

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO SILVICULTURA

EVALUACION DEL DETERIORO FISIOLÓGICO
DE PLANTAS DE PINO RADIATA (*Pinus radiata* D. Don),
A TRAVES DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA.



MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION - CHILE

1997

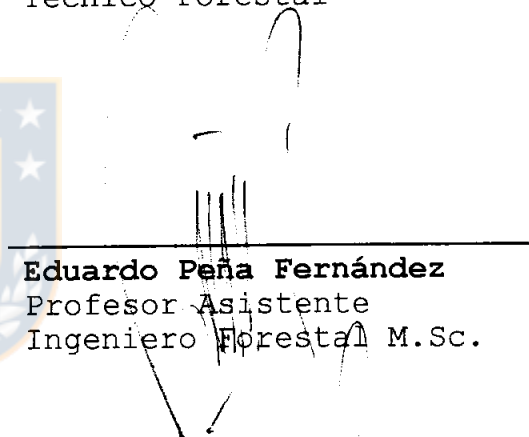
EVALUACION DEL DETERIORO FISIOLÓGICO
DE PLANTAS DE PINO RADIATA (*Pinus radiata* D. Don)
A TRAVÉS DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA

Profesor Asesor



René Escobar Rodríguez
Profesor Asociado
Técnico Forestal

Profesor Asesor

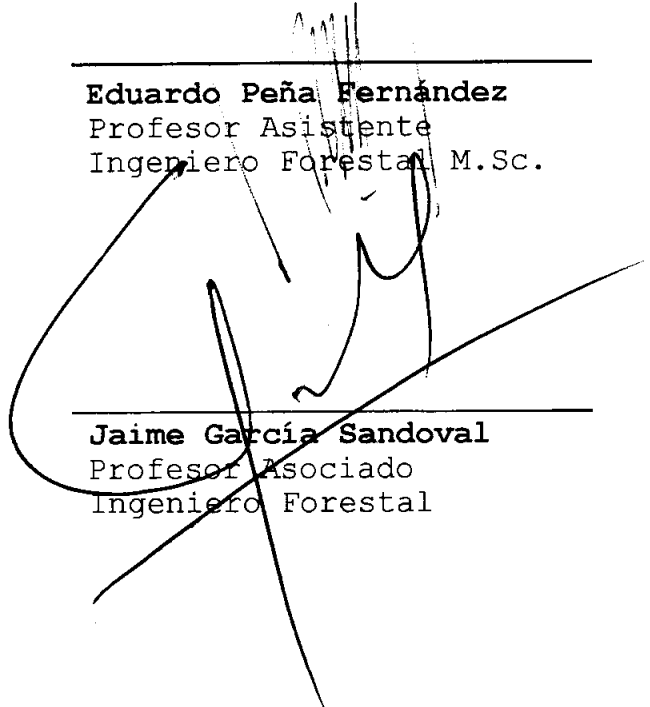


Eduardo Peña Fernández
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal M.Sc.

Director Departamento
Silvicultura

Eduardo Peña Fernández
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal M.Sc.

Decano Facultad de
Ciencias Forestales



Jaime García Sandoval
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal



A mi esposa Pilar e hija Francisca

A mis padres, Ursula y José Antonio

y a Marcelo, mi hermano.

Mis sinceros agradecimientos a don René Escobar, profesor y amigo, por su constante apoyo en la materialización de mi memoria y orientación durante mis estudios.

Agradezco a don Eduardo Peña por su colaboración y apoyo para la realización del presente estudio.

A don Urcecindo González quien en forma desinteresada colaboró en la ejecución de este trabajo.

A don Jorge Cancino, por la ayuda brindada.

A todas las personas que directa o indirectamente ayudaron en mi formación personal y profesional.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULO	PAGINA
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1 Antecedentes generales.....	3
2.1.1 Calidad de planta.....	5
2.1.2 La necesidad de almacenar.....	6
2.2 Almacenamiento en frío.....	7
2.2.1 Procedencia de las plantas.....	10
2.2.2 Duración del período de almacenamiento.....	11
2.2.3 Temperatura de almacenamiento.....	13
2.2.4 Epoca de cosecha de plantas para el almacenamiento en frío.....	18
2.3 Evaluación de la calidad de plantas.....	23
2.3.1 Atributos materiales.....	23
2.3.2 Atributos de comportamiento.....	27
2.3.2.1 Potencial de crecimiento radical...	27
2.3.2.2 Frío resistencia.....	28
2.3.2.3 Resistencia al estrés.....	29
2.3.3 Prueba de vigor OSU.....	29

CAPITULO	PAGINA
2.3.4 Evaluación fisiológica de plantas.....	30
2.3.4.1 Medición de la fluorescencia de la clorofila de ápices.....	30
2.3.4.2 Medición de emisiones volátiles ante estrés inducido.....	31
2.3.4.3 Test de crecimiento.....	32
2.3.4.4 Método de impedancia eléctrica.....	33
2.3.4.5 Método de la razón de impedancia eléctrica.....	34
2.3.4.6 Método de conductividad electrolítica...	35
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
3.1 Ubicación del estudio.....	40
3.2 Descripción del estudio.....	40
3.2.1 Evaluación del ensayo.....	41
3.3 Diseño experimental.....	43
3.4 Análisis de resultados.....	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	45
V. CONCLUSIONES.....	55
VI. RESUMEN.....	55
SUMMARY.....	58
VII. BIBLIOGRAFIA.....	60

CAPITULO

PAGINA

VIII. APENDICE.....	75
IX. ANEXOS.....	79



INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Combinación temperatura de almacenaje y diámetro de tallo como tratamiento para el segundo diseño aleatorio.....	44
2	Valores medios de conductividad electrolítica relativa de plantas de <i>Pinus radiata</i> D. Don almacenadas a diferente temperatura y con distinto diámetro de tallo.....	46
3	Valores medios de conductividad electrolítica relativa para 2 temperaturas diferentes de almacenaje de plantas de <i>Pinus radiata</i> D. Don con distinto diámetro de tallo.....	48
4	Valores medios de conductividad electrolítica relativa para plantas de <i>Pinus radiata</i> D. Don de distinto diámetro de tallo , almacenadas a 2 temperaturas diferentes.....	50
5	Valores medios de conductividad electrolítica relativa para plantas de <i>Pinus radiata</i> D. Don de distinto diámetro de tallo y diferente temperatura de almacenaje almacenadas durante 96 horas.....	51

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
 <u>En el texto</u>		
1	Efecto de la combinación temperatura de almacenaje y diámetro de tallo en la conductividad electrolítica de plantas de <i>Pinus radiata</i> D. Don. almacenadas durante cuatro días.....	52
 <u>En el apéndice</u>		
1	Efecto de la condición de almacenaje en la conductividad electrolítica de plantas de <i>Pinus radiata</i> D. Don almacenadas durante 96 horas.....	75
2	Efecto del diámetro de tallo en la conductividad electrolítica de plantas de <i>Pinus radiata</i> D. Don almacenadas durante 96 horas.....	75
3	Efecto del diámetro de tallo en la conductividad electrolítica de plantas de <i>Pinus radiata</i> D. Don almacenadas durante 96 horas a 19°C.....	76
4	Efecto del diámetro de tallo en la conductividad electrolítica de plantas de <i>Pinus radiata</i> D. Don almacenadas durante 96 horas a 4°C.....	76
5	Efecto de la condición de almacenaje en la conductividad electrolítica de plantas de <i>Pinus radiata</i> D. Don con diámetro de tallo inferior a 5 mm.....	77

FIGURA N°		PAGINA
6	Efecto de la condición de almacenaje en la conductividad electrolítica de plantas de <i>Pinus radiata</i> D. Don con diámetro de tallo entre 5 y 7 mm.....	77
7	Efecto de la condición de almacenaje en la conductividad electrolítica de plantas de <i>Pinus radiata</i> D. Don con diámetro de tallo superior a 7 mm.....	78



I. INTRODUCCION

Desde que se extrae una planta, en vivero, se inicia un proceso de deterioro que puede llegar a causar hasta su muerte.

Si la planta, cosechada, no se conserva de manera que su condición fisiológica permanezca casi inalterable hasta el momento de la plantación, ésta puede tener resultados no deseados ocasionando inclusive una pérdida total.

Por ello, una vez que se realiza la cosecha de plantas se deben almacenar bajo condiciones que le permitan mantener una actividad fisiológica mínima; situación que se logra en condiciones de baja temperatura, refrigeración o frigorización y alto contenido de humedad ambiente.

Para determinar la calidad de una planta generalmente se evalúan algunos atributos morfológicos tales como altura, diámetro de tallo y sistema radical; es la forma de evaluación más aceptada por los investigadores aunque éstas variables son, generalmente, consideradas

como descriptivas y no indicadoras del vigor de las plantas (Mexal y Landis, 1990).

Para determinar la viabilidad y vigor de las plantas debe caracterizarse también la fisiología de éstas, lo cual se puede realizar, entre otros, a través de la conductividad electrolítica (Sutton, 1979; Duryea, 1985; Hawking y Binder, 1990; Sampson, 1994). El conocimiento de ambos factores, viabilidad y vigor, permiten al viverista identificar qué tipo de planta seleccionar y qué tipo de técnicas aplicar para asegurar un establecimiento exitoso.

En el presente trabajo, a través de la conductividad electrolítica, se mide el daño fisiológico, que ocasiona el almacenaje en plantas de ***Pinus radiata*** D. Don, producidas a raíz desnuda.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Antecedentes generales

Diversos autores coinciden en señalar que el éxito de un plantación se refleja en la supervivencia y crecimiento que hayan logrado las plantas durante los primeros años de establecimiento. Este es el resultado de la ejecución adecuada de una serie de actividades íntimamente relacionadas que comienza con la selección de semillas de la mejor calidad y termina con los cuidados de postplantación (Escobar, 1994).

Actualmente, en el país, se cosechan plantas en vivero cuando la plantación las requiere y se trata de aminorar el tiempo entre cosecha y plantación para evitar que la planta sufra deterioro. A pesar de ello, éste puede ocurrir durante el transporte debido a condiciones inadecuadas de él. En este sentido, Carlson (1990) señala que el transporte del material para plantación debería realizarse en vehículos con dispositivos de refrigeración o al menos, cubiertos con una lona que proteja las plantas de los rayos

solares directos. Así las plantas se mantienen semi-aisladas y se previene una posible deshidratación debido al contacto directo con el viento o con temperatura ambiental inadecuada durante el transporte.

Peña (1996) señala que existe una estrecha relación entre el potencial hídrico de una planta con la supervivencia en terreno. Trabajando con plantas de pino radiata determina que un potencial hídrico sobre $-0,5$ Mpa logra el máximo de supervivencia y que valores inferiores la afectan negativamente.

En periodos de plantación muy prolongados, 3 o 4 meses, se debe esperar distinto comportamiento entre plantas establecidas al inicio o al final de la actividad. Lo normal, es que fisiológicamente las plantas sean diferentes, por ello, en programas importantes de propagación y establecimiento de plantaciones, cuando las plantas cumplen con los requisitos para ser plantadas se cosechan y almacenan refrigeradas y desde este lugar, se abastece el programa de plantación (Cea, 1993).

2.1.1 La calidad de planta

Muchos autores coinciden en señalar que una planta es de buena calidad cuando alcanza niveles determinados de supervivencia y crecimiento en un sitio forestal particular (Minko y Craig, 1976 ; Duryea, 1985).

Una planta de alta calidad permite una buena interacción de ésta con el medio, requisito indispensable para alcanzar su mayor potencial productivo, por ello, es importante un acabado conocimiento de la fisiología de la plantas e implementación de prácticas culturales en el vivero, dirigidas a mejorar la calidad de éstas, permitiendo una mejor selección para los distintos sitios y mejorando el crecimiento futuro de los bosques (Duryea, 1985).

