

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento de Silvicultura



**DETERMINACION DEL MEJOR ESPACIAMIENTO
DE SIEMBRA DE *Pinus radiata* D. Don
PARA EL VIVERO TECNOPLANT**

Por

RODRIGO JORGE HASBUN ZAROR

**MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL**

**CONCEPCION - CHILE
1999**

DETERMINACION DEL MEJOR ESPACIAMIENTO DE SIEMBRA DE
Pinus radiata D. Don PARA EL VIVERO TECNOPLANT

Profesor Asesor



 René Escobar Rodríguez
 Profesor Asociado
 Técnico Forestal

Profesor Asesor

 Eduardo Peña Fernández
 Profesor Asistente
 Ingeniero Forestal, M.Sc.

Director Departamento
 Silvicultura



 Manuel Sánchez Olate
 Profesor Asistente
 Ingeniero Forestal, Dr.

Decano Facultad de Ciencias
 Forestales

 Fernando Drake Aranda
 Profesor Asociado
 Ingeniero Forestal

Calificación de la memoria de título:

Sr. René Escobar : noventa puntos

Sr. Eduardo Peña : noventa puntos



A Dios,

A mi familia,

A Carolina...

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a todos los que de alguna u otra forma le ayudaron en la realización de esta memoria. Especial mención merecen:

- El Sr. René Escobar, mi tutor y gran amigo. Con su confianza, apoyo y ayuda me permitió salir adelante en mi memoria.
- El Sr. Eduardo Peña, mi profesor asesor. A través de la revisión de mi escrito, contribuyó a terminar de buena forma esta memoria.
- El Sr. Jorge Cancino, mi profesor tutor de la carrera. Con su ayuda pude lograr los objetivos planteados.
- El Sr. Leopoldo Quezada, propietario de Proplantas Ltda.. Por su confianza en mi trabajo al otorgarme la posibilidad de analizar este estudio.
- El Sr. Germán Schaub, ejecutivo de Forestal Bío Bío, encargado de Tecnoplant. Por permitirme participar en este estudio.
- Feñita, encargado del Laboratorio de Semillas. Por su muy buena voluntad y cooperación en toda la fase de laboratorio.
- El Sr. José Cartes, encargado del vivero Tecnoplant. Gracias a su ayuda, pude ejecutar de buena forma la fase de terreno en el vivero.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCIÓN.....	1
II METODOLOGÍA.....	5
2.1 Ubicación de la zona donde se realizó el estudio.....	5
2.2 Descripción del estudio.....	5
2.2.1 Manejo de las plantas.....	6
2.2.2 Cosecha de las plantas.....	7
2.3 Mediciones.....	7
2.4 Análisis estadístico.....	9
III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
3.1 Análisis del comportamiento de variables morfológicas.....	10
3.1.1 Altura.....	10
3.1.2 Diámetro.....	10
3.1.3 Peso seco del tallo.....	12
3.1.4 Peso seco del follaje.....	12
3.1.5 Peso seco total de la parte aérea....	13
3.1.6 Peso seco de la raíz principal.....	13
3.1.7 Peso seco de las raíces secundarias..	14
3.1.8 Peso seco de la parte radicular.....	14
3.1.9 Peso seco total de la planta.....	15
3.1.10 Relación altura/diámetro.....	15
3.1.11 Relación peso seco parte aérea/peso seco parte radicular.....	16
3.2 Análisis del comportamiento de variables fisiológicas.....	17

3.2.1	Contenido porcentual de N-P-K en distintas partes de la planta.....	17
3.3	Análisis del comportamiento de la eficiencia en el uso de la semilla.....	19
3.3.1	Porcentaje de plantas de desecho.....	19
3.3.2	Cantidad de plantas plantables por metro lineal de platabanda.....	20
IV	CONCLUSIONES.....	22
V	RESUMEN.....	24
	SUMMARY.....	25
VI	BIBLIOGRAFIA.....	26



INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
1	Efecto del espaciamiento de siembra sobre factores morfológicos de las plantas.....	11
2	Efecto del espaciamiento de siembra en los niveles de N, P y K en el follaje, tallo y raíz.....	18
3	Efecto del espaciamiento sobre la eficiencia del uso de la semilla.....	20



I INTRODUCCION

En el vivero Tecnoplant, durante los últimos años, se ha producido una baja ostensible en la producción de plantas de *Pinus radiata*. Por tal razón, se decidió comenzar una serie de estudios tendientes a mejorar la producción. Uno de estos estudios, consistió en determinar el mejor espaciamiento de siembra a utilizar en el vivero, con el cual se logren producir la mayor cantidad de plantas que cumplan con los estándares deseados, es decir, aumentar la producción sin descuidar la calidad. El espaciamiento de siembra utilizado antes del estudio era 5 cm en la hilera.

