

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I Ó N

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Silvicultura



EFFECTO DE LAS HORAS-FRÍO ACUMULADAS EN VIVERO EN EL
POTENCIAL DE CRECIMIENTO RADICULAR DE PLANTAS DE *Pinus*
radiata D.Don.

Por

RODRIGO AURELIO BUSTOS RAMIREZ

MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE


1999

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I Ó N

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Silvicultura

EFFECTO DE LAS HORAS-FRÍO ACUMULADAS EN VIVERO EN EL
POTENCIAL DE CRECIMIENTO RADICULAR DE PLANTAS DE *Pinus*
radiata D. Don.



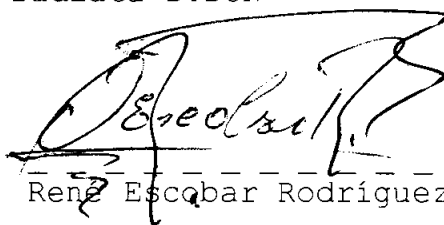
MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE

1999

EFFECTO DE LAS HORAS-FRIO ACUMULADAS EN VIVERO EN EL PCR DE
PLANTAS DE *Pinus radiata* D.DON

Profesor Asesor

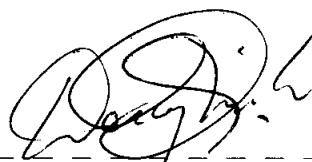


René Escobar Rodríguez

Profesor Asociado

Técnico Forestal

Profesor Asesor



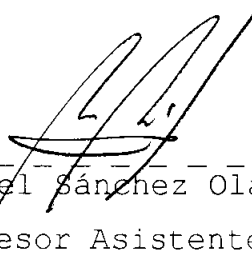
Darcy Ríos Leal

Profesora Asociada

Profesora Biología y

Química, M.Sc.Dra.

Director Departamento



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:

René Escobar Rodríguez : _____ puntos.

Darcy Ríos Leal : _____ puntos.



A DIOS Y A MI FAMILIA.

AGRADECIMIENTOS .

Agradezco de todo corazón a:

Mis padres, por el trabajo espiritual que han desarrollado en mi.

A Cristina y Loreto, por su ayuda incondicional.

A Claudia, por su compañía y apoyo en los momentos difíciles y fáciles.

A don René Escobar por ayudarme a seguir en pie.

A don Jorge Cancino, por su paciencia.

A Forestal MININCO, por la oportunidad que me brindó para desarrollar este trabajo.

A Pedro y Alejandra, por sólo ser como son.

A todos mis compañeros y amigos que de alguna forma me dieron energías para seguir adelante e hicieron posible la realización de este trabajo.

INDICE DE MATERIAS.

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION.....	1
II MATERIALES Y METODOS.....	7
2.1 Descripción del estudio.....	7
2.2 Características y tratamientos del material.....	7
2.2.1 Origen del material.....	7
2.2.2 Epocas de extracción del material...	8
2.2.3 Procesamiento del material en laboratorio.....	8
2.3 Especificación de los tratamientos del ensayo.....	9
2.4 Diseño experimental.....	10
III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
3.1 Número de raíces nuevas.....	11
3.2 Longitud de raíces nuevas.....	14
3.3 PCR como variable respuesta.....	16
IV CONCLUSIONES.....	17
V RESUMEN.....	18
VI SUMMARY.....	19
VII LITERATURA CITADA.....	20
VIII APENDICE.....	24
IX ANEXO.....	26

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
----------	--------

En el texto

1	Horas-frío acumuladas y fechas de extracción de las plantas sometidas a ensayo.....	8
2	Tratamientos usados en el ensayo.....	9

En el apéndice

1.A	Tabla de contingencia para el número de raíces nuevas.....	24
2.A	Tabla de contingencia para raíces nuevas de longitud igual o mayor a 0,5 cm.....	25

En el anexo

1.B	Esquema de manejo de raíces aplicado a las plantas de <i>Pinus radiata</i> provenientes de estaca.....	26
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

INDICE DE FIGURAS

TABLA N°	PAGINA
----------	--------

En el texto

1	Número promedio de raíces nuevas en Relación a la cantidad de horas-frío acumuladas.....	11
2	Longitud promedio de las 3 raíces nuevas más largas en relación a la cantidad de horas-frío acumuladas.....	14



I INTRODUCCION.

Uno de los parámetros más usados para estimar la calidad de las plantas y su supervivencia en terreno es el potencial de crecimiento radicular (PCR) (Ritchie 1985), el cual se define como la habilidad de las plantas de iniciar y elongar las raíces nuevas bajo condiciones óptimas de crecimiento (Simpson 1990).