Diversos estudios muestran la importancia del uso de material clasificado en planes de repoblación. Según Burschel et al. (1973), plantas de *Pinus radiata* D. Don más grandes son más aptas para sobrevivir y crecer en condiciones de terreno, además las diferencias iniciales en tamaño no sólo se mantienen sino que se acrecientan con el tiempo. Trabajos realizados por Blair y Cech (1974) con plantas de *Pinus*

elliottii y *Pinus taeda* clasificadas de acuerdo a rasgos morfológicos corroboran lo sostenido por Burschel.

2.1.2 La necesidad de almacenar

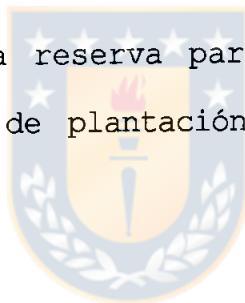
Durante el proceso de plantación , en muchas ocasiones, existe un sobrestock de plantas en diversos viveros incurriendo en pérdidas de esfuerzo y económicas debido al no aprovechamiento de las plantas remanentes. En el país, la información respecto de los métodos y condiciones que permiten almacenar plantas por períodos breves y/o prolongados es escasa (Cea, 1993).

Cuando las plantas son cosechadas, están expuestas y son vulnerables a condiciones ambientales adversas y es difícil protegerlas en terreno. La protección de ellas en esta etapa, es de alta prioridad (Edgren, 1984).

La calidad de las plantas mantenidas al aire libre en invierno depende del clima predominante, por este motivo, el riesgo de deterioro se acentúa comparado con un almacenamiento en frío (Mattsson y Troeng, 1986). El almacenamiento en frío es necesario para mantener la

calidad de las plantas hasta que éstas sean requeridas en la plantación ((Nelson, 1980; Hee, 1987; DeWalt y Feret, 1988). Frecuentemente las operaciones de plantación se ven interrumpidas por condiciones climáticas adversas, por lo cual se hace necesario contar con algún tipo de almacenamiento para las plantas (Hintz, 1978).

El uso del almacenamiento en frío permite cosechar para proseguir cuando las condiciones sean favorables; de esta manera, existe una reserva para un inmediato despacho cuando las condiciones de plantación son adecuadas (Mason y McKay, 1991).



2.2 Almacenamiento en frío

El almacenamiento en frío ha sido un herramienta importante que permite al viverista una gran flexibilidad en la carga de trabajo y también asegura un temprano arraigamiento de las plantas en primavera. Estas prácticas también permiten evitar las pérdidas de plantas provocadas por heladas tardías en primavera (Nelson, 1980 ; Ritchie, 1987).

Si las plantas permanecen durante más de 24 horas empaquetadas en el vivero listas para ser transportadas al lugar de plantación, éstas debieran ser almacenadas en frío (Williams y Hank, 1976; Burdett y Simpson, 1984). Lo mismo debiera ocurrir en la cosecha de coníferas destinadas a zonas altas o bajas con nevazones.

Una permanencia excesiva de las plantas en vivero, implica un aumento de la presión de las operaciones de primavera en éste, habilitación tardía de la superficie del vivero y una posible disminución de la temporada de plantación (Mullin y Bunting, 1972 citados por Cea, 1993).

Según Nelson (1980), para una plantación en sitios que experimentan un temprano estrés de humedad, el almacenamiento en invierno proporciona un buen método para la producción de plantas ya que un brote temprano de las yemas en primavera debiera dar a las plantas una mayor oportunidad de supervivencia.

En Nueva Zelanda, existe una gran cantidad de tierras bajas para la plantación forestal de plantas de ***Pinus radiata*** D. Don a raíz desnuda, esquema que ha sido de más

bajo desarrollo que el de manejo en contenedores por lo cual, el almacenamiento en frío se hace necesario y está teniendo cada vez mayor aceptación como técnica para guardar las plantas entre cosecha y plantación (McCracken, 1979).

Debido al incremento en la producción de plantas, se ha hecho necesario un período de almacenamiento, por cuanto evita la cosecha y envío inmediato de todas las plantas requeridas para la plantación (Moorhead, 1989).

McCracken (1979), señala que el almacenamiento en frío permite que la producción del vivero sea guardada y se extraiga sólo el equivalente a la demanda para la plantación. También se considera como una medida que proporciona reservas de abastecimiento en caso de una excesiva demanda de plantas para plantación además, evita el trabajo abrumador como cosecha, clasificación y empaque durante períodos de mal tiempo (Stoeckeler y Jones, 1957).

Bobrinev (1980), considera el método de almacenamiento en frío como una excelente medida para el ahorro financiero; En Polonia se han realizado estudios con el objeto de perfeccionar la producción y eficiencia de los viveros

forestales. Al respecto, la producción fue aumentada por unidad de superficie en un 38% dependiendo de la superficie y el trabajo, fue reducido en un 39% (Kosior, 1987).

2.2.1 Procedencia de las plantas

Se sabe que la procedencia de las semillas y plantas es uno de los factores que influyen sobre los resultados del almacenamiento en frío. Es un hecho que las plantas adaptadas a condiciones de invierno están mejor preparadas para soportar el almacenamiento (Burdett y Simpson, 1984).

Se han realizado estudios acerca de la duración del almacenamiento de plantas provenientes de gran elevación, altas latitudes o regiones montañosas y todos concuerdan en la facilidad de éstas para permanecer por un largo período almacenadas en frío (Hinesley, 1982 ; Tung et al.,1986).

Ensayos realizados por Tung et al. (1986) muestran que las especies que proceden de grandes altitudes pueden ser almacenadas en frío por siete meses sin sufrir alteraciones en su desarrollo después de la plantación.

En Canadá, ensayos de procedencia muestran que plantas provenientes del interior toleran temperaturas 2°C más bajas que plantas provenientes de la costa (Van den Driessche y Cheung, 1979).

La procedencia de semillas, en Canadá, afectó significativamente el crecimiento de plantas luego de un tiempo almacenadas en frío. Plantas de origen central, inicialmente fueron más altas y crecieron 6 a 28% más que las procedentes del norte y sur respectivamente; A sí mismo, las plantas de origen central produjeron alrededor de un 28% más de nuevo crecimiento (peso seco) que las plantas de otras procedencias (Rose et al., 1992).

2.2.2 Duración del período de almacenamiento

Dependiendo de la especie, el período de almacenamiento puede ser corto durante la etapa de aclimatación a la cosecha de primavera o períodos más largos para el stock cosechado en otoño y almacenado a través del invierno (Morby y Ryker, 1979 citados por Hinesley, 1982).

Plantas almacenadas entre -2 y 0°C pueden ser cosechadas en otoño y almacenadas por más de 1 año (Kosior, 1987).

Tung et al. (1986) trabajando con plantas de **Abies procera** **Rhed.** almacenadas frigorizadas por más de 7 meses, encontraron que éstas sobrevivieron mejor durante la primera estación, que aquellas almacenadas por 3 meses.

Plantas de **Pinus ponderosa** Dougl. Y **Pinus jeffreyi** Grew. et **Balf.** pueden ser almacenadas bajo refrigeración por más de 6 meses a 2 °C con una supervivencia del 90% (Tung et al., 1986).

Según Ritchie (1987), 2 meses de almacenamiento para plantas que son cosechadas en otoño y principio de primavera es beneficioso; por lo contrario, 6 meses de almacenamiento rara vez es beneficioso cuando la cosecha se realiza tardíamente en invierno o primavera.

McCracken (1979), trabajando con **Pinus mugo** Turra encontró que ésta especie perdió capacidad fotosintética almacenada durante 18 semanas, pero a su vez presenta una alta vigorosidad por cuanto tuvo una alta capacidad de recuperación; por otro lado, las plantas de **Pinus radiata** **D. Don** fueron más sensibles a largos períodos de almacenamiento y de lenta recuperación; por lo tanto, recomienda para esta última especie, un período de

almacenamiento de 6 semanas como una práctica segura y un período máximo de 12 semanas.

Plantas completamente dormantes pueden ser almacenadas exitosamente. Las Plantas de *Pinus taeda* L. cosechadas en diciembre y almacenadas por 12 semanas conservaron intactas sus propiedades fisiológicas (DeWald y Feret, 1988). El potencial de plantas de *Pinus taeda* L. fue alto para las cosechas a mediados de noviembre y principios de mayo en forma tardía realizadas en U.S.A. y estas últimas no presentaron una reducción de la supervivencia con 9 semanas de almacenamiento (Garber y Mexal, 1980).

Una corta duración del almacenamiento, de 1 a 3 semanas, presenta pocos problemas y permite que la producción del vivero sea almacenada y se extraiga sólo el equivalente a la demanda para la plantación (McCracken, 1979).

2.2.3 Temperatura de almacenamiento

Diversas especies de coníferas pueden ser almacenadas en forma exitosa a una temperatura de -2°C , ya que las mantiene en dormancia satisfactoria por un período de 6 meses antes de la plantación (Hee, 1987).

La temperatura de almacenamiento afecta la relación de reservas alimenticias; Ritchie (1987), trabajando con plantas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco encontró que plantas almacenadas durante 6 meses a -2°C tuvieron alrededor de 2.5 mg/g más del total de carbohidratos no estructurales que aquellas almacenadas a 2°C .

Una temperatura de almacenaje entre -2 y 0°C fue, en promedio, la más satisfactoria para coníferas, pero hay considerables diferencias en la temperatura óptima entre especies y entre años (Behrens, 1986).

Tung et al. (1986), reportaron que el almacenamiento a -1°C debiera ser considerado cuando las plantas deben ser almacenadas por un período prolongado.

La temperatura más favorable para el almacenamiento parece ser aquella justo bajo o justo sobre 0°C (Burdett y Simpson, 1984).

En Polonia, plantas de *Pinus Sylvestris* L., *Picea Abies* (L.) Karst., *Betula pendula*, *Alnus glutinosa* y *Larix*

decidua fueron almacenadas de noviembre a junio y de marzo a junio, resultando que la temperatura de almacenamiento estuvo en un rango de -2 y 2°C (Gorzalak, 1988).

En un estudio realizado por Hee (1987) se utilizaron dos temperaturas de almacenamiento, -2 y 2°C, obteniéndose una supervivencia del 100% en los dos tratamientos, pero a 2°C los problemas aumentaron con la aparición de moho y hongos. Pero si el desarrollo de moho no ocurre, el estado de las plantas es quizás tan bueno o superior con un almacenamiento a 0°C si son congeladas ; ésto puede deberse, tal vez, a que temperaturas bajo 0°C retardan la respiración lo que afecta a una adecuada mantención celular (Burdett y Simpson, 1984).

Generalmente, las plantas de coníferas son almacenadas entre 0 y 3°C debido a que estas temperaturas son adecuadas para la inhibición de hongos dañinos y a la vez, reducen la respiración celular ((McCreary, 1984). Plantas de *Pinus Clausa var immuginata* almacenadas entre -1 y 4°C por 12 semanas tuvieron un 90% de supervivencia (Hebb, 1983). Plantas de *Picea abies (L.) Karst.* fueron refrigeradas durante 30 días entre 0 y 3°C con 90 y 95% de humedad

relativa, la supervivencia fue de 95 a 98% para todos los tratamientos (Mursmankaya y Tuttygin, 1982).

La temperatura óptima de almacenamiento osciló entre 0.5 y 1.5°C para de plantas de ***Picea abies* (L.) Karst** producidas a raíz desnuda (Dusek, 1980).

Hee (1987), reportó que un almacenamiento con temperaturas entre 1 y 2°C y humedad relativa de un 80% o más conservan satisfactoriamente las plantas. Según Jenkinson, 1975 citado por Edgren (1984), para asegurar un bajo nivel de actividad fisiológica y mantención de la dormancia es necesario mantener la temperatura entre 1 y 2°C ; además, se evita el daño por moho por las condiciones adversas presentes que limitan el desarrollo de la mayoría de los hongos de almacenaje (Rose et al., 1989).

No hay ninguna evidencia de alguna ventaja del almacenamiento a -2 °C comparado con 2 °C considerando la época de cosecha ; en cambio, el potencial hídrico fue mucho más alto después del almacenamiento a 2°C (Van den Driessche y Cheung, 1979).

