

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Silvicultura

EFFECTOS DEL ALMACENAMIENTO EN FRIO SOBRE ATRIBUTOS
DEL COMPORTAMIENTO EN PLANTAS DE
Eucalyptus globulus Labill.



MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE

1999

**EFFECTOS DEL ALMACENAMIENTO EN FRIO SOBRE ATRIBUTOS
DEL COMPORTAMIENTO EN PLANTAS DE
Eucalyptus globulus Labill.**

Profesor Asesor



Darcy Ríos Leal
Profesor Asociado
Prof. Biología y Química, Dr.

Profesor Asesor

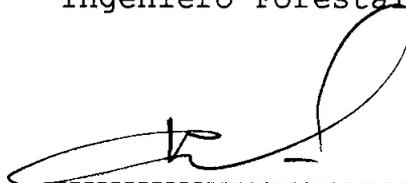


Manuel Sánchez Olate
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal, Dr.

Director Departamento
Silvicultura

Manuel Sánchez Olate
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal, Dr.

Decano Facultad de
Ciencias Forestales



Fernando Drake Aranda
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal.

Calificación de la memoria de título:

Profesora Darcy Ríos L. : noventa y ocho puntos.

Profesor Manuel Sánchez O.: noventa y ocho puntos.



A DIOS Y A MIS PADRES

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres y hermanas, quienes con su amor y entrega incondicional fueron parte esencial de mi formación como persona y profesional.

A todos los profesores que desinteresadamente me ayudaron en mi formación, en especial agradezco a la Sra. Darcy Ríos, Don Manuel Sánchez, Don René Escobar y Don Urcesino González.

A Forestal Mininco S.A. que facilitó los recursos necesarios para la realización de mi proyecto.

A todos mis amigos y compañeros que compartieron conmigo sus penas y alegrías siendo parte importante en esta etapa de la vida, en especial agradezco sinceramente a Guillermo, Hernán, Jaime, Juan Pedro y Mauricio.

Agradezco también a Alejandra, mi polola, por su compañía, cariño y confianza.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA	
I	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Variables que afectan el almacenamiento en frío.....	2
1.2	Duración del almacenamiento.....	3
1.3	Evaluación de la calidad de planta.....	4
1.4	Potencial hídrico.....	5
1.4.1	Determinación del potencial hídrico.....	6
1.4.2	Efecto del potencial hídrico sobre el almacenamiento en frío.....	6
1.5	Conductividad electrolítica.....	7
1.6	Potencial de crecimiento radicular (PCR)..	9
1.6.1	Factores que afectan el PCR.....	11
II	MATERIAL Y MÉTODO.....	13
2.1	Descripción del estudio.....	13
2.2	Diseño experimental y tratamientos.....	14
2.3	Descripción del ensayo de Potencial de crecimiento radicular.....	15
2.4	Descripción del ensayo de Potencial Hídrico.....	16
2.5	Descripción del ensayo de Conductividad Electrolítica Relativa (CER).....	16

		VI
III	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
	3.1 Conductividad Electrolítica Relativa (CER)	18
	3.2 Potencial Hídrico (PH).....	19
	3.3 Potencial de crecimiento radicular (PCR)..	21
	3.3.1 Número promedio de raíces.....	21
	3.3.2 Longitud de nuevas raíces.....	22
IV	CONCLUSIONES.....	27
V	RESUMEN.....	28
	SUMMARY.....	29
VI	BIBLIOGRAFÍA.....	30
VII	APÉNDICES.....	37
VIII	ANEXOS.....	48



INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
En el texto	
1	Temperatura y duración del almacenamiento para cada uno de los tratamientos..... 14
2	Conductividad electrolítica relativa (%) según duración y temperatura de almacenamiento..... 18
3	Potencial Hídrico (MPa) según duración y temperatura de almacenamiento..... 20
4	Número promedio de nuevas raíces según duración y temperatura de almacenamiento..... 21
5	Longitud media (cm) de raíces nuevas según duración y almacenaje a 3°C..... 23
En el Apéndice	
1 A	Análisis de varianza para conductividad electrolítica relativa en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. sometidas a diferentes esquemas de almacenamiento..... 39