Muchos son los factores que afectan el PCR, entre ellos el almacenaje en frío, poda de raíces, fecha de cosecha de las plantas (Ritchie 1985). Es necesario cuidar estos factores para que la calidad de las plantas en el momento de la cosecha sea la óptima. Una planta de buena calidad es aquella que puede sobrevivir al estrés prolongado y que produce un crecimiento vigoroso después de ser plantada (Johnson y Cline 1991; Escobar 1994).

Aún no ha sido estudiado el efecto en el PCR de muchos factores ambientales que podrían determinar que se exprese el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas en terreno. Uno de estos factores es la cantidad de horas-frío acumuladas, que al parecer, juega un papel importante en el PCR.

Las horas-frío acumuladas corresponde a la exposición de las plantas a temperaturas del suelo inferiores a 10°C a una profundidad de 15cm durante el tiempo que permanecen en

el vivero (Escobar 1998¹). También se han definido como la exposición de las plantas a temperaturas entre 0 y 8°C (DeWald y Feret 1988; Johnson y Cline 1991), a temperaturas bajo 5°C (Nelson y Lavender 1979; Omi et al. 1993), y a temperaturas del aire bajo 10°C (Stone y Jenkinson 1971; Jenkinson 1984).

No se sabe mucho del efecto que tiene el frío acumulado durante la vida de la planta sobre el potencial de crecimiento radicular. La mayoría de los autores sólo relacionan el PCR con la dormancia que provoca el frío en la planta, y otros como un paso necesario para poder almacenarlas (Li 1997). Sólo algunos autores relacionan directamente el frío acumulado con el PCR de las plantas. Farmer (1979) encontró que la acumulación de frío en las plantas induce una capacidad de formar rápidamente raíces nuevas vigorosas. Algunos de estos autores, como Krugman y Stone (1966), aseguran que el punto máximo del PCR está controlado por el número de horas que éstas son expuestas a bajas temperaturas del aire durante el tiempo que permanecen en vivero. También Stone y Jenkinson (1971) establecen que la cantidad de horas-frío acumuladas es un parámetro para predecir el PCR de las plantas. De los resultados obtenidos por DeWald y Feret (1988) y Omi et al. (1993) se puede deducir que las horas-frío acumuladas afectan en forma positiva el PCR de las plantas, siendo mayor la capacidad de formar raíces mientras mayor es el

¹ René Escobar R. 1998. Profesor de Viveros y Repoblación, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. Comunicación Personal.

número de horas que las plantas han pasado expuestas a bajas temperaturas

Las plantas al ser cosechadas deben estar en un apropiado estado de dormancia (Carlson 1991). La dormancia es una respuesta de las plantas a la exposición a un período de bajas temperaturas (Johnson y Cline 1991). Este período de tiempo necesario para que el crecimiento de las plantas entre en receso es el tiempo de frío requerido, el que es alcanzado frecuentemente a principios de invierno (Johnson y Cline 1991).

La dormancia está determinada por la relación entre la cantidad de horas-frío acumuladas y el estado de inactividad del tallo (Carlson 1991). Los requerimientos de frío son necesarios para que las plantas entren en dormancia (Nelson y Lavender 1979) antes de ser plantadas, inmediatamente luego de la cosecha o antes de ser almacenadas. Stauder (1991), citado por Li (1997), reportó que la mayoría de las plantas alcanzan su máxima dormancia luego de 400 horas-frío acumuladas. DeWald y Feret (1988), encontraron que para *Pinus loblolly* eran necesarias de 400 a 500 horas-frío acumuladas previas al almacenaje, y para *Pseudotsuga menziessi* se encontró que eran necesarias de 400 a 800 horas-frío (Jenkinson 1984). Li (1997) asegura que plantas con menos de 500 horas-frío acumuladas no pueden almacenarse con seguridad y el PCR tiende a decrecer. Así, la exposición de las plantas a bajas temperaturas una vez que el requerimiento de frío ha sido

completado puede aumentar el crecimiento radicular en terreno (Johnson y Cline 1991).

Diversos autores aseguran que el almacenamiento en frío puede ayudar a que las plantas alcancen sus requerimientos de frío (Stone y Jenkinson 1971; Van den Driessche 1977, Ritchie 1984, Ritchie et al. 1985, citados por Omi et al. 1993; Omi et al. 1991, citados por Li 1997), pero que no reemplaza totalmente las condiciones que se podrían alcanzar en el vivero.

El PCR es una de las características morfológicas de las plantas más usadas como índice de calidad y para estimar su supervivencia en terreno (Hobbs 1984; Simpson 1990; Thompson y Puttonen 1992; Li 1997).

Ritchie y Dunlap (1980), citados por Binder et al. (1990), indican que los factores más importantes que afectan el PCR son la poda de raíces, poda de tallo, fertilización, irrigación, época de cosecha y condiciones y duración del almacenaje en frío.