Se decidió estudiar el espaciamiento de siembra, porque es un factor que puede ser manejado y que tiene una gran influencia en la morfología y fisiología de las plantas a producir (Barham 1980; Wichman y Coggeshall 1984; Sloan 1994; Escobar 1998). El espaciamiento de siembra se define como la distancia media entre las semillas, en el interior de la hilera de siembra (Mexal y South 1991).

Por otra parte, el concepto de espaciamiento de siembra, está asociado a la densidad de cultivo, que es el número promedio de semillas o plantas creciendo en un área dada según sea su demanda por recursos (Boyer et al. 1985). Este concepto es importante, ya que según lo señalado por Mexal y Landis (1990), el área que dispone una planta para crecer, afecta el hábitat de crecimiento y su comportamiento potencial.

El efecto del espaciamiento de siembra, sobre las distintas variables que tienen relación con la calidad de las plantas, ha sido ampliamente estudiado, encontrándose en general que, cuando el espaciamiento de siembra es disminuido, la calidad de las plantas decrece (Shipman 1964; Barham 1980).

El crecimiento en altura de las plantas usualmente no se ve afectado por el espaciamiento de siembra (Barham 1980; Whichman y Coggeshall 1984; South et al. 1990; Mexal y South 1991; Kope et al. 1995; Zwolinski y Ferreira 1995; Escobar 1998). En cambio otros autores si han encontrado un efecto (Shipman 1964; Boyer y South 1988; Kolb y Steiner 1989; Sloan 1994).

En cuanto al diámetro de tallo, en numerosos estudios se ha determinado que es fuertemente afectado, lográndose diámetros mayores al aumentar el espaciamiento de siembra (Whichman y Coggeshall 1984; Boyer y South 1988; Kolb y Steiner 1989; South et al. 1990; Sloan 1994; Kope et al. 1995; Zwolinski y Ferreira 1995; Mishra y Feret 1996).

La biomasa de la planta, obtenida bajo diferentes espaciamientos de siembra, también se ve afectada. Es así como, algunos investigadores han encontrado una pérdida de biomasa en el tallo cuando se disminuye el espaciamiento de siembra (Boyer y South 1988; South et al. 1990; Mexal y South 1991; Sloan 1994; Mishra y Feret 1996). Similar situación se ha detectado en cuanto a la biomasa de la raíz (Mullin y Bowdery 1977; Boyer y South 1988; South et al. 1990; Sloan 1994; Mishra y Feret 1996).

Asimismo, la fibrosidad del sistema radicular puede ser aumentada por un incremento en el espaciamiento de siembra (Schultz y Thompson 1990; Mexal y South 1991; Blake y South 1991; South 1993).

En cuanto a la relación entre el peso seco aéreo/peso seco radicular, se ha encontrado que esta disminuye en plantas cultivadas a altos espaciamientos de siembra (Boyer y South 1988; Mexal y South, 1991; Escobar 1998). Sin embargo, Sloan (1994) concluyó que aquellos tratamientos que aumentan la talla de las plantas tienden también a aumentar la relación entre la copa y la raíz. Respecto a la relación altura/diámetro, se ha determinado que esta disminuye al aumentar el espaciamiento de siembra (Balneaves y Fredric 1983; South et al. 1990)

Mexal y South (1991), en referencia al efecto del espaciamiento de siembra sobre el estatus nutricional, señalan que la cantidad disponible de un nutriente para una planta depende del consumo de sus vecinas (siempre y cuando estén en competencia). Por lo tanto, el espaciamiento de siembra juega un rol muy importante en la disponibilidad de los nutrientes. Es así que, al disminuir el espaciamiento de siembra, se requerirá una mayor cantidad de fertilizante por hectárea para suplir su déficit.

Otro factor a considerar es la eficiencia en el uso de la semilla, que se define como el número de plantas plantables en la platabanda, a la fecha de cosecha, expresado como porcentaje del número de semillas viables sembradas (South 1990). Entre otros factores, se va afectada por las plantas de desecho, que son aquellas que no cumplen con las

especificaciones de una planta plantable. Generalmente presentan diámetros o alturas reducidas, enfermedades o daños mecánicos (Mexal y South 1991). Al aumentar el espaciamiento de siembra estas tienden a disminuir (Barham 1980; Balneaves 1983; Wichman y Coggeshall 1984).

Para cumplir con los objetivos de este estudio, se debió realizar un ensayo de espaciamiento de siembra en el vivero Tecnoplant. Al igual que otros estudios revisados, se probaron diferentes espaciamientos de siembra y en base a la medición de variables morfológicas y fisiológicas de las plantas, se procedió a determinar el espaciamiento de siembra óptimo.

Por las condiciones en que se desarrolló el estudio, el aporte que hace este, en cuanto a sus resultados, resulta ser válido y aplicable sólo para el vivero Tecnoplant y para la especie *Pinus radiata*, pero la metodología desarrollada es válida para cualquier otra especie o vivero.