2 A	Análisis de varianza para potencial hídrico en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. sometidas a diferentes esquemas de almacenamiento.....	41
3 A	Análisis de varianza para el número promedio de nuevas raíces en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. sometidas a diferentes esquemas de almacenamiento.....	43
4 A	Análisis de varianza para la longitud de nuevas raíces en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. sometidas a diferentes esquemas de almacenamiento.....	45
5 A	Datos de Conductividad electrolítica relativa, Potencial hídrico, Número de nuevas raíces y Longitud de nuevas raíces para cada tratamiento y repetición, en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill.....	47

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
En el texto	
1	Comportamiento del potencial de crecimiento radicular expresado en nuevas raíces, en relación con la conductividad electrolítica y potencial hídrico, a diferentes días de almacenamiento refrigerado.....
	25



I INTRODUCCIÓN

Las prácticas en los viveros son extremadamente importantes para mantener el desarrollo de plántulas de gran calidad. Una vez que haya terminado la etapa de vivero, el siguiente paso para un buen programa de reforestación es mantener o mejorar la calidad de las plántulas por medio de una buena cosecha, embalaje, almacenamiento y transporte al sitio de plantación (Carlson, 1991).

Según Edgren (1984), citado por Feijoo (1997), una vez que las plantas se cosechan, quedan expuestas y son extremadamente vulnerables a condiciones ambientales adversas, dificultando su protección en terreno, por lo que la protección de las plantas en esta etapa es de alta prioridad.

El almacenamiento en frío otorga beneficios administrativos y prácticos; las plantas son extraídas cuando se encuentran en condiciones óptimas para ser plantadas y son almacenadas proporcionando un banco de plantas que se encuentran totalmente disponibles cuando existan las condiciones de sitio favorables (McKay, 1992).

Sutton (1980), sugiere que la época de plantaciones de bosques boreales en Ontario puede probablemente ser extendida alrededor de 2 meses usando almacenamiento, sin disminuir la calidad de la planta a niveles inadecuados.

En Nueva Zelanda el almacenamiento en frío de plantas está comenzando a ser aceptado como una técnica para mantener las plantas entre la cosecha y la plantación (McCracken, 1979; Duryea y McClain, 1984). Del mismo modo, el almacenamiento en frío entre la cosecha en vivero, empezando el invierno y la plantación en primavera y comienzos del verano de plántulas en contenedor y raíz desnuda, se ha vuelto una práctica común en Canadá y Estados Unidos (McKay, 1992).

1.1 Variables que afectan el almacenamiento en frío

Según Johnson y Cline (1991), el almacenamiento en frío depende del método de embalaje, temperatura de almacenamiento, humedad, circulación del aire y del tiempo de almacenaje.

Un cuidadoso embalaje reduce al mínimo el deterioro fisiológico de las plantas, las que mantienen una baja respiración, pequeñas pérdidas de humedad y se previene la brotación (McCracken, 1979). Existen tres métodos de embalaje comúnmente usados en Estados Unidos: bolsas de kraft-polietileno, paquetes del Servicio Forestal y cajas de cartón corrugado impregnadas con cera (Carlson, 1991).

Cea (1993), determinó que plantas de Eucalyptus globulus presentan una disminución significativa en el contenido de humedad cuando son almacenadas durante 15 días en bolsas de papel kraft. Sin embargo, el contenido de humedad de las plantas almacenadas en bolsas de polietileno y kraft-

polietileno no difiere significativamente con el nivel inicial de humedad de las plantas.

La temperatura de almacenaje está referida a condiciones de refrigerado o frigorizado. La refrigeración consiste en almacenar a temperatura sobre 0°C; en cambio, la frigorización se realiza almacenando las plantas a temperaturas menores de 0°C (Escobar, 1997¹).

El principal daño celular producido por frigorización es la formación de cristales de hielo en los espacios intercelulares, provocando un movimiento de agua bajo un gradiente de potencial químico desde el interior de la célula hacia el exterior, ocasionando la deshidratación, y por ende una sequía de tipo fisiológico, alterando el metabolismo celular por un aumento del potencial osmótico (Hobbs, 1984; Thomashow, 1998).