En general, las altas temperaturas de almacenamiento (4, 15 y 24°C) aumentaron más rápidamente el debilitamiento de muestras foliares de plantas de *Picea rubens* Sarg., provenientes de árboles diferentes, las que se debilitaron en diferentes relaciones. En general, a temperaturas relativamente altas debe minimizarse el tiempo de almacenamiento o, al menos, mantener las muestras a menos de 4°C (DeHayes et al., 1990).

Plantas de *Pinus caribea* var. *Hondurensis* pueden ser almacenadas sin una significativa disminución en la supervivencia como máximo durante 3 a 4 semanas a 5.5°C (Huth, 1990).

Según Jenkinson (1975) citado por Edgren (1984), es extremadamente riesgoso permitir que las temperaturas de almacenamiento, por lo bajo, bordeen los 5°C, ya que la actividad fisiológica comienza cercana a este punto.

Según Williams y Hanks (1976), la temperatura de almacenamiento debería ser mantenida entre 0.5 y 3.5 °C ; en cambio, Moorhead (1989) señala que las cámaras de almacenamiento refrigeradas deberían ser mantenidas entre 0.5 y 4.5°C durante el almacenamiento.

2.2.4 Época de cosecha de plantas para el almacenamiento en frío.

Nelson (1980), señala que la capacidad de las plantas para resistir el almacenamiento en frío está altamente influenciada por la época de cosecha, la especie y las condiciones ambientales experimentadas por la planta hasta el momento de la cosecha.

Burdett y Simpson (1984), señalan que las plantas a raíz desnuda también se ven afectadas por los métodos de manejo y almacenamiento, dependiendo de la condición de las plantas al ser cosechadas y esto, a su vez, depende de los métodos culturales bajo los cuales las plantas fueron tratadas; además, sostienen que es recomendable un seguimiento de varios años para determinar la época óptima para la cosecha.

La época de siembra está relacionada con la época de cosecha la que a su vez influye en la duración del almacenamiento en frío. En un estudio realizado en U.S.A., las plantas provenientes de una siembra tardía sobrevivieron significativamente mejor que las plantas provenientes de un siembra media y éstas, a su vez, sobrevivieron significativamente mejor que las provenientes de una siembra

temprana. Estas diferencias parecieron ser causa de las distintas morfologías de las plantas con distinta época de siembra; las plantas provenientes de una siembra temprana fueron muy altas y con tallos fuera de balance con la proporción de raíces, ésto limita la supervivencia de las plantas (Boyer y South, 1987).

Burdett y Simpson (1984) señalan que independiente de las variables que afectan la calidad de las plantas, la época de cosecha es importante por cuanto el almacenamiento en frío modifica el patrón normal de cambio estacional en la fisiología de éstas; a su vez, señalan que la capacidad de las plantas para resistir el transporte y almacenamiento varía estacionalmente y, por lo tanto, se piensa que las plantas debieran ser cosechadas cuando estén dormantes. Está aceptado que la capacidad de las plantas para resistir el almacenamiento depende de su dormancia (Hocking y Nyland, 1971 y Cleary, 1978 citados por Burdett y Simpson, 1984).

La condición fisiológica y la estación de cosecha afectan directamente el estado de las plantas de pino cuando son almacenadas. Plantas no dormantes cosechadas en otoño no soportan bien el almacenaje y si son plantadas

inmediatamente después de la cosecha, la supervivencia quizá sea satisfactoria , pero un almacenamiento de hasta dos semanas puede causar una disminución en la supervivencia, bajo los niveles satisfactorios (Moorhead, 1989).

McKay y Mason (1991), señalan que en el almacenamiento en frío las plantas pueden ser mantenidas en un estado de dormancia para una plantación tardía en primavera cuando están en una mínima actividad de crecimiento.

Jenkinson y Nelson (1978) citados por Burdett y Simpson (1984), mostraron que plantas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco almacenadas para plantarlas a fines de invierno o principio de primavera poseen una alta capacidad de crecimiento radicular al momento de la plantación si la cosecha ocurre considerablemente antes de la plantación.

La época óptima de cosecha en otoño en U.S.A. es, al parecer, entre mediados de octubre y principio de noviembre cuando las plantas han conseguido el máximo de dormancia, pero no han alcanzado su máxima resistencia al estrés; sin embargo, se consideran fisiológicamente aptas para el

almacenamiento en frío (Lavander, 1990 y Simpson, 1990 citados por Rose et al., 1992).

Ritchie et al. (1985), determinó que la resistencia al estrés fue relativamente alta para plantas de *Pinus contorta* Dougl. ex Loud. y *Picea abies* (L.) Karst cosechadas en otoño y muy baja para las cosechadas en primavera.

Garber y Mexal (1980), trabajando con plantas de *Pinus taeda* L. determinaron que el potencial de crecimiento fue alto para las cosechadas en noviembre en el hemisferio norte y no presentaron una reducción en la supervivencia cuando fueron sometidas a un almacenamiento de 9 semanas.

Plantas cosechadas y almacenadas en invierno presentan una buena relación de supervivencia (McCraken, 1979). El almacenamiento en frío de plantas de *Tsuga Heterophylla* (Raf.) **Sarg** después de comienzos de diciembre en U.S.A., no debería tener efectos perjudiciales y debería dar un temprano vigor de crecimiento a las plantas (Nelson, 1980).

Jenkinson y Nelson (1985), mostraron que plantas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco almacenadas a mediados de invierno, doblaron su resistencia al estrés provocado por la deshidratación durante el almacenamiento y plantas almacenadas a fines de invierno mantuvieron su alta resistencia.

Mexal (1980) citado por Cea (1993) señala que el potencial de almacenamiento y la supervivencia declinan al avanzar la temporada de cosecha a fines de invierno y principio de primavera. El almacenamiento en frío durante la primavera tiene efectos perjudiciales en la pérdida de crecimiento (Stoeckeler y Jones, 1957).

Lavander (1964) citado por Garber y Mexal (1980), encontró que el potencial de almacenamiento en coníferas disminuye cuando las yemas han brotado durante el período primaveral. Después de 6 a 7 semanas de almacenamiento en frío en la primavera, ocurre un deterioro pronunciado de la condición fisiológica de las plantas (Jakabffy, 1975). Para la cosecha en primavera, las plantas tienden a exhibir un bajo potencial de crecimiento radical, baja resistencia al estrés, baja resistencia a las heladas y una baja capacidad de almacenamiento (Ritchie et al., 1985).

2.3 Evaluación de la calidad de planta

Son muchos los procedimientos que se han utilizado para evaluar la calidad de planta y aun hoy los especialistas no deciden cual es el mejor. Ritchie (1984), propone una división de los atributos de las plantas con el objetivo de realizar distintas evaluaciones :1) atributos materiales que consideran pruebas seleccionadas con los rasgos morfológicos y fisiológicos directamente medibles y 2) los llamados atributos del comportamiento, definidos como el comportamiento de plantas cuando son sometidas a pruebas específicas (Duryea, 1985); dentro de estas pruebas destacan potencial de crecimiento radical, frío resistencia y resistencia al estrés. Estas evaluaciones predicen no sólo la supervivencia y crecimiento sino el comportamiento de grupos específicos de plantas en sitios particulares (Duryea, 1985).

2.3.1 Atributos materiales

En un sentido biológico estricto, morfología significa forma y estructura. En la práctica, cualquier característica que pueda ser observada o medida es considerada como tal (Bassaber, 1993). Ritchie (1984)

señala que han sido extensamente usados para definir la calidad de planta debido a que son relativamente fáciles de medir y controlar. A pesar de la gran aceptación y amplio uso, los investigadores han notado que la morfología, por sí sola, no predice la calidad de las plantas y comportamiento en terreno, pero es de gran valor comparativo cuando el estatus fisiológico de las plantas es igual o similar (Thompson, 1985).

Los atributos materiales más ampliamente utilizados en la caracterización de la calidad de la planta son principalmente altura, diámetro de tallo, relación tallo-raíz y relación altura-diámetro entre otros (Bassaber, 1993).

En el vivero, se relaciona el comportamiento de las plantas con el diámetro de tallo de éstas. Se estima que es aceptado como la variable que mejor predice el comportamiento de plantas en terreno (Escobar, 1994). Según Thompson (1985), el diámetro no siempre se correlaciona con la supervivencia en terreno, pero se relaciona con el crecimiento posterior.

Munson (1985) señala que el diámetro se relaciona mejor que la altura con la supervivencia ; además, asevera que diámetros mayores dan un adecuado soporte estructural y de protección a las plantas. El diámetro de tallo es un indicador de resistencia de las plantas a los factores del medio y un mayor diámetro refleja un mayor sistema radical, ofrece mayor aislación a la temperatura y es un buen predictor de la supervivencia (Urrutia, 1992 citado por Bassaber, 1993). De lo anterior, una planta de alta calidad debiera poseer el mayor diámetro dándole un nivel aceptable de supervivencia potencial en un sitio dado (Thompson, 1985).

El diámetro que la planta alcanza en vivero en orden de importancia depende de varios factores como densidad de cultivo, riego, manejo radical, fertilización y de la interacción manejo radicular-fertilización (Escobar, 1994).

Según Dickson et al. (1960) y Escobar (1990) la densidad de cultivo es un factor determinante en la calidad de la planta. El espaciamiento entre plantas afecta una serie de atributos morfológicos, entre ellos el diámetro de cuello de éstas (Escobar, 1990); en este sentido, señala que es

una de las variables morfológicas más sensibles tanto a la separación entre como sobre hileras.

Duryea (1985) señala que densidades más bajas en la platabanda producen plantas con mayor diámetros de tallo concordando con Van den Driessche (1969) quien trabajó con *Pinus radiata* D. Don. En el país, Escobar (1990) encontró aumento en el diámetro de plantas de *Eucalyptus globulus* para distintas densidades de cultivo, siendo mejor a medida que esta disminuye.

El manejo radicular es otra labor que también influye en el diámetro de las plantas. Escobar (1985) trabajando con plantas de *Pinus radiata* D. Don concluye que la reducción del crecimiento en diámetro es mayor cuando se intervienen al principio del período de crecimiento; intervenciones tardías, posteriores a la máxima tasa de incremento en altura no afectan el crecimiento en diámetro. Escobar¹ (1997), señala que mientras más riguroso es el esquema de manejo radical, en *Eucalyptus globulus*, mayor es la disminución del crecimiento en diámetro.

¹Escobar, O. R. Comunicación personal. Profesor de viveros y repoblación. Fac. Cs. For. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

2.3.2 Atributos de comportamiento

2.3.2.1 Potencial de crecimiento radical. Ritchie (1985) define el potencial de crecimiento radical como la habilidad de una planta para generar y/o elongar raíces cuando es sometida a condiciones favorables al crecimiento radicular. Este potencial se desarrolla básicamente durante el proceso de viverización. Los factores críticos principales que influyen en el potencial de crecimiento radical son la extracción y la duración del almacenaje en frío. Posterior a la plantación, la expresión del potencial de crecimiento radical es afectada por la temperatura y humedad del suelo (Ritchie, 1985). Este mismo autor sostiene que de los test desarrollados para evaluar la calidad de planta, el potencial de crecimiento radical es quizá el más confiable predictor de comportamiento debido a que este potencial refleja la habilidad de las plantas de restablecer el contacto raíz-suelo.

Sin embargo, esta prueba tiene algunos inconvenientes como su larga duración y los resultados de esta prueba son sólo comparables con plantas de la misma especie y desarrolladas bajo un mismo sistema de manejo (Peña, 1996).

2.3.2.2 Frío resistencia. Es también conocida como resistencia a heladas y se define como la temperatura mínima a la cual un cierto porcentaje de plantas de una población cualquiera sobrevivirá o soportará un nivel dado de daño (Ritchie, 1984).

La planta posee varios mecanismos para resistir las temperaturas de congelación dentro de los cuales destaca la capacidad para tolerar desecación por congelamiento, prevenir formación de cristales intracelulares y resistir la formación de cristales extracelulares, todos factores que interactúan.