II METODOLOGIA

2.1 Antecedentes de la zona donde se realizó el estudio

2.1.1 Ubicación. El estudio se estableció en el vivero Tecnoplant, propiedad de Forestal Bio-Bio. Ubicado a 20 km al NO de la ciudad de Chillán, se llega a él por el camino que va a Nahueltoro.

2.2 Descripción del estudio

El estudio consistió en un ensayo de espaciamiento en vivero, con plantas de *Pinus radiata*, producidas a raíz desnuda, establecido en el vivero Tecnoplant, y en la posterior medición y análisis de variables morfológicas, fisiológicas (solo contenido de N-P-K) y de eficiencia en el uso de la semilla, para determinar sobre la base de estas variables, el espaciamiento óptimo de siembra.

Se consideraron 7 tratamientos, que correspondieron a diferentes espaciamientos de siembra (4 a 10 cm dentro de la hilera).

Las semillas fueron sembradas en forma manual, para asegurar el espaciamiento deseado entre ellas (Barham 1980; Wichman y Coggeshall 1984). La siembra efectuó a principios de noviembre, llevándose a cabo en una porción de platabanda, la cual forma parte del terreno destinado a producción habitual del vivero. Se estableció cada unidad experimental, que contenía un tratamiento, en forma secuencial en la platabanda, de Este a Oeste, partiendo del espaciamiento 4 cm y terminando en el espaciamiento 10 cm,

repitiendo 4 veces la misma secuencia. Cada unidad experimental, ocupó una longitud de platabanda de 3,5 m.

Se estableció una unidad muestral para cada unidad experimental, con una longitud de 0,5 m en las 6 hileras del centro de la platabanda. Las parcelas se instalaron en distintos lugares dentro de la unidad experimental, seleccionando aquellos sectores en que hubo menor mortalidad y mayor uniformidad de la emergencia y crecimiento de las plantas.

Por cada parcela de muestreo, se utilizó 15 plantas centrales (Balneaves y Fredric 1983), para evaluar sus características. Además, se evaluó la eficiencia del uso de la semilla (porcentaje de plantas de desecho y número de plantas plantables por metro lineal de platabanda), para cada espaciamiento de siembra.

En forma adicional, se destinaron 6 plantas por tratamiento (separadas en dos paquetes de 3 plantas cada uno), para análisis de N-P-K en follaje, tallo y raíz. Este análisis se realizó en el Laboratorio de análisis de suelo y planta, de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de Concepción, Campus Chillán.

2.2.1 Manejo de las plantas. Luego de la germinación de las semillas, las plántulas recibieron el manejo habitual que se aplicaba al resto del stock de *Pinus radiata* del vivero, en cuanto a riego, fertilización, control de malezas y control de patógenos y pájaros.

Además se le efectuó una poda de raíces a 12 cm de profundidad, cuando las plantas alcanzaban en promedio los 30 cm de altura. Esta fue efectuada el 17 de abril de 1998.

2.2.2 Cosecha de las plantas. Las plantas se cosecharon el 15 de junio de 1998. Fueron extraídas de la platabanda, utilizando el procedimiento habitual de cosecha que se lleva a cabo en el vivero. Luego se apartaron las plantas que fueron sometidas a las mediciones, para posteriormente ser empacadas y debidamente etiquetadas por tratamiento y repetición. Una vez cumplida esta etapa se procedió a trasladarlas al Laboratorio de Fisiología de Plantas, de la Facultad de Ciencias Forestales, de la Universidad de Concepción.



2.3 Mediciones

Antes de proceder con las mediciones, las plantas fueron lavadas, para eliminar cualquier elemento ajeno a ellas, que pudiera afectar las mediciones.

A continuación se procedió a medir en cada planta las siguientes variables:

- Altura, con una precisión de 0,1 cm
- Diámetro, con una precisión de 0,05 mm

Luego cada planta fue dividida en 3 sub-muestras, que corresponden a las siguientes partes de la planta:

- Follaje
- Tallo
- Raíz

Cada sub-muestra fue almacenada en bolsas de papel, previamente identificadas, para posteriormente ser llevadas al horno de secado marca KOTTERMANN 2718, a una temperatura de 105°C durante 24 horas.

Posteriormente, a cada sub-muestra se le midió el peso seco con una precisión de 0,01 g. Para ello se utilizó una balanza de precisión PRECISA 900C-3000D. La sub-muestra raíz fue dividida al momento de pesar, en raíz principal y raíces secundarias.

Basándose en estas variables se determinó el peso seco de la parte aérea, radicular y total de las plantas por sumatoria de sus respectivas partes. Además, se calculó las relaciones altura/diámetro y peso seco aéreo/peso seco radicular.