1.2 Duración del almacenamiento

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

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

¹ René Escobar. Profesor de Viveros y Repoblamiento Forestal. Fac. de Cs. Forestales. Universidad de Concepción.

largos períodos de almacenamiento pueden causar cambios en la fisiología de las plantas y afectar seriamente la supervivencia y el vigor de éstas.

Plantas de Picea rubens cosechadas a mediados de invierno pueden ser almacenadas a 4°C y con 100% de humedad relativa por tiempos de 72 horas sin mostrar pérdidas en su capacidad de tolerar el frío (DeHayes et al., 1990).

Mexal y South (1991), plantean que con un endurecimiento suficiente, las plantas no son dañadas con almacenamientos en frío (1-2 °C) de hasta 12 semanas.

Cleary y Tinus (1980), plantean que los diferentes problemas de almacenamiento dependen de la duración de este, existiendo una necesidad de desarrollar métodos tales como la inspección visual de daños mecánicos y de enfermedades, medición del contenido de agua en la planta o medición de la reserva de carbohidratos; pudiendo establecerse mecanismos para determinar la calidad del material vegetal almacenado.

1.3 Evaluación de la calidad de planta

Son muchos los procedimientos para evaluar la calidad de planta y aún los especialistas no deciden cual es el mejor. Ritchie (1984a), con el objetivo de realizar distintas evaluaciones, propone una división de los atributos de las plantas en:

1.- Atributos materiales: consideran pruebas seleccionadas con los rasgos morfológicos y fisiológicos directamente

mensurables.

2.- Atributos del comportamiento: definidos como el comportamiento de plantas cuando son sometidas a pruebas específicas, tales como: el potencial de crecimiento radical, la conductividad electrolítica, la frío-resistencia y la resistencia al estrés. Estas evaluaciones predicen no sólo la supervivencia y crecimiento sino, el comportamiento de grupos específicos de plantas en sitios particulares.

1.4 Potencial hídrico

Normalmente en los tejidos activos el agua alcanza valores entre el 80 y el 95 por 100 en peso, por lo que no es de extrañar que sea uno de los factores ecológicos que más condicionan el crecimiento y desarrollo de las plantas, precisamente por la abundancia, diversidad e importancia fisiológica de las funciones en que participa (Barceló et al., 1995).

Según Kramer (1974) y Sánchez-Díaz y Aguirreolea (1993), el potencial hídrico (ψ) consta de tres componentes: potencial de presión (ψ_p), potencial de solutos (ψ_o) y potencial mátrico (ψ_m) (Anexo 1).

La suma de los tres términos es un número negativo, salvo en células plenamente turgentes en que llega a cero (Kramer, 1974).

1.4.1 Determinación del potencial hídrico. Para la determinación del potencial hídrico, se dispone de una serie de métodos. No obstante, el hecho de que por el momento no se haya podido unificar a unos pocos métodos comunes, es indicativo de que aún no se ha llegado a un método de referencia válido con carácter general (Barceló et al., 1995).

Schölander et al. (1964), elaboró el método de la cámara de presión en donde el ψ de las células de las hojas se compensa externamente por una presión ejercida desde el exterior de la hoja o el vástago, hasta que aparece savia del xilema. Se considera que la presión que debe aplicarse para impulsar el agua de las células foliares al xilema, es igual al valor absoluto del potencial hídrico de las células foliares. La cámara de presión entrega valores medios de un tejido, pero no de las células individuales.

1.4.2 Efecto del potencial hídrico sobre el almacenamiento en frío. El agua en la planta se pierde por transpiración y evaporación. La transpiración como proceso fisiológico, es disminuida a un mínimo por temperaturas cercanas a 0°C y la evaporación depende del gradiente del potencial de agua entre la planta y el ambiente, el cual deberá tender a cero para evitar pérdidas de humedad de la planta (Myers y Craing, 1988).

Según Kramer (1974), el aumento en temperatura incrementa el potencial hídrico, y la temperatura en descenso lo reduce.