La evaluación del frío resistencia consta de dos etapas : primero, someter a las plantas a temperaturas bajo cero y segundo, evaluar el efecto de dichas temperaturas. Algunos métodos se basan en medir el grado de inactivación de procesos metabólicos enzimáticos o medir cambios en las propiedades de las membranas celulares.

2.3.2.3 Resistencia al estrés. Las células vivas requieren un alto grado de saturación hídrica interna para funcionar adecuadamente y para que no haya disminución en el crecimiento y desarrollo, el contenido de agua en

los tejidos debe fluctuar sólo dentro de límites muy estrechos. Los cambios en el contenido hídrico de las plantas pueden resultar en la detención de los procesos de crecimiento o provocar alteraciones en los procesos fisiológicos (Joly, 1985).

En vivero, un régimen severo de estrés hídrico puede afectar negativamente la morfología y fisiología de las plantas. Griffin (1974) citado por Duryea (1984) trabajando en plantas de *Pseudotsuga menziesii* encontró inhibición de la yemación cuando estas plantas eran sometidas a altos niveles de estrés hídrico. Del mismo modo, Day (1980) citado por Duryea (1984) encontró que tanto el crecimiento del tallo como de la raíz pueden ser inhibidos por altos niveles de estrés.

2.3.3 Prueba de vigor OSU

Esta prueba fue desarrollada por la Universidad Estatal de Oregon (OSU) con el objeto de evaluar calidad de plantas. La prueba consiste en exponer plantas a estrés artificial para luego ser puestas bajo ambiente controlado y ser monitoreadas. Si las plantas sobreviven y crecen adecuadamente se estiman como plantas sanas y

vigorosas y tienen un alto potencial de supervivencia y crecimiento en terreno; si ocurre lo contrario y las plantas mueren, éstas se califican como de mala calidad. McCreary y Duryea (1985) sostienen que hay una alta correlación entre comportamiento en terreno y supervivencia en invernadero.

2.3.4 Evaluación fisiológica de las plantas

Para determinar la calidad de una planta es necesario determinar también la viabilidad y vigor de ésta y para ello debe caracterizarse la fisiología de éstas (Sutton, 1979 ; Duryea, 1985 ; Hawkins y Binder, 1990).

Un cultivo de vivero viable es definido como aquel que tiene plantas vivas con tejidos sanos y el vigor se define como la actividad fisiológica comparada de tejidos sanos.

Para la caracterización fisiológica (del daño) de las plantas existen varios métodos dentro de los que destacan :

2.3.4.1 Medición de la fluorescencia de la clorofila de ápices. En los árboles, el proceso de fotosíntesis requiere de luz para que se lleve a cabo, sin embargo, no toda es

utilizada en él y parte de ésta es reflejada por el follaje. El monto de luz y el patrón de tiempo en que la luz es reflejada, puede ser medida utilizando fotolectores de alta sensibilidad. Cuando una porción del ápice es iluminada por primera vez, la fluorescencia sufre un alza para luego ir decayendo. La fluorescencia puede ser ocupada para detectar follaje sano, estresado o dañado y es utilizada operacionalmente para evaluar rápidamente la viabilidad del follaje de material en ambiente controlado.

Los valores medidos son comparadas con estándares existentes para las principales especies de coníferas cultivadas en los viveros de Ontario (Canadá) (Sampson, 1994).

2.3.4.2 Medición de emisiones volátiles ante estrés

inducido. Se sabe ya hace una década que las plantas en condiciones de estrés emiten gases como etileno, acetaldehído y etanol (Kimmere y Kozlowski, 1982 y Johnson y Gagnon, 1988 citados por Sampson, 1994). El equipo para la medición de gases funciona succionando gas y el indicador químico reacciona cambiando de color de acuerdo a la presencia de una emisión gaseosa particular.

Para aplicar esta técnica, se coloca un grupo de plantas dentro de una bolsa plástica cerrada donde se acumulan los gases durante 24 h a 20°C y posteriormente se realiza la medición.

Sin embargo, este tipo de evaluación no está exenta a errores; valores positivos falsos (niveles de gases sobre los niveles permitidos sin daño el follaje presente) pueden resultar de la medición de muestras que se encuentran a temperaturas por sobre los 20°C . También se pueden tener mediciones muy bajas debido a que el daño del tejido es de tal magnitud que éste ya no emita gas alguno (Sampson, 1994).

2.3.4.3 Test de crecimiento. También se conoce como método de evaluación completa de planta y consiste en la examinación, en forma separada, de brotes, hojas y cambium puestas en un ambiente de crecimiento posterior a un período de almacenamiento en frío (congelado). Este método ha sido utilizado con éxito a escala operacional por la Asociación Industrial Forestal "Toledo-Washington" por más de 10 años, en diversos estudios de endurecimiento de plantas.

Este método requiere de 80 plantas, las que se sacan del cultivo y son puestas en tubos de ensayo, conteniendo agua, una vez realizada la poda radical; 20 plantas son usadas como control, mientras que tres lotes de 20 plantas son puestas a tres diferentes temperaturas de congelación.

Posteriormente, se descongelan las plantas y son puestas con las raíz hacia arriba en recipientes con agua por un período de observación de 3 días, en los cuales, los brotes, hojas y cambium del tallo son examinados para determinar existencia de daño; El color de tejidos sanos es un verde fresco, pero al existir daño el color cambia de verde fresco a pardo y café. El daño, en brotes y hojas, se puede observar dentro de los 3 días siguientes luego del almacenamiento en frío (congelado) y en el tejido cambial, dentro de 7 a 10 días. Un inconveniente que presenta este método es el tiempo en que aparecen los síntomas dependiendo del estado fenológico de la planta y época de evaluación.

2.3.4.4 Método de impedancia eléctrica. Este método considera la toma de mediciones de impedancia con 1 Khz de puente de impedancia. Las mediciones de impedancia se realizan

a nivel de cuello de tallo de las plantas con un par de electrodos.

Plantas sin daño entregan un valor de impedancia bajo (50 a 80%) en relación al valor de la impedancia de la misma planta dañada. Oscilaciones de 20 a 50% en los valores de impedancia son difíciles de interpretar y valores más pequeños indican que no existe daño. Algunas limitaciones que presenta este método son la temperatura del ambiente de medición la que debe ser igual en las dos ocasiones de medición; la temperatura del tejido de la planta también debe ser homogénea en ambas ocasiones de medición de la impedancia. Un tercer factor que influye en los valores de la impedancia es el diámetro de cuello de la planta por cuanto un diámetro de mayor tamaño entrega valores de impedancia más bajos. En general, los especialistas consideran de que este método debe ser profundizado para ser ocupado a escala operacional (Glerum, 1984).

2.3.4.5 Método de la razón de impedancia eléctrica. Este método es similar al anterior, pero fue desarrollado como consecuencia de la dependencia de la impedancia eléctrica en la frecuencia utilizada. La ventaja que presenta este

método es que considera sólo un medición después que ha sufrido un daño inducido relacionando las mediciones con una frecuencia de 1 Khz y 1 Mhz; cuando el daño es letal el valor de la relación es 1.0 y cuando no hay presencia de daño el valor de la relación es aproximadamente 3.0; además, no requiere de ajustes para la temperatura de tejido cuando ésta oscila entre 5 y 25°C.

La limitante que presenta el método es que valores de la relación de impedancia entre 2.0 y 3.0 pueden indicar, en algunas ocasiones, daño como también la ausencia de éste; Así mismo, los especialistas consideran que este método puede ser utilizada muy limitada (Glerum, 1984).

2.3.4.6 Método da la conductividad electrolítica. Este método consiste en la medición electrolítica de muestras de tallo de coníferas. Los electrolitos son sustancias que al disolverse en agua conducen corriente eléctrica; de otra forma, se llama electrolito a la solución acuosa de una sal o sal en fusión a una cierta temperatura, la que se descompone en anión y catión cuando se aplica corriente eléctrica. Las plantas contienen un gran número de electrolitos en sus células siendo Potasio el principal.

La base del estudio de medición electrolítica está en el hecho de que cuando el tejido celular (membrana) se daña, pierde su permeabilidad selectiva permitiendo a los fluidos celulares (electrolitos) moverse libre y difusamente escapando hacia el Xilema, cuando son puestos en agua, terminando en la solución. La severidad del daño es proporcional a la cantidad de electrolitos que se encuentra fuera del tejido celular; la proporción del daño se puede correlacionar con la magnitud de la conductividad eléctrica del agua en que son bañadas, es decir, altos niveles de conductividad eléctrica indican la presencia de daño a nivel celular (Burr et al., 1990).

Este método fue desarrollado por Dexter en el año 1932 siendo corroborado por Wilmer 30 años después quien lo utilizó en un amplio rango de situaciones incluyendo muchas especies forestales (Glerum, 1984).

Duryea (1985) señala que Flint et al. (1967) mejoraron este método proponiendo una escala donde las muestras sin daño se les da un valor 0 y las muestras totalmente muertas un valor 100, siendo expresados en porcentaje. Estos autores llaman a esto "Índice de Daño" (I_t). Este método ha sido usado considerablemente en pruebas forestales especialmente

por S.J. Colombo, quien lo considera como una técnica excelente para determinar el nivel de daño de las plantas (Colombo et al., 1984 citados por Glerum, 1984).

Para determinar el nivel de daño plantas de *Pinus radiata* D. Don ocasionado por congelamiento, Green y Warrington (1978) citados por Duryea (1985), utilizaron el método de conductividad electrolítica; las plantas permanecieron sumergidas durante 24 horas a 25°C en agua destilada y medida su conductividad se almacenaron durante 24 horas a -15°C ; finalmente las plantas volvieron a ser sumergidas durante 24 horas a 25°C y remedida su conductividad. Los resultados mostraron que plantas con un $I_t = 50$ mueren de manera inminente.

El mismo método fue utilizado por Van den Driessche (1970) citado por Duryea (1985) en plantas de *Pseudotsuga menziesii* con escaso éxito, ya que no fue capaz de determinar la temperatura crítica a la cual las plantas mueren sin recuperación.

La medición de la conductividad electrolítica también fue utilizada en un ensayo realizado por Raymond et al. (1986)

para determinar si existía alguna relación entre distintas procedencias de plantas De *Eucalyptus delegatensis* y *Eucalyptus regnans* en el daño producido por la exposición de las plantas a bajas temperaturas y determinar la temperatura crítica a la cual las plantas mueren de forma irreversible. El ensayo tuvo excelentes resultados y se determinó que para *Eucalyptus delegatensis* existe una marcada diferencia a la tolerancia cuando se exponían distintas procedencias a bajas temperaturas.

Según Raymond (1986), el método de medición de la conductividad electrolítica para la evaluación del daño fisiológico de plantas forestales es el más adecuado debido a que su gran ventaja es que utiliza el mismo tejido celular después de matar a la planta; además, se utiliza la misma pieza (ápice) para medir la conductividad en ambas ocasiones, lo que no requiere una corrección debido a una variación del peso seco o variación de la composición celular como puede ocurrir dentro y entre muchas plantas.

Según Glerum (1984), los dos métodos más eficientes para determinar nivel de daño son la Medición de la Conductividad Electrolítica y el Test de Crecimiento debido

a que fueron probados a escala operacional mostrando una alta confiabilidad.



III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó en los laboratorio de fisiología de árboles y de semillas de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción.

3.2 Descripción del estudio

El estudio evalúa el deterioro fisiológico a través de la conductividad electrolítica, en plantas de *Pinus radiata* D. Don de distinto diámetro de tallo, almacenadas bajo 2 condiciones de temperatura : ambiente y refrigeradas.

Se seleccionaron y extrajeron 480 plantas producidas a raíz desnuda en el vivero Los Quillayes, ubicado en km 12 de la carretera Bulnes-Quillón, clasificadas según 3 rangos de diámetro de tallo: menor que 5 mm, entre 5 y 7 mm y mayor que 7 mm. Posteriormente, fueron transportadas y almacenadas en 8 paquetes de 20 unidades cada uno para cada rango de diámetro, durante 96 horas en el laboratorio de fisiología de árboles

de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción, en Concepción; la mitad de las plantas fueron almacenadas a temperatura ambiente, 19°C y las restantes a 4°C ; el proceso de extracción y almacenamiento de plantas duró 3,5 h; durante el traslado, entre el vivero y el laboratorio, además de la caja de transporte, las raíces de las plantas fueron protegidas en bolsas de yute.