Utilizando un diámetro mínimo de 5 mm y una altura mínima de 25 cm se determinó el porcentaje de plantas de desecho producidas por metro lineal de platabanda.

Posteriormente, se estimó el número de plantas plantables por metro lineal de platabanda, utilizando el porcentaje de plantas de desecho y el porcentaje de germinación de la semilla.

2.4 Análisis estadístico

En el análisis de los datos se utilizó un diseño de bloque completo al azar (Mullin y Bowdery 1977; Barham 1980; Wichman y Coggeshall 1984; Steel y Torrie 1988; South et al. 1990). Las unidades experimentales fueron agrupadas y su número por grupo es igual al número de tratamientos, lo que constituyó un bloque.

Se repitió cada tratamiento 4 veces, por lo tanto, se consideraron 4 bloques (Barham 1980).

Cuando hubo diferencia significativa (95% de confianza) o altamente significativa (99% de confianza) entre las medias de una variable, éstas se identificaron a través del test de comparaciones múltiples de Tukey (Steel y Torrie, 1988).

De acuerdo a lo señalado por Rose et al. (1990), los rasgos morfológicos que describen a las plantas, siguen una distribución poblacional normal. Sin embargo, las prácticas culturales pueden desviar la distribución a la derecha o la izquierda de la media.

III RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Análisis del comportamiento de variables morfológicas

Los valores promedios obtenidos para cada variable morfológica y por cada espaciamiento de siembra, se presentan en la Tabla 1.

3.1.1 Altura. El análisis de varianza (Tabla 1), muestra que no existió diferencia significativa, en el rango de espaciamiento estudiado. Esto concuerda con lo señalado por Barham (1980), Whichman y Coggeshall (1984), South et al. (1990), Mexal y South (1991), Kope et al. (1995).

Las plantas mas altas son solo un 9% mayor que las de más baja altura, lo que explica la inexistencia de diferencias significativas.

3.1.2 Diámetro. Los valores de la Tabla 1, muestran un claro efecto del espaciamiento sobre el diámetro, ya que para esta variable, presentó diferencias altamente significativas. El diámetro promedio aumenta con el incremento del espaciamiento. Esto concuerda con lo encontrado por Whichman y Coggeshall (1984), Boyer y South (1988), Kolb y Steiner (1989), South et al. (1990), Sloan (1994), Kope et al. (1995), Zwolinski y Ferreira (1995), Mishra y Feret (1996).

El diámetro promedio varía de 4,93 mm para el espaciamiento 4 cm hasta 6,16 mm para el espaciamiento 9 cm, lo que equivale a un 20% de variación.

Tabla 1. Efecto del espaciamiento de siembra sobre factores morfológicos de las plantas.

Espaciamiento (cm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Peso tallo (g)	Peso follaje (g)	Peso parte aérea (g)	Peso raíz principal (g)	Peso raíces secundarias (g)	Peso parte radicular (g)	Peso total planta (g)	Relación altura/diámetro	Rel. p. seco aéreo / radicular
4	31,1a	4,93c	1,38b	2,29c	3,67c	0,46d	0,42d	0,88c	4,55c	1/63c	4,13a
5	32,2a	5,27bc	1,65ab	2,93bc	4,58bc	0,60cd	0,50cd	1,10bc	5,68bc	1/61c	4,16a
6	31,4a	5,79ab	1,82ab	3,39abc	5,21abc	0,63bc	0,56bcd	1,19b	6,40abc	1/54b	4,33a
7	31,8a	5,95a	1,99a	3,81ab	5,8ab	0,74abc	0,63abc	1,37ab	7,17ab	1/54b	4,22a
8	31,3a	6,00a	2,13a	4,06ab	6,19ab	0,77ab	0,73ab	1,51a	7,70a	1/52b	4,11a
9	31,2a	6,16a	2,15a	4,33a	6,48a	0,81a	0,79a	1,59a	8,08a	1/51ab	4,07a
10	29,3a	6,07a	2,00a	4,05ab	6,22ab	0,80a	0,69ab	1,57a	7,55ab	1/48a	4,06a
Análisis de variación	ns	@@	@@	@@	@@	@@	@@	@@	@@	@@	ns

ns : No existe diferencia significativa

@ : Diferencia significativa (95% de confianza)

@@ : Diferencia altamente significativa (99% de confianza)

El diámetro promedio alcanzado con el espaciamiento 4 cm es inferior al diámetro mínimo utilizado para considerar a la planta como de desecho (5,00 mm).

Del espaciamiento 6 cm hasta el espaciamiento 10 cm no existió diferencia significativa. Por lo tanto, con el espaciamiento 6 cm, se alcanzan diámetros aceptables, aunque menores a los logrados con espaciamientos superiores.