La época de cosecha afecta directamente el PCR, ya que se ha encontrado un carácter cíclico de éste durante el año. Stone et al. (1962), Winjum (1963), Stone y Jenkinson (1971) y Ritchie (1985), encontraron que los valores del PCR son satisfactorios en plantas cosechadas desde mediados de otoño hasta fines de invierno, alcanzando un máximo a mediados de invierno. Trabajos de Simpson (1988, 1990), citados por Simpson et al. (1994), indican que un PCR con 5

a 10 raíces nuevas por planta es el umbral crítico entre una planta de buena y mala calidad. Este umbral es alcanzado normalmente en invierno.

Generalmente el crecimiento radicular ocurre sólo en presencia de luz (Binder *et al.* 1990), necesaria para la actividad fotosintética de la planta y asegurar la producción de energía metabólica. Algunos autores han encontrado que el PCR es dependiente de la tasa fotosintética y, por ende, de la intensidad luminosa a la que es expuesta la planta. Van den Driessche (1978, 1987), citado por Thompson y Puttonen (1992), mostró que el crecimiento de las raíces nuevas estaba en correlación directa con la intensidad luminosa para *Picea glauca*. La reserva de carbohidratos y las nuevas raíces están pobremente relacionadas (Van den Driessche 1978, Ritchie 1982, Rose y While 1984, McNabb 1985, Reid 1986, Cannell *et al.* 1990, Deans *et al.* 1990, citados por Omi *et al.* 1993), y el PCR en coníferas depende de la producción de fotosintatos y no de la reserva de carbohidratos (Mexal y South 1991).

El test de PCR se desarrolla colocando las plantas en un medio de crecimiento programado para darles las condiciones óptimas de crecimiento radicular (Ritchie 1985). La duración del ensayo puede ir de 7 días (Burdett 1979, citado por Ritchie 1985) a 30 días (Ritchie 1985; DeWald y Feret 1988; Mexal y South 1991; Omi *et al.* 1993). Según Ritchie (1985) las condiciones óptimas a la que se deben someter las raíces son una temperatura del sustrato de 20°C

(condición óptima de temperatura para la mayoría de las plantas) y saturación de las raíces con agua. También es necesario mantener a las plantas bajo un fotoperíodo de 16 horas. En el caso específico de *Pinus radiata*, Mendoza (1997) mostró que la temperatura óptima para el desarrollo del PCR es de 17°C.

La cuantificación del crecimiento radicular involucra la contabilización y/o medición del largo de las nuevas raíces presentes (Ritchie 1985). Noland et al. (1997) evaluó el PCR como el número de raíces nuevas mayor a 1cm de largo y la longitud de 5 raíces nuevas escogidas al azar por planta. DeWald y Feret (1988) contaron el número total de raíces nuevas y el número de raíces nuevas a partir de siete orígenes dentro del viejo sistema radicular, mientras que Peña (1996) evaluó el PCR como el número total de raíces nuevas y el promedio de la longitud de las 3 raíces nuevas más largas.

En base a lo anteriormente expuesto, este estudio pretende analizar el efecto que tiene las horas-frío acumuladas sobre el PCR de plantas de *Pinus radiata* D. Don, determinando el nivel aproximado de horas-frío acumuladas que es más favorable para el desarrollo de nuevas raíces y la elongación de éstas.

II MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Descripción del estudio.

El estudio consistió en evaluar el efecto de las horas-frío acumuladas sobre el potencial de crecimiento radicular (PCR) de plantas de *Pinus radiata* D.Don. Este estudio fue desarrollado en el Laboratorio de Fisiología de Árboles de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción.

2.2 Características y tratamientos del material.

2.2.1 Origen del material. Las plantas utilizadas en el estudio se obtuvieron del vivero de Forestal MININCO ubicado en Colicheu, Comuna de Cabrero, Provincia del Bío-Bío, Octava Región. Estas plantas tuvieron la misma procedencia y, durante el cultivo, todas las plantas fueron sometidas a esquemas de acondicionamiento y fertilización específicos.

En el estudio se utilizaron plantas producidas a raíz desnuda provenientes de estacas con diámetro de cuello superior a 8mm, con una altura superior a los 30cm y en óptimo estado sanitario. Las plantas fueron cosechadas entre las 10 y las 12 horas, y antes de ser embaladas, se les agregó a las raíces gel disuelto en agua para disminuir la pérdida de humedad.

2.2.2 Epocas de extracción del material. Las fechas de extracción de las plantas de *Pinus radiata* sometidas a

ensayo y la cantidad de horas-frío acumuladas de cada una de ellas se muestran en la *Tabla 1*

Tabla 1. Horas-frío acumuladas y fechas de extracción de las plantas sometidas a ensayo.