Rose et al. (1992), trabajando con plántulas de Picea glauca determinaron un menor potencial hídrico después de 8 días de almacenamiento en frío, aumentando luego un 50% y permaneciendo constante desde 60 a 209 días de almacenamiento.

Hermann et al. (1972), citado por Rose et al. (1992), plantean que la mayoría de las plántulas de especies de coníferas del oeste de USA con contenidos de potencial hídrico bajo (-1,5 MPa) presentan una reducida supervivencia después de la plantación.

En plántulas de Pinus radiata producidas a raíz desnuda existe un efecto negativo en crecimiento, supervivencia y potencial de crecimiento radicular de plantas cuyo potencial hídrico es menor de -0,5 MPa. Cuando el potencial hídrico decrece hasta -1,5 MPa, el potencial de crecimiento radicular decrece en un 44% y la supervivencia es 12% menor (Peña, 1996).

1.5 Conductividad electrolítica

Este método se basa en el hecho de que cuando el tejido es dañado, éste daño se produce al nivel de membrana celular, la cual pierde su permeabilidad selectiva. Así, cuando existe daño, los electrolitos que se encuentran en el protoplasto se mueven libremente y son difundidos fuera de la célula (Glerum, 1985; Burr et al., 1990).

McKay (1992), determina que las mediciones de la cantidad de daño en la célula por el método de conductividad,

significan cerca de un 100% de los contenidos de potasio de la planta.

Según Glerum (1985) y Burr et al. (1990), la severidad del daño es proporcional a la cantidad de electrolitos difundidos fuera de la célula, que es posible correlacionar con la magnitud de la conductividad electrolítica del agua en que son inmersos los tejidos.

Según McKay (1992), en plantas de Picea sitchensis, Pseudotsuga menziesii y Larix leptolepis, después de haber sido almacenadas en frío, la liberación de electrolitos desde las células radiculares se encuentra estrechamente correlacionada con la supervivencia y crecimiento en altura de las plantas.

Plantas de Pinus radiata producidas a raíz desnuda y almacenadas durante 96 horas logran valores de conductividad electrolítica relativa por debajo del nivel de daño considerado como crítico (Feijoo, 1997). Según Sampson et al. (1994), citado por Merino (1998), una conductividad electrolítica relativa bajo el 10% es considerada como buena, y conductividades sobre el 20%, normalmente delatan la presencia de niveles de daño moderados a altos en especies de coníferas cultivadas en Ontario (Canadá). Por otro lado, McKay (1994), reporta que en coníferas, la liberación de electrolitos es afectada por el período de almacenamiento y fecha de extracción de las plantas.

Según Green y Warrington (1978), los valores de conductividad relativa mayores de 0,5 indican que el tratamiento de baja temperatura es severo y provoca la muerte de plantas de Pinus radiata.

1.6 Potencial de crecimiento radicular (PCR)

Uno de los problemas que debe enfrentar una planta artificialmente establecida en un lugar, es desarrollar nuevas raíces tan pronto sea plantada, para proveerse de agua y nutrientes, elementos vitales para la supervivencia. El crecimiento de las raíces está influenciado tanto por factores inherentes a la planta como por el medio. En el primer caso, una planta puede tener ventajas genéticas en su habilidad para generar un mayor número de raíces o, en el vivero, haber tenido un manejo que otorgue una alta o baja capacidad de regenerar raíces (Santibañez, 1997).

La capacidad que poseen las plantas para generar o elongar sus raíces en un período determinado de tiempo y bajo condiciones óptimas de crecimiento, se denomina Potencial de Crecimiento Radicular o Capacidad de Crecimiento Radicular, el cual es un importante atributo de la planta destinada a plantación (Duryea y McClain, 1984; Johnson y Cline, 1991; Ritchie y Dunlap, 1980; Simpson, 1990; Tarasiuk, 1996).

Tarasiuk (1996), define el largo del ensayo de PCR igual a 28 días de crecimiento bajo condiciones medioambientales definidas.

McKay (1992), determinó que en plántulas de Picea sitchensis, Pseudotsuga menziesii, Larix leptolepis, almacenadas en frío, existe una relación positiva entre PCR y supervivencia.