Transcurridas las 96 h de almacenamiento, las plantas refrigeradas fueron retiradas de la cámara de frío y junto a las almacenadas a temperatura ambiente, se llevaron al laboratorio de semillas donde se procedió a la evaluación de la conductividad electrolítica.

Por cada unidad muestral, consistente en 20 plantas, se dejaron 4, para ser plantadas en terreno.

3.2.1 Evaluación del ensayo

Para realizar la evaluación de la condición fisiológica de las plantas se ocupó el método utilizado por el OFRI (Ontario Forest Research Institute) que consiste en utilizar los 2 a 3 primeros cm del ápice de cada planta (Sampson, 1994).

Cada ápice cortado se introdujo en un recipiente individual que contenía agua desionizada. Después de 20 horas de reposo se midió la conductividad electrolítica a cada muestra con un conductivímetro marca Eijkelkam para luego almacenarlas en un horno Kottermann a 90°C durante 4 horas. Transcurrido el tiempo señalado, las muestras se retiraron del horno para dejarlas reposar durante 20 a 24 horas más. Finalmente se remidió la conductividad electrolítica a cada muestra.

De esta manera, la conductividad electrolítica es expresada como una conductividad relativa, ya que se relaciona la conductividad medida antes y después de la aplicación de alta temperatura en el horno ($CR = CE_1/CE_2 \times 100$).

Para determinar si las plantas presentaron daño, se utilizó el índice señalado por Sampson (1994) que establece, en coníferas, como normal valores de conductividad relativa bajo 10% y presencia de daño severo, a nivel celular, valores superiores a 20%.

3.3 Diseño experimental

Los valores obtenidos se analizaron a través de 2 diseños aleatorios; el primero, evalúa el efecto de la condición de almacenaje y diámetro de tallo, en forma individual. El segundo, analiza el efecto de la combinación de ambos factores para determinar la existencia de interacción (Little y Hill, 1978 ; Steel y Torrie, 1988).

Como tratamientos se consideraron las dos condiciones de almacenaje :

1. TA : Almacenaje a temperatura ambiente (19 °C).
2. TF : Almacenaje refrigerado (4 °C).

A nivel de subtratamientos se ubicaron los 3 rangos de diámetro de tallo :

1. DCp : "menor que 5 mm"
2. DCm : entre "5 y 7 mm"
3. DCg : "mayor que 7 mm"

En la tabla 1, se describen los tratamientos resultantes de la combinación de todos los niveles tanto de temperatura de almacenaje como diámetro de tallo.

TABLA 1. COMBINACION TEMPERATURA DE ALMACENAJE Y DIAMETRO DE TALLO COMO TRATAMIENTOS PARA EL SEGUNDO DISEÑO ALEATORIO.

TRATAMIENTO	SIMBOLOGIA
Almacenaje a Temperatura ambiente y Diámetro de Tallo inferior a 5 mm	TA-DCp
Almacenaje a Temperatura ambiente y Diámetro de Tallo entre 5 y 7 mm.	TA-DCm
Almacenaje a Temperatura ambiente y Diámetro de Tallo superior a 7 mm.	TA-DCg
Almacenaje a baja Temperatura y Diámetro de Tallo inferior a 5 mm.	TF-DCp
Almacenaje a baja Temperatura y Diámetro de Tallo entre 5 y 7 mm.	TF-DCm
Almacenaje a baja Temperatura y Diámetro de Tallo superior a 7 mm.	TF-DCg

3.4 Análisis de resultados

Los datos recopilados fueron evaluados mediante el análisis de varianza correspondiente al diseño utilizado; como hubo diferencias significativas entre los tratamientos, éstas se evaluaron a través del test de comparaciones múltiples de Tukey (Steel y Torrie, 1988). Se trabajó con un 95% de confianza.

Como los valores de conductividad electrolítica están expresados en porcentaje, previo al análisis de varianza, se utilizó la transformación raíz cuadrada con lo que se logró homogeneidad de varianza entre los tratamientos (Steel y Torrie, 1988).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 2, se presentan los valores de conductividad electrolítica relativa tanto para plantas almacenadas a diferente temperatura como también, para los tres niveles de diámetro de tallo. Los valores indican que después de 96 horas de almacenaje tanto la temperatura de almacenamiento como el diámetro de tallo, afecta significativamente los valores de conductividad electrolítica relativa de los brotes de plantas de *Pinus radiata* D. Don.

Respecto de la temperatura de almacenaje, los resultados de la tabla 2 muestran que las plantas almacenadas a temperatura ambiente tienen valores de conductividad electrolítica un 48.7 % (Cond. electrolítica mayor/cond. electrolítica menor - 1) mayor que los de las plantas que tuvieron un almacenaje refrigerado. Ello implica un mayor deterioro de la planta almacenada a temperatura normal. Sin embargo, los valores obtenidos están por debajo de los considerados como críticos para coníferas (Sampson 1994).

Al analizar el efecto del diámetro de tallo en el grado de deterioro de las plantas durante el almacenaje, los resultados de la tabla 2, muestran que las más delgadas (< 5 mm) sufren un deterioro significativamente mayor, 71 % que las más gruesas (> 7 mm) y que si bien es cierto hay diferencias en valores absolutos entre las medias obtenidas de plantas más delgadas y más gruesas con las intermedias, (entre 5 y 7 mm) éstas no son significativas. En general, las plantas más delgadas presentan tejidos más suculentos que las más gruesas y probablemente ello sea lo que afecta el grado de conductividad de las mismas. En todos los casos, los valores de conductividad medidos son inferiores a los señalados como críticos por Sampson (1994).

TABLA 2. VALORES MEDIOS DE CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA RELATIVA DE PLANTAS DE *Pinus radiata* D. Don ALMACENADAS A DIFERENTE TEMPERATURA Y CON DISTINTO DIAMETRO DE TALLO.

TRATAMIENTO	COND. ELECTROLITICA (%)
TA (18°C)	5.770 a
TF (4°C)	3.880 b
SUBTRATAMIENTO	
DCp (< 5 mm)	6.450 a
DCm (5 - 7 mm)	4.255 a b
DCg (> 7 mm)	3.770 b

En la columna, según test de Tukey, distinta letra indica diferencia significativa entre los valores; (P > 0.05)

La tendencia encontrada concuerda con lo señalado para los atributos morfológicos por diferentes autores, Burschel et al. (1973), Blair y Cech (1974), Duryea (1985), Bassaber (1993) y Escobar (1994) quienes señalan que existe una estrecha relación del diámetro de tallo con la calidad de planta: a mayor diámetro de tallo aumenta la calidad de ésta.

La tabla 3, muestra los valores medios de conductividad electrolítica relativa para el diámetro de tallo en sus tres rangos tanto para el almacenaje a temperatura ambiente como para almacenaje refrigerado.

Plantas con distinto diámetro de tallo almacenadas a temperatura ambiente, presentan una relación inversa entre valores de conductividad relativa y diámetro de tallo; los resultados de la tabla muestran que las plantas más delgadas (< 5 mm) sufren un deterioro significativamente mayor, 64.8 % más que las intermedias (entre 5 y 7 mm) y 131.1 % más que las más gruesas (> 7 mm); esto concuerda con los atributos morfológicos que atribuyen a plantas con diámetros de mayor tamaño como las de mejor calidad cuando éstas son comparadas morfológicamente (Burschel et al., 1973; Bassaber, 1993; Escobar, 1994).

Al comparar los valores medios de conductividad entre plantas más gruesas e intermedias, se aprecia una clara diferencia en valores absolutos (40.3%), sin embargo, ésta no es significativa. Los valores obtenidos se consideran normales lo que indica ausencia de daño (Sampson, 1994).

Respecto de las plantas almacenadas en frío, la tabla 3 muestra que el menor valor de conductividad electrolítica relativa, es para el diámetro intermedio (DCm). Al analizar los valores, se determinó que el deterioro es significativamente mayor, 31.2% más en plantas con diámetro de tallo inferior a 5 mm y de 15.5% más en plantas con diámetro de tallo superior a 7 mm, diferencia que no es significativa.

TABLA 3. VALORES MEDIOS DE CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA RELATIVA DE PLANTAS DE *Pinus radiata* D. Don, CON DISTINTO DIÁMETRO DE TALLO Y ALMACENADAS A 2 TEMPERATURAS DIFERENTES.

DIÁMETRO DE TALLO (mm)	COND. ELECTROLITICA (%)	
	TA (19°C)	TF (4°C)
DCp (< 5)	8.490 a	4.410 a
DCm (5-7)	5.150 b	3.360 a b
DCg (> 7)	3.670 b	3.880 b

En la columna, según test de Tukey, distinta letra indica diferencia significativa entre los valores; (P > 0.05)

Al analizar los valores de conductividad entre plantas pequeñas (< 5 mm) y grandes (> 7 mm) se determinó que la diferencia es de 13.7 % que resulta significativa.

En la tabla 4, se presentan los valores de conductividad electrolítica relativa para cada rango de diámetro de tallo comparado para cada temperatura de almacenaje. Para plantas pequeñas (< 5 mm), los resultados muestran que las almacenadas a temperatura ambiente sufren un deterioro significativamente mayor, 92.5% más que las almacenadas refrigeradas.

Respecto de las plantas con diámetro de tallo entre 5 y 7 mm, los resultados de la tabla 4 muestran que aquellas almacenadas a temperatura ambiente (19 °C), tienen valores medios significativamente mayores de conductividad, 53.3% más, que los de las plantas que tuvieron un almacenaje refrigerado. Ello implica un mayor deterioro de las plantas almacenadas a 19 °C, sin embargo, los valores están por debajo de los considerados como críticos para coníferas.

Esto concuerda con lo señalado por diversos autores que manifiestan una mejor condición en las plantas cuando éstas permanecen refrigeradas (Nelson, 1980 ; DeWalt y Feret, 1988).

Los valores medios de conductividad electrolítica relativa, para plantas con diámetro de tallo superior a 7 mm, muestran que no existen diferencias significativas entre las dos temperaturas de almacenaje. La similitud entre valores de conductividad se debe, probablemente, a que plantas de mayor diámetro han alcanzado un buen acondicionamiento aumentado su resistencia cuando son sometidas a estrés durante algún tiempo, condición que, probablemente las plantas de menor diámetro no han adquirido.

TABLA 4. VALORES MEDIOS DE CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA RELATIVA PARA PLANTAS DE *Pinus radiata* D. Don DE DISTINTO DIAMETRO DE TALLO, ALMACENADAS A 2 TEMPERATURAS DIFERENTES.

TEMPERATURA DE ALMACENAJE	DIAMETRO DE TALLO	COND. ELECTROLITICA (%)		
		DCp (< 5 mm)	DCm [5-7 mm]	DCg (> 7 mm)
TA (18°C)		8.490 a	5.150 a	3.670 a
TF (4°C)		4.410 b	3.360 b	3.880 a

En la columna, según test de Tukey, distinta letra indica diferencia significativa entre los valores; ($P > 0.05$).

Para la combinación de los 2 factores en cuestión (temperatura y diámetro) el análisis de varianza mostró que existen diferencias significativas entre plantas almacenadas a temperatura ambiente y diámetro de

tallo inferior a 5 mm con el resto de los tratamientos; entre el resto de los tratamientos no se observó diferencias significativas para el período de almacenamiento estudiado (tabla 5); para todas las condiciones estudiadas, no se observó daños fisiológicos a nivel celular ni mucho menos muerte de tejidos (Green y Warrington, 1978 citados por Sampson 1994). Sería interesante encontrar el punto, en relación al almacenaje, en que se produce daño celular severo.

TABLA 5. VALORES MEDIOS DE CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA RELATIVA PARA PLANTAS DE *Pinus radiata* D. Don DE DISTINTO DIAMETRO DE TALLO Y DIFERENTE TEMPERATURA DE ALMACENAJE ALMACENADAS DURANTE 96 HORAS.