Cantidad de horas frío acumuladas	Fecha de cosecha
238	15 de mayo de 1998
757	23 de junio de 1998
1003	6 de julio de 1998
1173	14 de julio de 1998
1401	25 de julio de 1998

En este estudio las horas-frío acumuladas fueron medidas con temperaturas bajo 10°C a 15cm sobre el nivel del suelo.

2.2.3 Procesamiento del material en laboratorio. Una vez en el laboratorio, se lavaron los sistemas radiculares y se cortaron todas las raíces visiblemente dañadas y las raíces que aún no estaban suberizadas, con el fin de evitar errores en la contabilización de raíces nuevas después de terminado el estudio.

El ensayo para evaluar el PCR se llevó a cabo en una cámara de crecimiento radicular con sistema aeropónico o llovizna. La cámara de crecimiento permaneció a una temperatura constante de 20°C. La duración de los baños de llovizna fue de 10 segundos con una frecuencia de 6 minutos (Peña 1996). Las plantas estuvieron bajo un fotoperíodo de 12 horas. La

luz provenía de tubos fluorescentes de 20 watts ubicados a 30cm sobre las plantas.

El ensayo de PCR tuvo una duración total de 28 días según el método descrito por Ritchie (1985) y Mexal and South (1991). Al final del período se contabilizaron el número total de raíces nuevas, identificadas por su color blanco, y la longitud de las tres raíces más largas, de magnitud mayor o igual a 0,5cm (Mendoza 1997). Ambas variables fueron medidas para cada planta del ensayo.

2.3 Especificación de los tratamientos del ensayo.

Los tratamientos, correspondientes a cada grupo de plantas, se muestran en la *Tabla 2*.

Tabla 2. Tratamientos usados en el ensayo.

Cantidad de horas frío acumuladas	Tratamiento
238	1
757	2
1003	3
1173	4
1401	5

2.4 Diseño experimental.

El diseño experimental del estudio fue un diseño completamente aleatorio. Se utilizaron 20 plantas de *Pinus radiata* por tratamiento (Ritchie 1985).

Una vez tomados los datos, se comprobó si seguían una distribución normal. Como los datos no seguían tal

distribución, el análisis se llevó a cabo con tablas de contingencia.

El análisis de datos correspondiente a la longitud de las tres raíces más largas, sólo se desarrolló con aquellas plantas que tuvieran raíces y que sus tres raíces más largas midieran igual o mayor a 0,5cm de longitud.



III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1 Número de raíces nuevas.

En la *Figura 1* se observan los resultados del número promedio de raíces nuevas para las plantas de *Pinus radiata*.

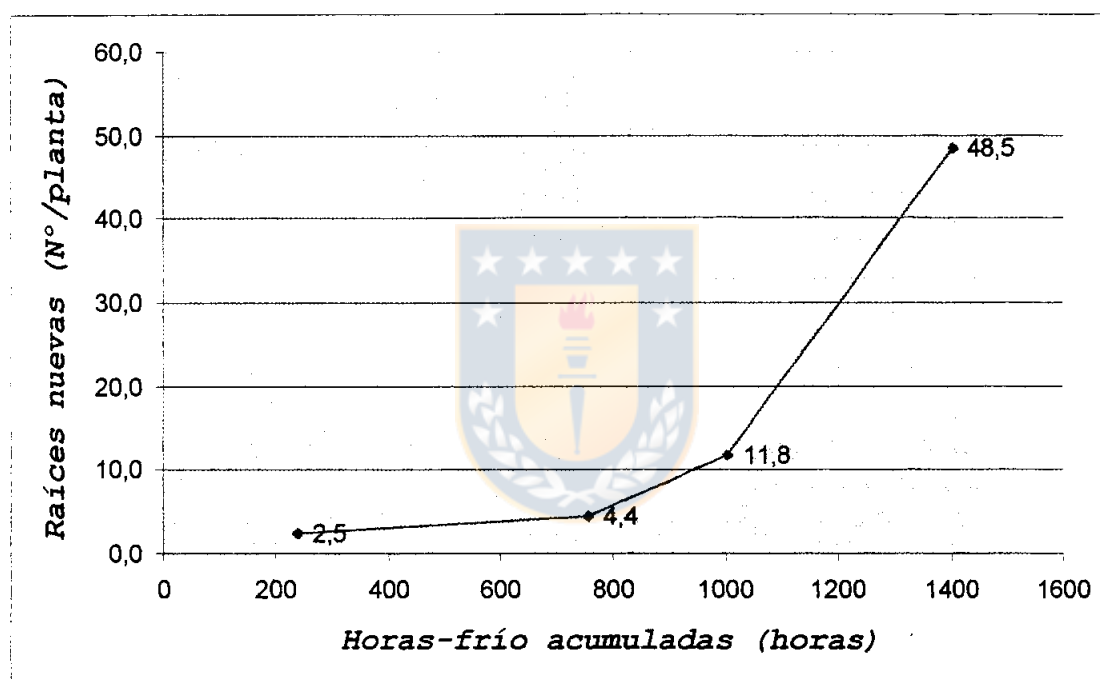


Figura 1. Número promedio de raíces nuevas en relación a la cantidad de horas-frío acumuladas.