Plantas de especies de coníferas del oeste de USA puestas en almacenamiento en frío antes de que estén dormantes o conservadas en almacenamiento después del cumplimiento de su enfriamiento requerido, frecuentemente muestran una disminución del potencial de crecimiento radicular (Ritchie, 1984b).

El PCR es corrientemente la medición operacionalmente más simple de la calidad de las plántulas, porque asume muchos atributos fisiológicos que son integrados dentro de una simple respuesta medible: la capacidad de crecimiento radicular (Binder et al., 1990).

Un método comúnmente aceptado para evaluar el PCR es el largo total de las raíces nuevas excediendo algún largo mínimo (Tarasiuk, 1996). Binder et al. (1990), señala como útil el conteo de las raíces blancas mayores de 10 mm de longitud. Ritchie y Dunlap (1980), señalan que se puede expresar por medio del largo total de las nuevas raíces, el número total de nuevas raíces, el volumen o peso de nuevas raíces, o como la tasa de crecimiento de una raíz promedio.

1.6.1 Factores que afectan el PCR. Existen factores claves que influyen en el PCR, tales como las condiciones fisiológicas de las plantas al momento de su cosecha en el vivero (Weeb, 1977).

Ritchie y Dunlap (1980) observaron factores que afectan el potencial de crecimiento radicular de plantas y sugirieron que las prácticas más importantes en vivero son las siguientes: descalces y poda de raíces, poda aérea, fertilización, riego, fecha de cosecha y condiciones y duración del almacenamiento en frío.

Binder et al. (1990) y Sutton (1980), señalan que dentro de los factores que afectan el PCR se encuentra la temperatura del aire y del suelo, la intensidad de la luz, la duración del test, la especie, la interacción familia/fuente de semilla, la cantidad de agua, el período de almacenamiento en frío y probablemente el tipo de almacenamiento.

Mendoza (1997), determinó la mejor temperatura dentro de la cámara de cultivo durante el ensayo de PCR, correspondiendo a 17°C para la especie Pinus radiata, 22°C para Eucalyptus nitens y para Eucalyptus globulus a diferencia de las dos anteriores no existe diferencia significativa entre tratamientos dentro de un rango de temperatura entre 5 y 22°C.

Para Picea sitchensis, Pseudotsuga menziesii y Thuja plicata, almacenadas en frío (2°C) por 4 meses, el mayor número de raíces blancas fueron producidas bajo un régimen

de temperatura de 25:20°C (fotoperíodo de 16 horas) (Binder et al., 1990).

En base a lo anteriormente expuesto⁰⁰ y asumiendo que las temperaturas afectan fuertemente el crecimiento y desarrollo de las plantas, en el presente trabajo se estudia el efecto del almacenamiento en frío sobre atributos del comportamiento en plantas de Eucalyptus globulus Labill., con el fin de establecer las condiciones más adecuadas para la manipulación de plantas una vez cosechadas en vivero, de manera que la tasa de supervivencia y crecimiento de éstas en terreno sea óptima.



II MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Descripción del estudio

El estudio se desarrolló en los Laboratorios de Fisiología de Arboles y de Semilla de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción.

Se seleccionaron 650 plantas de Eucalyptus globulus Labill. provenientes del vivero "Los Quillayes", ubicado en el Km 12 de la carretera Bulnes-Quillón (latitud 36° 40', longitud 72° 25'), producidas a raíz desnuda con un diámetro de cuello de 7 mm y de 38 cm de altura medidos con una precisión de 0,1 mm y 0,1 cm, respectivamente. Posteriormente, se transportaron evitando daños mecánicos y protegiendo el sistema radicular con gel, evitando la desecación que podría causar la muerte de algunas raíces finas y reducir la supervivencia y crecimiento de las plantas (Balneaves y Menzies, 1990), posteriormente fueron debidamente embaladas en cajas plásticas para plantación.

Una vez en el laboratorio, se procedió a almacenarlas bajo 2 tipos de almacenamiento: refrigerado (3°C) y frigorizado (-3°C), con una humedad relativa igual o superior a 80%.