3.1.3 Peso seco del tallo. El análisis de varianza (Tabla 1) muestra diferencias altamente significativas para esta variable, en cuanto al espaciamiento. Por lo tanto se confirma que al aumentar el espaciamiento, el peso seco promedio del tallo se ve incrementado. Este resultado confirma lo observado por Boyer y South (1988), South et al. (1990), Sloan (1994), Mishra y Feret (1996).

El peso seco promedio del tallo, se mueve entre 1,38 g el menor para el espaciamiento 4 cm y 2,15 g el mayor para el espaciamiento 9 cm, alcanzando una variación de 36%.

Pese a que el mayor peso seco promedio del tallo se alcanza con el espaciamiento 9 cm, no existió diferencia significativa entre el espaciamiento 5 y espaciamientos superiores.

3.1.4 Peso seco del follaje. Esta variable presentó diferencias altamente significativas en relación con el espaciamiento. Se evidencia que a espaciamientos mayores el peso seco promedio del follaje se ve incrementado. Este resultado coincide con lo encontrado por South et al.

(1990), que estudiaron la conducta de *Pinus taeda* en distintos viveros del sur de Estados Unidos.

El máximo peso seco promedio del follaje, se logró con el espaciamiento 9 cm y corresponde a 4,33 g, y el mínimo se obtiene con el espaciamiento 4 cm y es de 2,29 g, lo que equivale a una diferencia de 47%.

No obstante, del espaciamiento 6 cm al espaciamiento 10 cm la diferencia no es significativa. Es decir, con el espaciamiento 6 cm, se obtienen resultados similares para esta variable en comparación a espaciamientos superiores.

3.1.5 Peso seco total de la parte aérea. El análisis de varianza (Tabla 1) revela que la variable en cuestión, resultó ser afectada significativamente por el espaciamiento de siembra. Al aumentar este último, se observa una tendencia incremento de esta variable.

Esta variable logró su máximo valor promedio, con el espaciamiento 9 cm y correspondió a 6,48 g. No obstante, no existió diferencia significativa en el rango de espaciamientos 6 a 9 cm. Por lo anterior, resulta de mayor conveniencia el espaciamiento de siembra 6 cm.

3.1.6 Peso seco de la raíz principal. De acuerdo a los resultados de la Tabla 1, se desprende que ésta variable se ve afectada por el espaciamiento, ya que existió diferencia altamente significativa. El peso seco de la raíz principal se ve positivamente afectado al aumentar el espaciamiento.

El mayor peso seco promedio de la raíz principal se alcanzó con el espaciamiento 9 cm y es de 0,81 g. El menor peso seco promedio de la raíz principal, obtenido con el espaciamiento 4 cm, es de 0,46 g, que es un 43% mas bajo que el máximo alcanzado.

Si bien aumenta el peso seco de la raíz principal con el espaciamiento y el máximo se logró con el espaciamiento 9 cm, la diferencia no es significativa desde el espaciamiento 7 cm al espaciamiento 10 cm.

3.1.7 Peso seco de las raíces secundarias (fibrosidad).

La Tabla 1 muestra que para esta variable existió diferencia altamente significativa y varía en forma positiva al incrementar el espaciamiento. Lo anterior concuerda con lo observado en otras investigaciones (Mexal y South, 1991; Blake y South 1991).

El mayor peso seco promedio de las raíces secundarias, se obtuvo con el espaciamiento 9 cm, y fue 0,79 g, que es un 47% superior que el menor alcanzado, que fue 0,42 g, obtenido con el espaciamiento 4 cm.

A pesar de que el máximo es alcanzado con el espaciamiento 9 cm, no se presentó diferencia significativa entre el rango de espaciamientos 7-10 cm. Razón por la cual, el espaciamiento 7 cm resulta ser más conveniente.

3.1.8 Peso seco total de la parte radicular. Existió diferencia significativa para esta variable, al reaccionar en respuesta al espaciamiento de siembra, observando una

tendencia de aumento de la biomasa radicular al incrementar el espaciamiento de siembra.

El mayor peso seco radicular se observa que ocurre bajo el espaciamiento de siembra 9 cm, siendo este de 1,59 g. Pero no existió diferencia entre los espaciamientos de siembra 7, 8 y 9 cm. Razón por la cual, resulta ser más eficiente para esta variable el espaciamiento de siembra 7 cm.

3.1.9 Peso seco total de la planta. Esta variable en relación con el espaciamiento presentó diferencia altamente significativa. El peso seco promedio total de la planta aumenta al incrementar el espaciamiento.

El rango de valores se mueve de 4,55 g para el espaciamiento 4 cm hasta 8,08 g alcanzado con el espaciamiento 9 cm. La variación entre ambos valores es de 44%.

Pese al aumento de esta variable con el incremento del espaciamiento, no se presentó diferencia significativa para el rango comprendido entre los espaciamientos 6-10 cm. Por lo tanto, el espaciamiento 6 cm no presentó diferencia significativa con el espaciamiento 9 cm, con el cual se logró el máximo.