En la *Figura 1* se observa que el crecimiento radicular se expresa en todos los niveles de horas-frío acumuladas, siendo mayor en la medida que aumenta el número de horas-frío acumuladas.

Las plantas con 1173 horas-frío acumuladas fueron excluidas del análisis de datos, ya que se consideraron no

representativas de la población porque en ellas no se presentó generación de nuevas raíces, aún existiendo una tendencia natural a aumentar el número de raíces nuevas a medida que aumenta la cantidad de frío acumulado. Estas plantas podrían haber hecho que los resultados del análisis de datos fueran erróneos. Las plantas se encontraban visualmente en excelentes condiciones morfológicas. Es posible que este grupo de plantas tuviera algún daño fisiológico no determinado que influyó en la ausencia de formación de nuevas raíces.

El análisis de tablas de contingencia (tabla 1.A, apéndice) demostró que el número de raíces nuevas y las horas-frío acumuladas no son independientes entre sí al 99% de confianza, lo que permite decir que la cantidad de horas-frío acumuladas en vivero influye en forma positiva en la formación de nuevas raíces en las plantas de *Pinus radiata*. Esto concuerda con lo expuesto por Krugman y Stone (1966).

El valor más alto de nuevas raíces por planta fue de 48,5 y se logró en las 1401 horas-frío acumuladas. Ya que esta cantidad de horas-frío acumuladas fue alcanzada a mediados de invierno, estos resultados están en concordancia con lo expuesto por Johnson y Cline (1991), que postula que las coníferas alcanzan su óptimo estado generalmente en esta época. Si se considera la fisiología de la planta durante la exposición al frío en vivero, se puede postular que el aumento en el número de raíces nuevas a medida que se aumenta la cantidad de horas-frío acumuladas se debe a una división celular acelerada después de eliminar la

exposición al frío de varios puntos en el periciclo de la raíz, ya que se espera que mientras mayor es el tiempo de exposición al frío exista una mayor acumulación de citoquininas y auxinas endógenas, siendo estas últimas básicas para la elongación celular (Barceló et al. 1992).

Además, el alto número de raíces nuevas producidas en condiciones óptimas se puede deber a la época de cosecha, como postulan Stone et al. (1962), Winjum (1963), Stone y Jenkinson (1971) y Ritchie (1985), ya que ellos encontraron un alto PCR en plantas cosechas a mediados de invierno.

Como para alcanzar mayor cantidad de horas-frío acumuladas es necesario realizar la cosecha en una época más tardía, existe la posibilidad que para plantas con más horas-frío acumuladas, el número de raíces nuevas por plantas disminuya por el efecto que tiene la época de cosecha en esta variable. Por esta razón se recomienda utilizar esta variable en posteriores estudio de PCR de plantas de cualquier especie.

3.2 Longitud de raíces nuevas.

En la *Figura 2* se muestra, para las distintas cantidades de horas-frío acumuladas, la longitud media de las tres raíces más largas de cada grupo de plantas.