TRATAMIENTO	CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA RELATIVA (%)
TA-DCp	7.409 a
TA-DCm	5.076 b
TF-DCp	4.422 b
TF-DCg	3.771 b
TA-DCg	3.595 b
TF-DCm	3.364 b

En la columna, según test de Tukey, distinta letra indica diferencia significativa entre los valores; ($P > 0.05$).

La figura 1, muestra que existe una relación inversa entre los valores medios de conductividad electrolítica relativa de plantas almacenadas a temperatura ambiente y diámetro de

tallo, sin embargo, ello no ocurre cuando las plantas son almacenadas a baja temperatura, ya que el menor valor se obtiene para plantas de diámetro intermedio (entre 5 y 7 mm) aumentando levemente para el diámetro superior (> 7 mm). Ello podría deberse a que las plantas con diámetro intermedio han alcanzado tan buena condición como aquellas

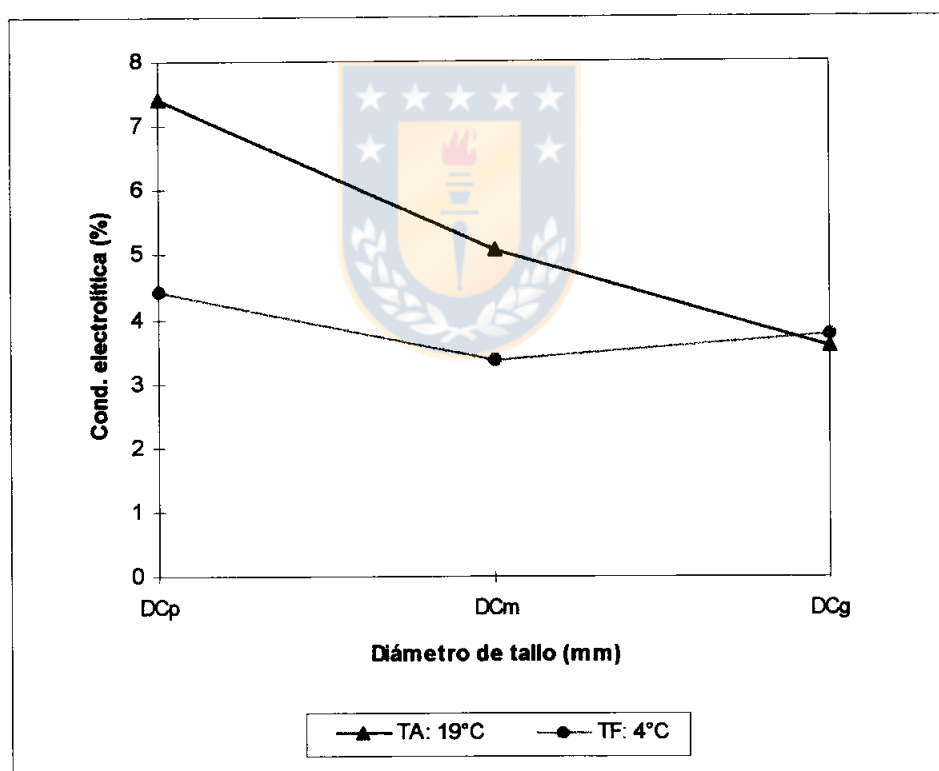


Figura 1. Efecto de la combinación temperatura de almacenaje y diámetro de tallo en la conductividad electrolítica de plantas de *Pinus radiata* D. Don, almacenadas durante 4 días.

plantas con diámetro superior a 7 mm, reduciendo las diferencias de acondicionamiento al mínimo.

A grandes rasgos, se ve que cuando las plantas son almacenadas a temperatura ambiente, éstas sufren un mayor deterioro a nivel celular (valores más altos de conductividad) en relación a aquellas de igual diámetro de tallo almacenadas en frío; para un período de almacenamiento de 96 horas, la mejor condición de almacenaje resulta para plantas refrigeradas y diámetro de tallo superior a 5 mm.

De acuerdo a todos los antecedentes que este ensayo entrega se puede sostener, de acuerdo a lo planteado por Sampson (1994), que la especie ***Pinus radiata*** D. Don se ajusta a los rangos de valores que entrega para determinar deterioro y daño en coníferas. Lo anterior, también es corroborado por la pequeña muestra de plantas llevadas a terreno para determinar su comportamiento las cuales a los 8 meses después plantadas, tienen una supervivencia del 90%. La muerte de algunas de ellas se puede deber a la severa sequía que se presentó durante la primavera y verano del año 1996-1997.

Como sugerencia, se recomienda que plantas de *Pinus radiata*

D. Don con diámetro de tallo inferior a 5 mm deben ser almacenadas preferentemente a baja temperatura (como mínimo refrigeradas) cuando el período de almacenamiento es de 4 días o más.

Por último, sería interesante determinar una escala de deterioro y daño, específica para la especie *Pinus radiata*

D. Don por cuanto esta especie, seguirá siendo de mayor importancia en el país y cada vez se hará más necesaria la evaluación de la calidad del material producido debido a un previsible aumento de las exigencias del mercado, que exige una plantación exitosa y un rápido desarrollo del bosque.

V. CONCLUSIONES

- La temperatura de almacenaje y diámetro de tallo afectan significativamente la conductividad electrolítica de brotes de plantas de *Pinus radiata* D. Don :
 - Plantas refrigeradas sufren menor deterioro fisiológico que las almacenadas a temperatura ambiente.
 - Plantas con diámetro de tallo mayor a 5 mm sufren menor deterioro fisiológico que las más delgadas.
 - Plantas producidas a raíz desnuda y almacenadas durante 96 h logran valores de conductividad electrolítica relativa por debajo del nivel de daño considerado como crítico (20%).

VI. RESUMEN

Para evaluar el deterioro fisiológico de plantas de *Pinus radiata* D. Don, través de la conductividad electrolítica, se estableció un ensayo de laboratorio en el cual las variables explicatorias fueron la temperatura de almacenaje y el diámetro de tallo de las plantas.

El material de ensayo fueron plantas producidas a raíz desnuda, las cuales se seleccionaron en 3 rangos de diámetro (< 5, 5-7 y > 7 mm) para posteriormente almacenarlas por 96 horas a 4°C y temperatura ambiente (19°C).

La temperatura de almacenaje y diámetro de tallo afectaron significativamente los valores medios de conductividad electrolítica relativa de plantas de *Pinus radiata* D. Don. Las plantas almacenadas a 4°C y con diámetro de tallo superior a 5 mm sufrieron menor deterioro fisiológico que las almacenadas a temperatura ambiente y que las plantas más delgadas.

Los resultados de conductividad electrolítica relativa obtenidos comparados con el índice de Sampson, indican que todos los tratamientos tuvieron valores inferiores al nivel crítico de daño fisiológico que para este índice es de 20%.



SUMMARY

To Evaluate the Physiological deterioration of *Pinus radiata* D. Don seedling, through the electrolytic conductivity, was established a laboratory trial in the one which explanatory variables were the storage temperature and the stem diameter of seedling.

The trial material were bareroot seedling, those which were selected in 3 diameter range (< 5 , $5-7$ y > 7 mm) with the purpose to stored them during 96 h at 4°C and also at room temperature (19°C).

The storage temperature and stem diameter affected significantly the values means of relative electrolytic conductivity of *radiata Pine* seedling. The seedling stored at 4°C and with stem diameter above 5 mm suffered lower physiological deterioration compared to the stored at room temperature, seedlings with diameter below 5 mm also suffered lower damage.

The result of relative electrolytic conductivity obtained compared to the Sampson's Index, indicate that all the

tratament had inferior values al critical level of physiological damage considering as critical level index of 20%.



VII. BIBLIOGRAFIA

1. **Bassaber, C. S. 1993.** Efectos de Diferentes Calidades de Plantas de las Epecies **Eucaliptus globulus Labill., Pseudotsuga menziesii (Mirb) Franco. Y Pinus radiata D. Don.** Establecidas en Distintas Exposiciones y Posiciones en la Pendiente. Memoria de Título, Universidad de Concepción. Fac. Cs. Forestales. Chillán, Chile.
2. **Behrens, V. 1986.** Storage Of Unrooted Coniferous Cutting. For. Abstr. 47: 559.
3. **Blair, R. and F. Cech. 1974.** Morphological Seedling Grade Compared After Thirteen Growing Season. Tree Planter's Notes 25 : 5-7.
4. **Bobrinev, V. P. 1980.** Survival and Growth of Plantation Established with Seedling Kept in Cold Storage. For. Abstr. 41: 155.

5. **Boyer, J. N. and D. B. South. 1987.** Excessive Seedling height, Higt shoot-to-root ratio, and Benomyl root dip reduce Survival of stored Loblolly Pine Seedling. *Tree Planter's Notes* 38: 19-21.

6. **Burdett, A. N. and D. G. Simpson. 1984.** Lifting, granding, packaging and Storing. Pp 223-227. In: M. L. Duryea and T. D. Landis (Ed.) *Forest Nursery Manual : Production of Bareroot Seedlings*. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers. The Hague, U.S.

7. **Burr, K. E., Tinus, R. W., Wallner, S. J. and King, R. M. 1990.** Comparison of Tree Cold Hardiness Test for Conifer Seedling. *Tree Physiology* 6: 351-369.

8. **Burschel, P., O. Martínez y C. Pérez. 1973.** Desarrollo de una Plantación Experimental de Pino Insigne *Pinus radiata* D. Don. en los Tres Primeros Períodos Vegetativos. Boletín N° 44-45, Inst. For. Latinoam. Invest. y Capacitación. Mérida, Venezuela.

9. **Carlson, W. C. 1990.** Lifting, Storing and Transporting Southern Pine Seedling, Pp 291-302. In: M.L. Duryea and P.M. Dougherty (Ed.) Forest Regeneration Manual. Kluwer Academic Publisher. Dordrech, The Netherlands.
10. **Cea, J. J. M. 1993.** Almacenamiento en Frío de Plantas de *Pinus radiata* D. Don. y *Eucalyptus globulus* Labill. Memoria de Título, Universidad de Concepción, Fac. Cs. Forestales. Chillán, Chile.
11. **DeHayes, D. H., C. E. Waite and M. A. Ingle. 1990.** Storage Temperature and Duration Influence Cold Tolerance of Red Spruce Foliage. For. Sci. 36: 1153-1158.
12. **DeWald, L. E. and P. P. Feret. 1988.** Changes in Loblolly Pine seedling root and growth potential, dry weigth, and dormancy during cold storage. For. Sci. 34: 41-54.
13. **Dickson, A., A. L. Leaf and F. J. Hosner. 1960.** Seedling Quality - Soil Fertility Relationship of white Spruce and Red and White Pine in Nurseries. For. Chron. 36 (reprinted).

14. **Driessche, van den R. 1969.** Influence of moisture Supply, Temperature and Ligth on Frost-Hardiness Changes in Douglas Fir Seedling. *Can. J. Bot.* 47: 1765-1772.
15. **Driessche, van den R. and K. W. Cheung. 1979.** Relationship of Stem Electrical Impedance and Water Potential of Douglas Fir Seedling to Survival After Cold Sorage. *For. Sci.* 25: 507-517.
16. **Duryea, M. L. 1984.** Nursery Cultural Practices : Impacts on Seedling Quality. pp. 143-164. In : M. L. Duryea and T. D. Landis (Ed.) *Forest Nursery Manual : Production of Bareroot Seedlings.* Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers. The Hague, U.S.A.
17. **Duryea, M. L. 1985.** Evaluanting Seedling Quality : Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Test. Pp 1-4. *Proc. of the Workshop, October, 1984. For. Res. Lab., Ore. State Univ. Corvallis, Oregon. U.S.A.*

18. **Dusek, V. 1980.** Refreshing Spray and Storing of Plants in the Climatized Stores-progressive Technology for the Production of the Planting Stock. For. Abstr. 41: 375.
19. **Edgren, J. W. 1984.** Nursery Storage to Planting Hole : Seedling's Hazardous Journey. Pp 235-242. In : M. L. Duryea and T. D. Landis (Ed.) Forest Nursery Manual : Production of Bareroot Seedlings. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers. The Hague, U.S.A.
20. **Escobar, O. R. 1985.** Efecto de distintas densidades de plantas de vivero en la calidad del material de plantación de Pino Radiata. Pp. 90-97. In : B. Olivares y E. Morales (Ed.) Pinus Radiata, Investigación en Chile. I. Universidad Austral de Chile. Fac. Cs. Forestales. Valdivia, Chile.
21. **Escobar, O. R. 1990.** Análisis de algunos elementos Básicos Involucrados en la Producción Artificial de Especies Nativas. Bosque 11 : 3-9.