3.1.10 Relación altura/diámetro. De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 1), existió diferencia altamente significativa para la variable analizada en relación con el espaciamiento. Este resultado concuerda con otros estudios (Balneaves y Fredric 1983; Boyer y South 1988; South et al. 1990).

El mejor valor de relación se logró con el espaciamiento 10 cm (1/48) y la más deficiente relación se obtuvo con el espaciamiento 4 cm (1/63). La variación entre ambas relaciones es de 24%.

Con los espaciamientos 4 y 5 cm se alcanzaron relaciones promedio altura/diámetro inferior al mínimo deseado (1/60), lo que implica que las plantas poseen un diámetro demasiado bajo en relación con su altura.

Al aumentar el espaciamiento se observa que aumenta la relación altura diámetro, alcanzando el mayor valor con el espaciamiento 10 cm. Sin embargo, no existió diferencia significativa entre el espaciamiento 9 cm y 10 cm.

3.1.11 Relación peso seco parte aérea/peso seco parte radicular. Conforme a los resultados de la Tabla 1, no existió diferencia significativa para esta variable en dependencia del espaciamiento.

La diferencia entre la relación promedio más baja, originada con el espaciamiento 10 cm (4,06) y la mayor, obtenida con el espaciamiento 6 cm (4,33), es de 6%.

3.2 Análisis del comportamiento de variables fisiológicas

3.2.1 Contenido porcentual de N-P-K en distintas partes de la planta.

Según la Tabla 2, se concluye que no existió un efecto significativo del espaciamiento de siembra sobre el contenido de N-P-K en ninguna parte de la planta. Sin embargo, en general se distingue una tendencia de aumento en el contenido de cada nutriente al aumentar el espaciamiento de siembra y la existencia de un punto de quiebre en el espaciamiento 6 cm, para luego empezar a descender. Por ende, dicho espaciamiento resulta ser el más eficiente en el uso del nutriente.



Tabla 2. Efecto del espaciamiento de siembra en los niveles de N, P y K en el follaje, tallo y raíz.

Espaciamiento (cm)	N follaje (%)	N tallo (%)	N raíz (%)	P follaje (%)	P tallo (%)	P raíz (%)	K follaje (%)	K tallo (%)	K raíz (%)
4	0,80	0,24	0,31	0,14	0,09	0,09	0,76	0,45	0,27
5	1,01	0,22	0,34	0,15	0,10	0,09	0,76	0,57	0,28
6	1,15	0,36	0,37	0,18	0,11	0,12	0,86	0,63	0,32
7	0,96	0,25	0,33	0,11	0,11	0,10	0,80	0,54	0,27
8	0,96	0,26	0,22	0,11	0,11	0,13	1,11	0,54	0,29
9	0,84	0,25	0,42	0,11	0,12	0,10	0,80	0,59	0,42
10	0,90	0,27	0,42	0,13	0,08	0,09	0,73	0,54	0,36
Análisis de variación	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : No existe diferencia significativa

3.3 Análisis del comportamiento de la eficiencia en el uso de la semilla.

3.3.1 Porcentaje de plantas de desecho. Basándose en la Tabla 3, se comprueba que existió diferencia significativa para esta variable en relación con el espaciamiento. Se identifica una relación negativa al incrementar el espaciamiento.

Barham (1980), obtuvo el mismo resultado con plantas de *Quercus falcata*. Por su parte, Wichman y Coggeshall (1984), llegaron a la misma conclusión trabajando con plantas de *Quercus alba*.

En un estudio del espaciamiento óptimo de siembra, para un vivero de *Pinus radiata*, ubicado al sur de Nueva Zelanda, se observó que hubo una marcada reducción en el número de plantas de desecho al aumentar el espaciamiento de siembra de 4 a 6 cm (Balneaves 1983).

El porcentaje promedio de plantas de desecho mas bajo se obtuvo con el espaciamiento 9 cm y fue de 10,0%; en cambio el mas alto fue de 51,7% y se consiguió con el espaciamiento 4 cm. La variación entre ambos valores fue de 81%.

Sin desconocer que disminuyó el porcentaje de plantas de desecho al aumentar el espaciamiento, y que el mejor resultado se obtuvo con el espaciamiento 9 cm, la diferencia no fue significativa en el rango de espaciamientos 5-10 cm.

Tabla 3. Efecto del espaciamiento sobre la eficiencia del uso de la semilla.

Espaciamiento (cm)	Plantas de desecho** (%)	Plantas plantables/ m.l. platab. ***
4	51,7a	87a
5	35,0ab	94a
6	18,3ab	98a
7	13,3b	89a
8	13,3b	78a
9	10,0b	72a
10	23,4ab	55a
Análisis de variación	@	ns

ns : No existe diferencia significativa

@ : Diferencia significativa (95% de confianza)

3.3.2 Cantidad de plantas plantables por metro lineal de

platabanda. El espaciamiento no tuvo efecto significativo sobre esta variable. Este resultado no concuerda con lo observado por Barham (1980), quien determinó que el número y porcentaje de plantas plantables de *Quercus falcata* producidas por pie cuadrado, fue significativamente afectado por el espaciamiento.