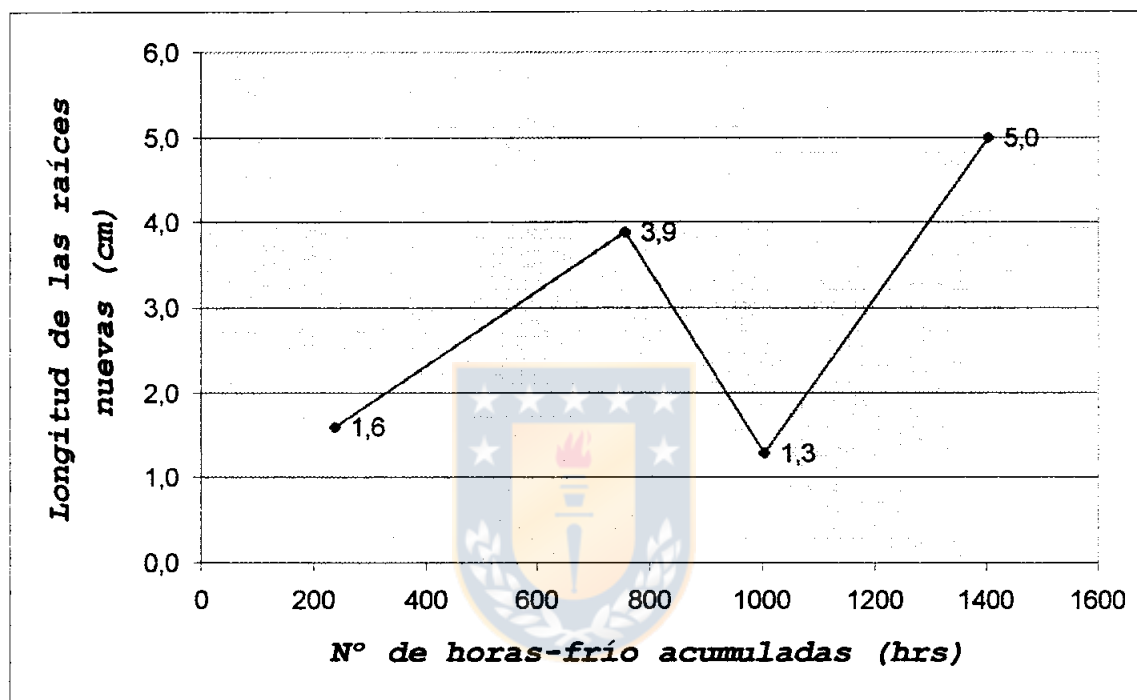


Figura 2. Longitud promedio de las 3 raíces nuevas más largas en relación a la cantidad de horas-frío acumuladas.

De los valores que representa la *Figura 2* se desprende que existen raíces nuevas superiores a 0,5cm en todos los niveles de horas-frío acumuladas. Aunque en la figura se observa que las raíces más largas alcanzan a 5cm y se presentan a las 1401 horas-frío acumuladas, los análisis de datos por tablas de contingencia (tabla 1.B, apéndice) muestran la independencia de la longitud de raíces con respecto a la cantidad de horas-frío acumuladas a un nivel

de confianza de 95% ya que no son significativamente diferentes. Es decir, la cantidad de horas frío acumuladas no influyen en el largo que puedan alcanzar las raíces nuevas de plantas de *Pinus radiata*. Esto se contrapone a lo expuesto por Farmer (1979) que expresa que las plantas con mayor cantidad de horas-frío acumuladas son capaces de formar raíces nuevas con gran capacidad de elongación. Pero, en el trabajo realizado por DeWald y Feret (1988), se mostró que no existía relación entre la cantidad de frío acumulado y la longitud de las raíces.

Que no existan diferencias en la longitud de las raíces nuevas a los diferentes períodos de frío a los que estuvo expuesta la planta, fisiológicamente se puede deber a que el nivel de auxinas en la raíz, encargadas de la elongación celular, es bajo mientras la planta está sometida a períodos de bajas temperaturas (Barceló et al. 1992), y solo comienza a aumentar en el momento en que se eliminan estos períodos de frío y se le den a las plantas las condiciones óptimas de crecimiento. Así, el nivel de auxinas debió ser semejante en todas las plantas del ensayo, ya que todas las plantas tuvieron las mismas condiciones de luz y temperatura durante los 30 días de duración del ensayo.

Según Barceló et al. (1992), el nivel de giberelinas, encargadas también de la elongación celular, aumenta en las plantas una vez que se eliminan los períodos de frío, pero no tienen ningún efecto en el crecimiento de las raíces,

siendo su papel solo el de favorecer la acción de las auxinas en las plantas con un efecto concomitante.

Ya que el estudio de Stone *et al.* (1962) muestra que la longitud de raíces está en directa relación con la época de cosecha, se recomienda realizar estudios en *Pinus radiata* donde se considere directamente esta variable y ver el efecto que tiene en el PCR de esta especie.

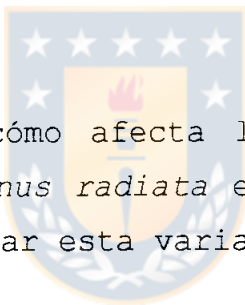
3.3 PCR como variable respuesta.

Al ver los resultados obtenidos en el número de raíces nuevas y longitud de estas raíces, se puede decir que el PCR de plantas de *Pinus radiata* se va haciendo mayor a medida que aumenta la cantidad de horas-frío acumuladas en vivero, ya que las plantas pasaron desde la clase 2 en las 238 horas-frío acumuladas, a la clase 4 en las 1401 horas-frío, en la clasificación de Burdett (1979), citado por Ritchie (1985).