22. **Escobar, R. 1994.** La planta ideal. Silvotecnica IV. Producción de plantas. Forestal MININCO y Fundación Chile (Ed). Noviembre, 24-25, 1994. Concepción, Chile.
23. **Garber, M. P. and J. G. Mexal. 1980.** Lift and Storage Practices: Their Impact and Successful Establishment of Southern Pine Plantation. N. Z. J. For. Sci. 10: 72-82.
24. **Glerum, C. 1984.** Frost hardiness of Coniferous Seedlings: Principles an aplicación. Pp 107-120. In: M. L. Duryea (Ed.) Evaluating Seedling Quality : Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Test. Proc. of the Workshop, October, 1984. For. Res. Lab., Ore. State Univ., Corvallis, Oregon. U.S.A.
25. **Gorzalak, A. 1988.** Preliminary Results from Storage Trials of Forest Tree Seedling raised in Polythene Tunnels. For. Abstr. 49: 124.

26. **Hawkins, C.D.B. and Binder, W.D. 1990.** State of the Art Seedling Stock Quality Test Based on Seedling Physiology. pp.91-121. In : Rose, R., Campbell, S.J., and Landis, T.D. (Ed) Target Seedling Symposium : Proceedings Combined Meeting Of the Western Forest Nursery Association. August 13-17, 1990. Roseburg, Oregon. USDA For. Serv. Rocky Mt. For. and Range Exp. Stn., Fort Collins, Colorado Gen. Tech. Rep. RM-200.
27. **Hebb, E. A. 1983.** Cold Storage of Choctawhatchee Sand Pine Seedling: Effect of Lifting Date and Length of Storage. For. Abstr. 44: 332.
28. **Hee, S. M. 1987.** Freezer Storage Practices at Weyerhaeuser nurseries. Pp: 62-66. In: Proceedings : Combined Western Forest Nursery Council and Intermountain Nursery Association Meeting. August 12-15, 1986. Tumwater, Washington. USDA For. Ser. Rep. M-137.
29. **Hinesley, L. E. 1982.** Cold Storage of Fraser fir Seedling. For. Sci. 28: 772-776.

30. **Hintz, D. L. 1978.** Conservation district uses refrigerated storage for tree and shrub stock. *Tree Planter's Notes* 29: 10-11.
31. **Huth, J. R. 1990.** Cold Storage of Honduras Caribbean Pine-Cardwell. *For. Abstr.* 54: 382.
32. **Jakabffy, E. 1975.** Storage of Bare-rooted Plants on the Reforestation Results. *Research Notes N°60.* Department of Reforestation, Royal College of Forestry, Stockholm.
33. **Jenkinson, J. L. and J. A. Nelson. 1985.** Cold Storage Increases Resistance to Dehydration Stresses in Pacific Douglas-fir. Pp 38-43. In: *Proceeding, Western Forest Council Intermountain Nurseryman's Association, Combined Meeting.* August, 14-16, 1984. Coeur d'Alene, Idaho. USDA. *For. Serv. Rep.* INT-185.
34. **Joly, R. 1985.** Techniques for Determining Seedling Water Status and Their Effectiveness in Assessing Stress. Pp 17-28. In: M. L. Duryea (Ed.) *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Test.* Proc. of the Workshop, October, 1984. *For. Res. Lab., Ore. State Univ., Corvallis, Oregon. U.S.A.*

35. **Kosior, R. 1987.** Cold Sorage of Seeds and Seedlings and Its Effects on Production Techniques. For. Abstr. 48: 326.
36. **Little, T. y Hills, F. 1978.** Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Trillas, México, D. F.
37. **Mason, W.L. and H. M. McKay. 1991.** Evaluating the Quality of Sitka Spruce Planting Stock Befor and After Cold Storage. For. Abstr. 52: 698.
38. **Mattsson, A. and E. Troeng. 1986.** Effects of Different Overwinter Storage Regimes on Shoot growth an net Seedlings. For. Abstr. 47: 626.
39. **McCracken, I. J. 1979.** Change in the Carbohydrate Concentration of Pine Seedling after Cool Storage. N. Z. J. For. Sci. 9: 34-43.

40. **McCreary, D. D. 1984.** Using a Pressure Chamber to Detect Damage to Seedling Accidentally Frozen During Cold Storage. Pp. 58-60. In : The Challenge of Producing Native Plants for the Intermountain Area. Proceeding: Intermountain Nurseryman's Association 1983 Conference. August 8-11, 1983. Las Vegas, Nevada. USDA For. Serv. Rep. INT-168.
41. **McCreary, D. D. and M. L. Duryea. 1985.** OSU Vigor Test. Principle, Procedures and Predictive Ability. Pp. 85-92. In : M. L. Duryea (Ed.) Evaluating Seedling Quality : Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Test. Proc. of the Workshop, October, 1984. For. Res. Lab., Ore. State Univ., Corvallis, Oregon. U.S.A.
42. **McKay, H. M. and W. L. Mason. 1991.** Physiological Indicators of Tolerance to Cold Storage in Sitka Spruce and Douglas Fir Seedling. Can. J. For. Res. 21: 890-901.

43. **Mexal, J. G. and Landis, T.D. 1990.** Target seedling concept : height and diameter. pp. 17-35. In : Rose, R., Campbell, S.J., and Landis, T.D. (Eds) Target Seedling Symposium : Proceedings Combined Meeting of the Western Forest Nursery Association. 13-17 August 1990. Roseburg, Oregon. USDA For. Serv. Rocky Mt. For. and Range Exp. Stn., Fort Collins, Colorado, Gen. Tech. Rep. RM-200.
44. **Minko, G. and F. G. Craig. 1976.** Radiata Pine Nursery Research in North-eastern Victoria. Bulletin N°23, Forest Commission, Victoria, U.S.A.
45. **Moorhead, D. J. 1989.** A Guide to the Care and Planting of Southern Pine Seedlings. Management Bulletin RB-MB39. USDA For. Serv., Southern Region, Atlanta.
46. **Munson, K. R. 1985.** Principles, Procedures and Availability of Seedling Quality Test. Pp. 71-77. In : Intermountain Nurseryman's Association Meeting. Gen. Techn.. USDA Forest Service, Fort Collins, Colorado, U.S.A. Rep. RM-125

47. **Murmanskaya, N. P. and G. S. Tutygin. 1982.** Storage of Spruce Plants of Various Sizes Before Planting. For. Abstr. 43: 541.
48. **Nelson, E. A. 1980.** Survival of Western Hemlock Seedling After Cold Storage. Tree Planter's Notes 31: 21-24.
49. **Peña, I. M. 1996.** Potencial de Crecimiento Radicular de plantas de *Pinus radiata* D. Don. con Diferente Potencial Hídrico. Memoria de Título, Universidad de Concepción. Fac. Cs. Forestales. Concepción, Chile.
50. **Raymond, C. A., C. E. Hardwood and J. V. Owen. 1986.** A Conductivity Method for Screening Populations of Eucalypts for Frost Damage and Frost Tolerance. Division of Forest Research, CSIRO. Camberra, Australia.
51. **Ritchie, G. A. 1984.** Assessing Seedling Quality. pp 243-259. In : M. L. Duryea and T. D. Landis (Ed.) Forest Nursery Manual : Production of Bareroot Seedlings. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers. The Hague, U.S.A.

52. **Ritchie, G. A. 1985.** Root Growth Potencial : Principles, Procedures and Predictive Ability. Pp. 93-105. In : M. L. Duryea (Ed.) Evaluating Seedling Quality : Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Test. Proc. of the Workshop, October, 1984. For. Res. Lab., Ore. State Univ., Corvallis, Oregon. U.S.A.
53. **Ritchie, G. A., J. R. Roden and N. Kleyn. 1985.** Physiological Quality of Lodgepole Pine and Interior Spruce Seedling: Effects of Lift Date and Duration of Freezer Storage. For. Abstr. 46: 813.
54. **Ritchie, G.A. 1987.** Some Effect of Cold Storage on Seedling Physiology. Pp. 57-61. In: Proceeding: Combined Western Forest Nursery Council and Intermountain Nursery Association Meeting. August 12-15, 1986. Tumwater, Washington. USDA For. Ser. Rep. RM-137.
55. **Rose. R., J. Sutherland., G.R. Shrimpton and R.M. Surrock. 1989.** Moulding of Stored Seedlings. Pp.38-39. In: Diseases and Insects in British Columbia Forest Seedlings Nurseries. Nursery Technology Cooperative. Repot IRDA-65. Departament of For. Sci., College of Forestry, Oregon State University, Corvallis.

56. **Rose, R., S. K. Omi, B. Court and K. Yakimchuk. 1992.**
Dormancy Realise and Growth Responces of 3+0 Bare-Root
White Spruce *Picea glauca* Seedlings Subjected to
Moisture Stress Before Freezer Storage. Can. J. For.
Res. 22: 132-137.
57. **Sampson, P. 1994.** Exposición. Silvotecná IV. Forestal MININCO,
Fundación Chile (Ed). Noviembre, 24-25, 1994. Concepción,
Chile.
58. **Steel, R. y Torrie, J. 1988.** Bioestadística : principios y
procedimientos, 2° edición. McGraw-Hill/Interamericana
de México (Ed). México, D. F.
59. **Stoekeler, J. H. and G. W. Jones. 1957.** Packaging,
Shipping Weigth of trees, and Storage and Shipment of
Nersury Stock. Pp : 104-110. In: Forest Nursery
Practice in the Lake State. USDA Agric. Hanb. N°110.
60. **Sutton, R. F. 1979.** Planting Stock Quality and Grading.
For. Ecol. Manage. 2: 123-132.

61. **Thompson, B. E. 1985.** Seedling Morphological Evaluation :
What You Can Tell By Looking. Pp. 59-71. In : M. L.
Duryea (Ed.) Evaluating Seedling Quality :
Principles, Procedures and Predictive Abilities of
Major Test. Proc. of the Workshop, October, 1984. For.
Res. Lab., Ore. State Univ., Corvallis, Oregon. U.S.A.
62. **Tung, C. H., L. Wisniewski and D. R. DeYoe. 1986.** Effect of
Prolonged Cold Storage on Phenology and Performance of
Douglas Fir Noble Fir 2+0 Seedlings from High-
elevation Source. Can. J. For. Res. 16: 471-475.
63. **Williams, R. D. and S. H. Hanks. 1976.** Seedling Quality,
Storage, Packing and Shipping. Pp. 65-71. In: Harwood
Nurseryman's Guide. USDA For. Serv. Agric. Handb.
N°473.

VIII. APENDICE

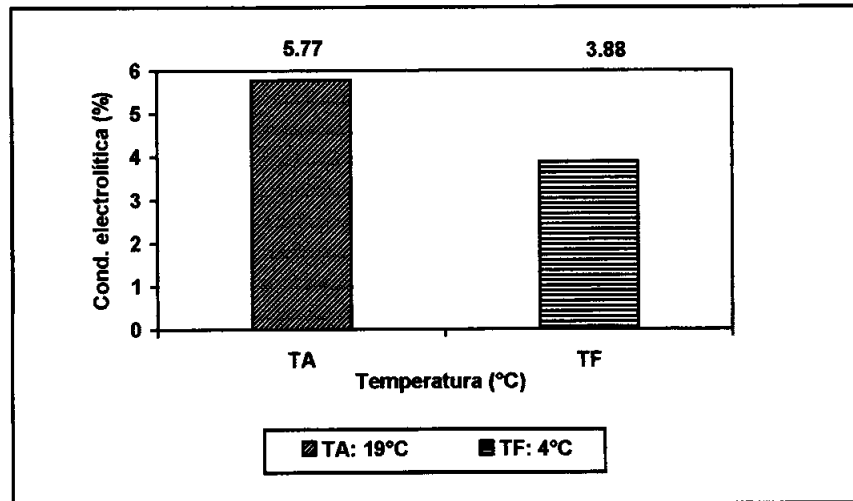


Figura 1. Efecto de la condición de almacenaje en la conductividad electrolítica de plantas de *Pinus radiata* D. Don almacenadas durante 96 horas.