El almacenaje se realizó en bolsas de papel kraft y polietileno, cada una de las cuales contenían 18 plantas.

2.2 Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental utilizado fue un diseño factorial, donde los factores corresponden al tipo de almacenamiento y tiempo de almacenamiento en días (Tabla 1), con 2 y 5 niveles, respectivamente. Las diferencias significativas entre los tratamientos fueron analizadas utilizando el método de comparaciones múltiples de Tukey (Anexo 3) (Steel y Torrie, 1988).

Tabla 1: Temperatura y duración del almacenamiento para cada uno de los tratamientos.

Tratamiento	Almacenamiento	
	Temperatura (°C)	Duración (días)
T ₁	-	0
T ₂	3	5
T ₃	-3	5
T ₄	3	10
T ₅	-3	10
T ₆	3	15
T ₇	-3	15
T ₈	3	20
T ₉	-3	20

Los tratamientos corresponden a períodos de almacenamiento que fueron de 0, 5, 10, 15 y 20 días por cada tipo de almacenamiento. En cada tratamiento hubo 4 repeticiones formada por 16 plantas cada una y con 2 plantas más destinadas a imprevistos.

Para cada uno de los tratamientos se evaluaron los atributos del comportamiento, expresados en la medición de la conductividad electrolítica relativa, el potencial hídrico y el potencial de crecimiento radicular.

2.3 Descripción del ensayo de Potencial de crecimiento radicular

El ensayo de PCR se realizó al final de cada tratamiento utilizando como medio de crecimiento una cámara de crecimiento radicular con sistema aeropónico o de llovizna que mantiene un control de la temperatura interior a 20°C, y con una duración de baños de agua atomizada o llovizna de 10 segundos y con frecuencia de 6 minutos (Peña, 1996). Además se dispusieron tubos fluorescentes a una altura de 30 cm sobre las plantas para así tener un fotoperíodo constante durante el ensayo.

Las plantas a ensayar fueron sometidas a un lavado de su sistema radicular y posterior eliminación de raíces no suberizadas (Mendoza, 1997; Peña, 1996; Santibañez, 1997).

El número de plantas ocupadas por tratamiento corresponde a 5 por repetición, es decir un total de 20 plantas.

El ensayo tuvo una duración de 28 días, después del cual se procedió a evaluar el PCR. Para lo cual, se contaron las raíces nuevas de una longitud mayor a 1 cm y se midió la longitud de las 3 raíces más largas con una precisión de 1 mm.

2.4 Descripción del ensayo de Potencial Hídrico

El potencial hídrico fue evaluado al final de cada tratamiento utilizando el método de la cámara de presión descrito por Schölander et al. (1964).

La muestra utilizada corresponde al ápice caulinar de cada planta, de una longitud aproximada de 10 cm. Estas muestras fueron ubicadas dentro de la cámara marca Eijkelkamp de manera que el extremo cortado quede expuesto a la presión atmosférica. A continuación se procedió a ejercer una presión dentro de ésta, hasta el momento en que salió savia por el extremo cortado de la muestra vegetal.

El valor de dicha medición tiene un valor negativo y es expresado en MPa.

En cada tratamiento se utilizaron 44 plantas, es decir 11 plantas por repetición.

2.5 Descripción del ensayo de Conductividad Electrolítica Relativa (CER)

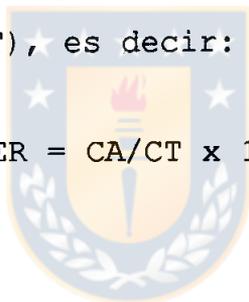
Para determinar la CER, con un sacabocados se extrajeron 3 discos de 8 mm de diámetro (Raymond et al., 1992) de la parte basal, central y terminal de la nervadura de cada hoja del tercer par de hojas de la planta, contado desde el ápice hacia la base.

Los 3 discos de hojas se colocaron en un recipiente de vidrio con 80 ml de agua des-ionizada. Después de 24 horas de reposo se midió la CE a cada muestra con un

conductivímetro marca Eijkelkam. Luego de realizada la medición se almacenaron en un horno Kottermann a 90°C durante 4 horas. Transcurrido el tiempo señalado, las muestras se retiraron del horno y se dejaron reposar durante 24 horas. Finalmente se volvió a medir la CE a cada muestra.