Aún así, las plantas no reflejan un PCR suficiente para ser catalogadas como plantas de buena calidad. Esto se puede deber a que las plantas no han tenido el esquema de manejo de raíces y fertilización más adecuado para plantas de *Pinus radiata* provenientes de estaca. Por esta razón, se recomienda desarrollar otros estudios del PCR a distintas cantidades de horas-frío acumuladas y con distintos esquemas de manejo, para ver el efecto real que pueden tener las distintas formas de manejo de plantas sobre el PCR.

IV CONCLUSIONES.

- La cantidad de horas-frío acumuladas afecta positivamente el número de raíces nuevas desarrolladas, mostrando que A mayor cantidad de horas-frío acumuladas en plantas de *Pinus radiata*, se originan mayor cantidad de raíces nuevas.
- La longitud de las raíces nuevas de plantas de *Pinus radiata* no es afectada por la cantidad de horas-frío acumuladas en vivero.
- El conocimiento de cómo afecta la época de cosecha al PCR de plantas de *Pinus radiata* es limitado, por lo que es recomendable aplicar esta variable en otros estudios.



V RESUMEN.

Plantas de *Pinus radiata* D. Don provenientes de estacas con un mismo esquema de manejo de raíces, fertilización y riego fueron cosechadas cuando habían acumulado 238, 757, 1003, 1173 y 1403 horas bajo 10°C en vivero. Las plantas fueron producidas en el vivero Colicheu, 8^a región, Chile, propiedad de Forestal Mininco. Luego de estar 28 días en una cámara aeropónica, a una temperatura de 20°C y bajo un fotoperíodo de 12 horas, el PCR fue evaluado mediante el número de raíces nuevas y la longitud media de las tres raíces más largas. Los resultados muestran que la cantidad de horas-frío acumuladas en vivero afecta la cantidad de raíces nuevas desarrolladas, siendo mayor mientras más horas-frío se han acumulado. La longitud media de las raíces nuevas no es afectada por la cantidad de horas frío acumuladas.

VI SUMMARY.

Seedling of *Pinus radiata* D. Don from cutting with the same root, fertilization and watering management were lifted when they had accumulated in nursery 238, 757, 1003, 1173 and 1403 chilling hours, below 10°C (50°F). The plants were produced in the Forestal MININCO's nursery, located in Colicheu, Región del Bío-Bío, Chile. After being 28 days in an aeroponic camera, at 20°C (68°F) and a photoperiod of 12 hours, the RGP was evaluated through the number of new roots and the average length of the three longest new roots. The results show that the quantity of accumulated chilling hours in nursery affects the amount of new roots developed, which are greater as the accumulated chilling hours increase. The average length of new roots is not affected by the quantity of accumulated chilling hours.

VII LITERATURA CITADA.

- Barceló, J., Nicolás, G., Sabater, B. y Sánchez, R. 1992. Fisiología Vegetal. 6ª edición. Ediciones Pirámide S.A. Madrid.
- Binder, W., Fielder, P., Scagel, R. y Krumlik, G. 1990. Temperature and time-related variation of root growth in some conifer tree species. Can. J. For. Res. 20:1192-1199.
- Carlson, W. 1991. Lifting, storing, and transporting southern pine seedlings. En: M. L. Duryea & P. M. Dougherty (Eds.), Forest regeneration manual, pp. 291-301. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- DeWald, L. y Feret, P. 1988. Changes in loblolly pine seedlings root growth potential, dry weight, and dormancy during cold storage. For. Sci. 34:41-54.
- Escobar, R. 1994. La planta ideal. Exposición. Silvotecnica IV. Forestal MININCO, Fundación Chile (Ed.) Noviembre, 24-25, 1994. Concepción. Chile.
- Farmer, R. 1979. Dormancy and root growth capacity of white and sawtooth oaks. For. Sci. 25:491-494.
- Hobbs, S. 1984. The influence of species and stock type selection on stand establishment: an ecophysiological perspective. En: Duryea, M. and Brown, G. (Eds.)

Seedling physiology and reforestation success.
Martinus Nijhoff/Dr. Junk Publishers. Dordrecht.

Jenkinson, J. 1984. Seed source lifting windows improve plantation establishment of pacific slope Douglas-fir. En: Duryea, M. and Brown, G. (Eds.) Seedling physiology and reforestation success. Martinus Nijhoff/Dr. Junk Publishers. Dordrecht.

Johnson, J, y Cline, M. 1991. Seedling quality of southern pines. En: M. L. Duryea & P. M. Dougherty (Eds.), Forest regeneration manual, pp. 143-159. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

Krugman, S. L. y Stone, E. C. 1966. The effect of cold nights on the root regenerating potential of ponderosa pine seedlings. For. Sci. 12:451-459.

Li, G. 1997. Seedling storage. Documento de Internet. [Http://www.forestry.auburn.edu/coops/sfnmc/class/fy614/storage.html](http://www.forestry.auburn.edu/coops/sfnmc/class/fy614/storage.html).