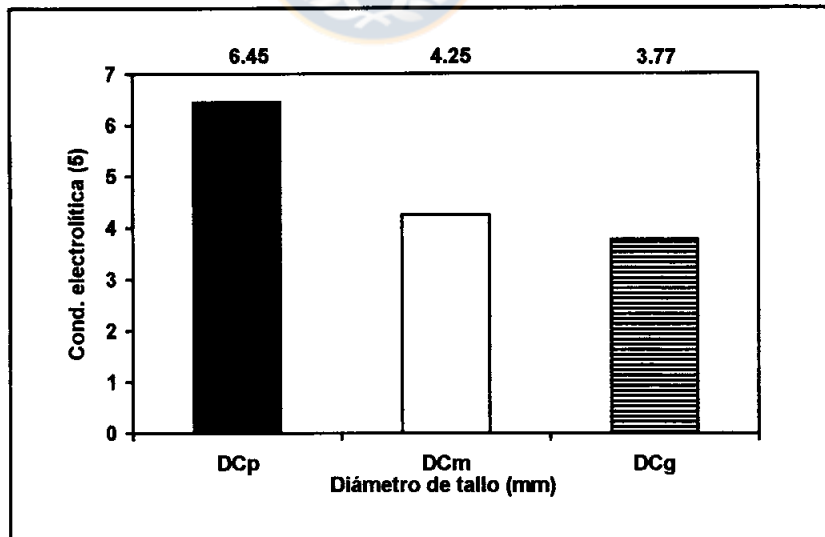


Figura 2. Efecto del diámetro de tallo en la conductividad electrolítica de plantas de *Pinus radiata* D. Don almacenadas durante 96 horas.

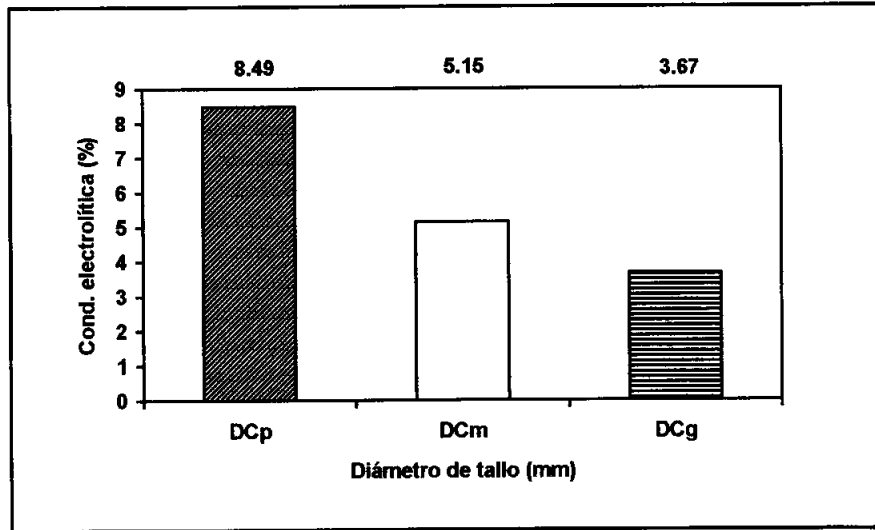


Figura 3. Efecto del diámetro de tallo en la conductividad electrolítica de plantas de *Pinus radiata* D. Don almacenadas durante 96 horas a 19°C.

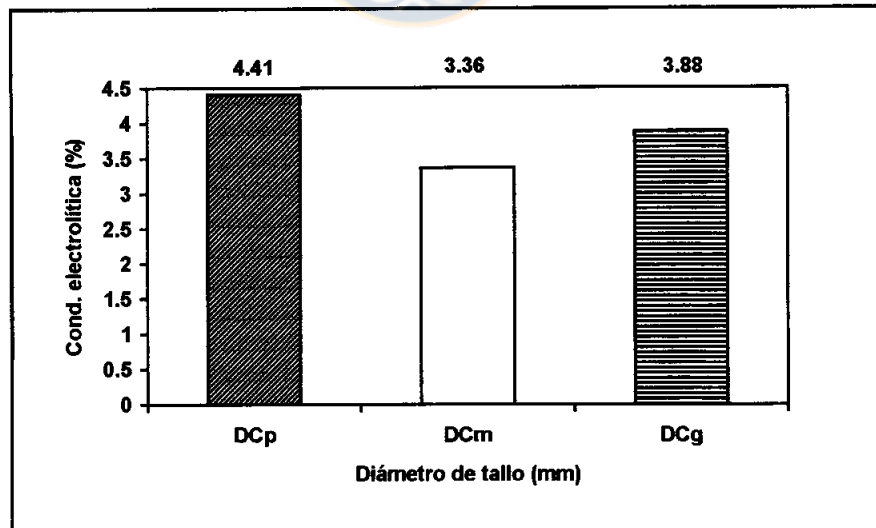


Figura 4. Efecto del diámetro de tallo en la conductividad electrolítica de plantas de *Pinus radiata* D. Don almacenadas durante 96 horas a 4°C.

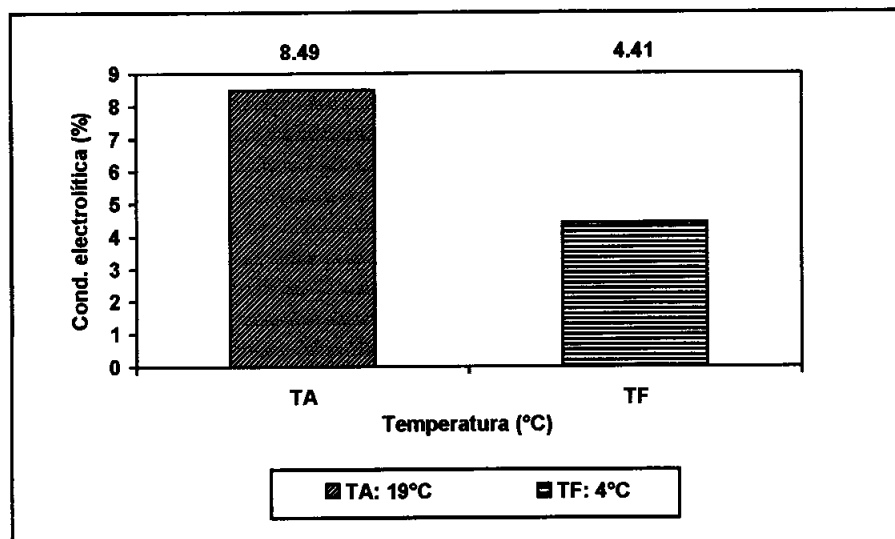


Figura 5. Efecto de la condición de almacenaje en la conductividad electrolítica de plantas de *Pinus radiata* D. Don con diámetro de tallo inferior a 5 mm.

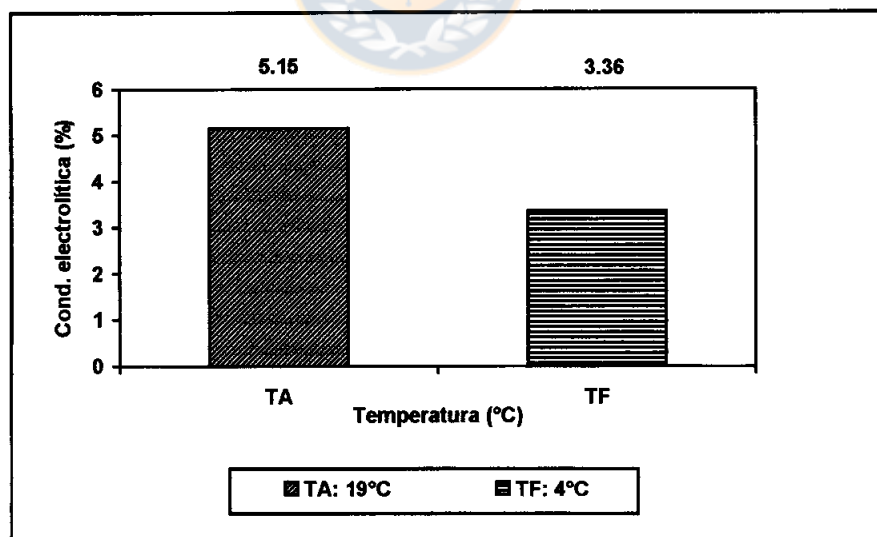


Figura 6. Efecto de la condición de almacenaje en la conductividad electrolítica de plantas de *Pinus radiata* D. Don con diámetro de tallo entre 5 y 7 mm.

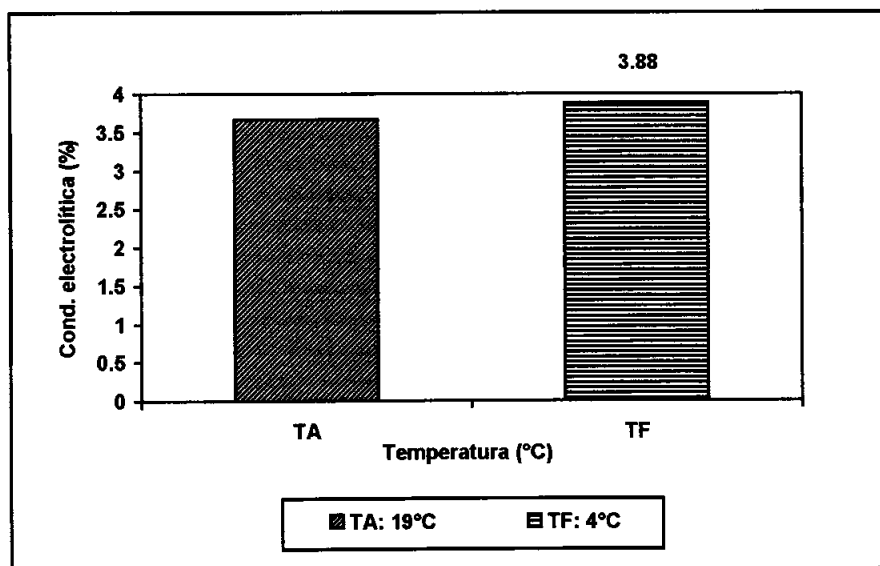


Figura 7. Efecto de la condición de almacenaje en la conductividad electrolítica de plantas de *Pinus radiata* D. Don con diámetro de tallo superior a 7 mm.

IX. ANEXOS

9.1 Anexo 1

Conductividad Electrolítica expresado en porcentaje :

$$CR = (CE_i / Ce_f) \times 100$$

donde :

CR = Conductividad relativa (%)

CE_i = Conductividad electrolítica inicial (μs)

Ce_f = Conductividad electrolítica final (μs)

9.2 Anexo 2

Transformación raíz cuadrada de los valores en porcentaje :

$$y = \sqrt{(CR)}$$

donde :

CR = valor muestral en porcentaje

y = valor transformado para el análisis

9.3 Anexo 3

Procedimiento w de Tukey de comparaciones múltiples :

$$w = (Q_{\alpha}(p, f_e)) \times \sqrt{(M_e / n)}$$

donde :

Q = de tabla "Q" con :

a = tasa de error (0.05)

p = número de tratamientos

Fe = grados de libertad del error

Me = media de suma de cuadrados
del error experimental

n = número de repeticiones

La diferencia entre dos medias es significativa si es mayor o igual a "w".