* L. planting stock and 3-year field performance in Iowa. New Forest, 9: 225-236.
- TUFUOR, K., and W.J. Libby. 1973. First-lift times of Radiata pine seedlings and rooted cuttings in a small California experiment. New Zealand Journal of Forestry, 18: 124-132.

- VIDAKOVIC, M. 1991. Conifers, morphology and variation. Graficki Zarod Hrvatsko, Yugoslavia. 754 p.
- WELLS, L.G. 1974. Differential browsing of *Pinus radiata* cuttings, grafts, and seedling. New Zealand Journal of Forestry, 19(1): 138-140.
- WEST, G.G. 1984. Establishment requirements of *Pinus radiata* cuttings and seedlings compared. New Zealand of Forestry Science, 14(1): 41-52.
- WHITEMANN, P.H., J.N. Cameron and R. Appleton. 1990. Growth and form of radiata pine cuttings and seedlings on an ex-pasture site in Gippsland Victoria. Australian Forestry, 53(2): 99-103.
- WILLEN, P., and R. Sutton. 1980. Evaluation of stock after planting (a discussion). New Zealand Journal of Forestry Science, 10(1): 297-298.
- ZOBEL, B., and J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa S.A., México D.F. 545 p.

VIII APENDICE



A1. Distribución de las raíces laterales primarias en una muestra de 50 plántulas.



A2. Distribución de las raíces laterales adventicias en una muestra de 50 estacas.

A3. UBICACION DE LOS TRATAMIENTOS, SEGUN PLANTULA O ESTACA, PARA CADA PREDIO.

Escudrón

Estacas		
C1	C2	C3
1,2,3	4 y 5	6 y más

C3	C1	C2
C1	C2	C3
C2	C3	C1

↑ N

Plántulas			
C1	C2	C3	C4
10 y menos	11, 12 y 13	14, 15 y 16	17 y más

C3	C1	C2	C4
C2	C4	C3	C1
C1	C3	C4	C2

Gomero

Estacas		
C1	C2	C3
1,2,3	4 y 5	6 y más

C3	C1	C2
C1	C2	C3
C2	C3	C1

N →

Plántulas			
C1	C2	C3	C4
10 y menos	11, 12 y 13	14, 15 y 16	17 y más

C4	C3	C2	C1
C2	C4	C3	C1
C1	C3	C4	C2

Colicheu

Estacas		
C1	C2	C3
1,2,3	4 y 5	6 y más

C3	C2	C1
C2	C3	C2
C2	C1	C3

↑ N

Plántulas			
C1	C2	C3	C4
10 y menos	11, 12 y 13	14, 15 y 16	17 y más

C3	C1	C4	C2
C1	C4	C2	C3
C2	C3	C1	C4

Santa Lucía

Estacas		
C1	C2	C3
1,2,3	4 y 5	6 y más

C1	C3	C2
C2	C1	C3
C3	C2	C1

N →

Plántulas			
C1	C2	C3	C4
10 y menos	11, 12 y 13	14, 15 y 16	17 y más

C3	C4	C1	C2
C4	C3	C2	C1
C2	C1	C4	C3

A4. SECUENCIA DE ACTIVIDADES QUE SE LLEVARON A CABO EN EL ESTABLECIMIENTO DE LOS ENSAYOS, EN LOS DIFERENTES FUNDOS, EN JULIO DE 1995.

Actividades	Lunes 24	Martes 25	Miérc. 26	Jueves 27	Vier. 28
Selección de plantas Colicheu	⊗				
Selección de plantas Santa Lucía	⊗				
Plantación Colicheu		⊗			
Plantación Santa Lucía		⊗			
Selección de plantas Escuadrón			⊗		
Selección de plantas Gomero			⊗		
Almacenamiento en frío Gomero				⊗	
Plantación Escuadrón				⊗	
Plantación Gomero					⊗

A5. FORMULARIO DE TOMA DE DATOS EN TERRENO.

E-2.3-S1*						
N° planta	NRLP	Di	Df	Ai	Af	s
1	18	5.6	16.9	29	80	100
2	17	7.3	15.2	32	86	100
3	17	5.6	18	33	87	100
4	17	6.3	16.9	28	92	100
5	19	7.4	13.9	32	95	100
6	17	5.7	18.1	31	78	100
7	17	6.4	14.5	30	67	100
8	17	5.7	21.2	28	93	100
9	18	6.1	-	25	-	0
10	17	6.6	16.3	34	85	100
11	17	6.9	17.1	29	63	100
12	20	6.2	14.9	32	67	100
13	17	6.5	14.6	32	73	100
14	17	5.6	17.8	33	75	100
15	17	5.6	11.9	30	51	100

Observaciones:

- * E: ensayo Escuadrón
 2.3: block 2, tercera posición
 S1: clase de calidad de plantas 1, proveniente de semillas (plántulas).

A6. PRUEBA DE TRATAMIENTOS AJUSTADOS. ANÁLISIS DE LA COVARIANZA PARA EL DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR (STEEL Y TORRIE, 1988).

F. de Var.	g. l.	Σx^2	Σxy	Σy^2	g. l.	$\Sigma y'^2$	MSC	Fm
Total	N - 1							
Bloques	r - 1							
Tratamiento	t - 1							
Error	(r-1)(t-1)				(r-1)(t-1)-1		MSCE	
Trat. + Error	r(t-1)				r(t-1)-1			
Trat. ajust.					t-1		MSCA	msca/msce

donde,

$$x : X_{ij} - \bar{X}_{.}$$

$$y : Y_{ij} - \bar{Y}_{.}$$

$$xy : (X_{ij} - \bar{X}_{.})(Y_{ij} - \bar{Y}_{.})$$

$$y' : \text{residuos } (Y - \bar{Y})$$

t : número de tratamientos

r : número de bloques

$$N : r * t$$



El estadístico de prueba para el ANOVA es $F_c (t-1, r-1)$, comparado con el $F_m = msctr/msce$. Donde,

msctr : media suma de cuadrados de los tratamientos, y

msce : media suma de cuadrados del error.

El estadístico de prueba para el ANCOVA es $F_c (t-1, (r-1)(t-1)-1)$, comparado con el $F_m = msca/msce$. Donde,

msca : media suma de cuadrados de los tratamientos ajustados

msce : media suma de cuadrados del error ajustado.