Mendoza A. 1997. Influencia de la temperatura en el potencial de crecimiento radicular en plantas de *Pinus radiata*, *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus*. Tesis de grado. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Concepción, Chile.

- Mexal, J. y South, D. 1991. Bareroot seedling culture. En: M. L. Duryea & P. M. Dougherty (Eds.), Forest regeneration manual, pp. 89-115. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Nelson, E. y Lavender, D. 1979. The chilling requirement of western hemlock seedlings. *For. Sci.* 25: 485-490.
- Noland, T., Mohamed, G. y Scott, M. 1997. The dependence of root growth potential on light level, photosynthetic rate, and roots starch content in jack pine seedlings. *New Forest* 13:105-119.
- Omi, S., Rose, R. y Sabin, T. 1993. Fall lifting and long-term freezer storage of ponderosa pine seedlings: effect on starch, root growth, and field performance. *Can. J. For. Res.* 24:624-637.
- Peña. I. 1996. Potencial de crecimiento radicular de plantas de *Pinus radiata* D. Don con diferente potencial hídrico. Tesis de grado. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Concepción, Chile.
- Ritchie, G. 1985. Root growth potential: Principles, procedures and predictive ability. En: Duryea, M (Ed.) *Proceeding: Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive ability of major test.* Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis.

- Simpson, D.G. 1990. Frost hardiness, root growth capacity, and field performance relationships in interior spruce, lodgepole pine, Douglas-fir, and western hemlock seedlings. *Can. J. For. Res.* 20:566-572
- Simpson, D. G., Thompson, C. F. y Sutherland, C. D. 1994. Field performance potential of interior spruce seedlings: effects of stress treatments and prediction by root growth potential and needle conductance. *Can. J. For. Res.* 24:576-586.
- Stone, E., Jenkinson, J. y Krugman, S. 1962. Root-regenerating potential of Douglas-fir seedlings lifted at different times of the year. *For. Sci.* 8:288-297.
- Stone, E. y Jenkinson, J. 1971. Physiological grading of ponderosa pine nursery stock. *Journal of Forestry* 69:31-33.
- Thompson, B. y Puttonen, P. 1992. Patterns of gas exchange, photosynthate allocation, and root growth during a root growth capacity test. *Can. J. For. Res.* 22:248-254.
- Winjum, J. 1963. Effects of lifting date and storage on 2+0 Douglas-fir and Noble fir. *Journal of Forestry* 61:648-65.

VIII APENDICE.

Tabla 1.A. Tabla de contingencia para el número de raíces nuevas.

		238	757	1003	1403	Total
Con Raíces	observado	5	5	12	20	42
	esperado	10,5	10,5	10,5	10,5	42
	desviación	-5,5	-5,5	1,5	9,5	0
	χ^2	2,88	2,88	0,21	8,60	
Sin Raíces	observado	15	15	8	0	38
	esperado	9,5	9,5	9,5	9,5	38
	desviación	5,5	5,5	-1,5	-9,5	0
	χ^2	3,18	3,18	0,24	9,50	
Total	observado	20	20	20	20	80
	esperado	20	20	20	20	80
	desviación	0	0	0	0	0

χ^2 calculado = 30.68

χ^2 tabla (99%) = 11.30

Tabla 2.A. Tabla de contingencia para raíces nuevas de longitud mayor o igual a 0,5 cm.

		238	757	1003	1403	Total
Con 3 ó más raíces sobre 0,5 cm.	observado	3	5	5	15	28
	esperado	3,3	3,3	8,0	13,3	28
	desviación	-0,3	1,7	-3,0	1,7	0
	χ^2	0,03	0,83	1,13	0,21	
Con 2 ó 3 raíces sobre 0,5 cm.	observado	1	0	1	2	4
	esperado	0,5	0,5	1,1	1,9	4
	desviación	0,5	-0,5	-0,1	0,1	0
	χ^2	0,58	0,48	0,02	0,00	
Sin Raíces sobre 0,5 cm	observado	1	0	6	3	10
	esperado	1,2	1,2	2,9	4,8	10
	desviación	-0,2	-1,2	3,1	-1,8	0
	χ^2	0,03	1,19	3,46	0,65	
Total	observado	5	5	12	20	42
	esperado	5	5	12	20	42
	desviación	0	0	0	0	0

χ^2 calculado = 8.61

χ^2 tabla (99%) = 16.80

IX ANEXO.

Tabla 1.B. Esquema de manejo de raíces aplicado a las plantas de *Pinus radiata* provenientes de estaca.

Actividad	Fecha
Poda basal	21-feb-98
Poda lateral	14-mar-98
Descalce 1	25-feb-98
Descalce 2	28-mar-98
Descalce 3	16-abr-98