Sin embargo, se observa un incremento de esta variable hasta el espaciamiento 6 cm, alcanzando el máximo de 98 plantas, para luego comenzar a descender a 55 plantas con el espaciamiento 10 cm, que equivale a una variación de 44%.

Balneaves (1983), encontró que al aumentar el espaciamiento de siembra de 4 a 6 cm, se obtuvo una cantidad similar de plantas plantables por metro lineal de platabanda (80 y 82 plantas respectivamente). Sin embargo, aumentar el espaciamiento de siembra de 6 a 8 cm, tuvo como resultado un 25% de pérdida en la producción de plantas plantables por metro lineal de platabanda.



IV CONCLUSIONES

- El rango de espaciamento de siembra de 4 a 10 cm en la hilera, influyó en la morfología de las plantas de *Pinus radiata* D. Don producidas en el vivero Tecnoplant.
- De las características morfológicas evaluadas, la altura y la relación entre el peso de la parte aérea y la parte radicular no fueron afectadas por el espaciamento de siembra.
- El diámetro, peso seco del tallo, del follaje, de la parte aérea, de la raíz principal, de las raíces secundarias, de la parte radicular y biomasa total de la planta además de la relación altura/diámetro fueron afectados significativamente por el espaciamento de siembra.
- Los valores medidos de las variables morfológicas afectadas, siguieron una tendencia de aumento a medida que se incrementó el espaciamento, produciéndose un quiebre con el espaciamento de siembra 10 cm. La excepción a lo anterior, fue la relación altura/diámetro que disminuyó al aumentar el espaciamento de siembra.
- El contenido de N-P-K en el follaje, tallo y raíz no fue afectado, en el rango de espaciamento estudiado. Sin embargo se observó una tendencia a alcanzar el máximo contenido con el espaciamento 6 cm.

- Con relación a la eficiencia del uso de la semilla, el espaciamiento de siembra presentó un efecto significativo en la producción de plantas de desecho y no hubo ningún efecto sobre la cantidad de plantas plantables producidas por metro lineal de platabanda.

- Las plantas con mejores características morfológicas, se producen utilizando el espaciamiento de siembra 9 cm, pero considerando todos los factores evaluados, el espaciamiento de siembra 6 cm resulta ser el mas adecuado, ya que se producen plantas que no presentan diferencias significativas con relación a las de mejores características, logrando además, un aumento en la producción de éstas por metro lineal de platabanda de un 26,5%.



V RESUMEN

Con el objeto de mejorar la producción de plantas de *Pinus radiata* en el vivero Tecnoplant, se efectuó un estudio de espaciamiento de siembra para determinar el óptimo.

Se consideraron 7 niveles de espaciamiento de siembra (4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 cm). El ensayo se estableció a principios de noviembre de 1997 y se cosecharon las plantas a mediados de junio de 1998, para luego medir sus características morfológicas y el contenido de N-P-K. Basándose en estas variables, se comparó estadísticamente el efecto de los diferentes espaciamientos de siembra y se determinó el mejor espaciamiento de siembra para el vivero.

En general, se observó un aumento en la calidad de las plantas, con respecto a sus características morfológicas, al aumentar el espaciamiento de siembra y no se registró un efecto de éste en el contenido de N-P-K. Mediante el análisis estadístico de las variables se determinó que el espaciamiento óptimo es de 6 cm sobre la hilera.

SUMMARY

With the purpose of improving the production of seedlings of *Pinus radiata* in the Tecnoplant nursery, a study of spacing was made in order to determine the best one.

Seven levels of spacing were considered (4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 cm). The study was established in the beginning of November in 1997 and the seedlings were lifted in the middle of July in 1998 with the purpose of measuring their morphological features and the content of N-P-K. Based on these variables, the effect of different spacings was compared statistically and was determined the best spacing for the nursery.

In general, was observed an increase in the quality of the seedlings, regarding their morphological features, when the spacing was increased and was not found an effect of the spacing in the content of N-P-K. Through the statistical analysis of the variables was determined that the best spacing was 6 cm within the drill.

VI BIBLIOGRAFIA

- Balneaves, J. M.** 1983. Effect of precision sowing growth of *Pinus radiata* seedlings at Edendale Nursery. pp. 93-99. New Zealand Journal of Forestry 28(1).
- Balneaves, J. M. y Fredric, B. S.** 1983. Effect of precision sowing on grade output of 1/0 *Pinus radiata* seedlings-Edendale Nursery. pp. 100-112. New Zealand Journal of Forestry 28(1).
- Barham, R. O.** 1980. Effects of seedbed density on nursery-grown cherrybark oak. pp. 7-9. Tree Planters' Notes 31(4).
- Blake, J. I. Y South, D. B.** 1991. Planting morphologically improved seedlings with shovels. School of Forestry Series No. 13. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University.
- Boyer, J.N., South, D.B., Muller, C.A. y Vanderveer, H.** 1985. A comparison of nursery sowers. pp. 20-24. Tree Planters' Notes 36(3).
- Boyer, J. N. y South, D. B.** 1988. Loblolly pine seedlings morphology and production at 53 southern forest nurseries. pp. 13-16. Tree Planters' Notes 39(3).
- Escobar, R.** 1998. Viverización de las plantas forestales: Situación actual y algunos desafíos futuros. En: Primer Curso Internacional sobre Biotecnología Forestal. Libro de conferencias. 25-27 Marzo. Concepción, Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Programa de Postgrado en Ciencias Forestales. Universidad de Concepción.
- Kolb, T.E. y Steiner, K.C.** 1989. Spacing effects on seedlings of northern red oak and yellow-poplar. pp. 3-4. Tree Planters' Notes 40(3).

- Kope**, H.H., Sutherland, J. y Trotter, D. 1996. Influence of cavity size, seedling growing density and fungicide applications on *Keithia* blight of western redcedar seedling growth and field performance. pp. 137-147. *New Forest* 11.
- Mexal**, J.G. y Landis, T.D. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. pp. 17-36. En: Rose, Robin; Campbell, Sally; Thomas, D. (Ed). *Target Seedling Symposium: Proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations; Agosto 13-17, 1990. Roseburg, Oregon. Gen. Tech. Rep. RM-200. Ft Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.*
- Mexal**, J. y South, D.B. 1991. Bareroot seedling culture. pp. 85-115. En: Duryea, M. L. and Dougherty, P. M. (Ed). *Forest Regeneration Manual. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.*
- Mishra**, K. y Feret, P. 1996. Effect of plant densities and root pruning on seedling quality of three hardwood species. pp. 164-173. *Indian Journal of Forestry* 19(2).
- Mullin**, R.E. y Bowdery, L. 1977. Effects of seedbed density and nursery fertilization on survival and growth of 3-0 white pine. pp. 11-13,39. *Tree Planters' Notes* 28(1).
- Rose**, R., Carlson, W.C. y Morgan, P. 1990. The target seedling concept. pp. 1-8. En: Rose, Robin; Campbell, Sally; Thomas, D. (Ed). *Target Seedling Symposium: Proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations; Agosto 13-17, 1990. Roseburg, Oregon. Gen. Tech. Rep. RM-200. Ft Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.*
- Schultz**, R.C. y Thompson, J.R. 1990. Nursery practices that improve hardwood seedling root morphology. pp. 21-32. *Tree Planters' Notes* 41(3).
- Shipman**, R.D. 1964. Low seedbed densities can improve early height growth of planted slash and loblolly pine seedlings. pp. 814-817. *Journal of Forestry* 62.

- Sloan, J.** 1994. Nursery Regimes Affect Seedling Size and Outplanting Performance of 1+0 *Pinus ponderosa*. pp. 169-181. En: Landis, T. D.; Dumroese, R. K., tech. coords. National Proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations. Gen. Tech. Rep. RM-257. Fort Collins, CO. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- South, David B.** 1990. Nursery management can affect gains from tree improvement program. pp. 46-64. En: Proc. Southern Forest Nursery Association. Biloxi, Mississippi.
- South, David B.** 1993. Rationale for growing southern pine seedlings at low seedbed densities. pp. 63-92. New Forest 7.
- South, D. B. y Mexal, J.** 1984. Growing the "best" seedlings for reforestation success. Forestry Departmental Series N° 12. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University.
- South, D. B., Boyer, J. N., Larsen, H. S. y Williams, H. M.** 1990. Seed spacing and seedling biomass: Effect on root growth potential of loblolly pine (*Pinus taeda*). pp. 179-192. New Forest 4.
- Steel, R. y Torrie, J.** 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. Editorial McGraw-Hill.
- Wichman, J. R. y Coggeshall, M. V.** 1983. The effects of seedbed density and fertilization on 1-0 white oak nursery stock. pp. 13-16. Tree Planters' Notes 34(4).
- Wichman, J. R. y Coggeshall, M. V.** 1984. Effects of seedbed density and fertilization on root-pruned 2-0 white oak nursery stock. pp. 22-24. Tree Planters' Notes 35(4).
- Zwolinski, J. y Ferreira, M.** 1995. Bed density alters stem density of Loblolly pine seedlings. Research Note 95-2. Southern Forest Nursery Management Cooperative. Auburn University.