De esta manera, según Feijoo (1997) y Green y Warrington (1978), la conductividad electrolítica se expresa como conductividad electrolítica relativa (CER) (Anexo 2), ya que relaciona la conductividad medida después del almacenamiento (CA) con la medida después de la aplicación de alta temperatura (CT), es decir:

$$CER = CA/CT \times 100$$



III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Conductividad Electrolítica Relativa (CER)

Los resultados muestran que en el caso de tratamientos frigorizados la conductividad electrolítica relativa aumenta hasta los 5 días de almacenamiento (Tabla 2), disminuyendo a los 10 días, con un nuevo aumento a los 20 días, no existiendo diferencia significativa entre las plantas control (sin almacenamiento) y aquellas almacenadas por 10 días; sin embargo existe diferencia significativa con las plantas almacenadas por periodos de 5, 15 y 20 días.

Tabla 2: Conductividad electrolítica relativa (%) según duración y temperatura de almacenamiento.

Duración (días)	Temperatura de almacenamiento	
	-3°C	3°C
control	15,81a*	15,81a
5	22,74 b	19,50 b
10	17,34a	17,84ab
15	20,52 b	16,03a
20	22,02 b	17,75ab

* En las columnas los valores seguidos de igual letra, no difieren significativamente ($\alpha=0,05$).

Para los tratamientos refrigerados, existe un aumento hasta el quinto día, pero menor que para frigorizado, disminuyendo hasta el día 15 para aumentar finalmente a los 20 días de almacenamiento, no existiendo diferencia

significativa entre las plantas control y las almacenadas por periodos de 10, 15 y 20 días.

Además se observa que el valor de conductividad electrolítica relativa de 17,34%, a los 10 días de frigorizado, no presenta diferencia significativa con el tratamiento control, a pesar de que las plantas se encontrarán muertas; por lo tanto se puede concluir que la conductividad electrolítica no es un buen predictor del comportamiento de las plantas después de haber sido almacenadas en frío, al menos, en las condiciones y para la especie en estudio.

Estos resultados se contraponen con lo estudiado por Raymond et al. (1992), que utilizando el método de conductividad electrolítica relativa encontró una gran correlación entre esta variable y el daño en las hojas de plantas de Eucalyptus regnans y Eucalyptus nitens después de haberlas sometido a bajas temperaturas.

3.2 Potencial Hídrico (PH)

Los resultados mostrados en la tabla 3 no concuerdan con lo dicho por Kramer (1974), con relación al aumento del potencial hídrico a medida que aumentan los días de almacenamiento. En el caso del frigorizado el potencial hídrico aumenta fuertemente hasta los 5 días de almacenamiento y, a partir de ahí hasta los 20 días su aumento se produce a tasas menos pronunciadas, existiendo diferencia significativa entre el control y todos los tratamientos.

El potencial hídrico de los tratamientos refrigerados sin embargo, aumenta muy poco en los primeros 5 días de almacenamiento no mostrando diferencia significativa con el tratamiento control, para subir drásticamente, de manera que, a los 10 días se encuentra sobre el valor del tratamiento frigorizado.

Tabla 3: Potencial Hídrico (MPa) según duración y temperatura de almacenamiento.

Duración (días)	Temperatura de almacenamiento	
	-3°C	3°C
control	-0,11a*	-0,11a
5	-0,06 b	-0,10a
10	-0,05 b	-0,04 b
15	-0,03 b	-0,02 b
20	-0,03 b	-0,03 b

* En las columnas los valores seguidos de igual letra, no difieren significativamente ($\alpha=0,05$).

Puesto que los potenciales hídricos de los tratamientos que tienen diferencia significativa son mayores que el tratamiento control, es decir más cercanos a cero, se concluye que a pesar de haber diferencia estadísticamente significativa, desde el punto de vista biológico esta condición no es adversa para la planta, sino que al contrario, la planta presenta un nivel de potencial hídrico aceptable, estando lejos de los niveles críticos descritos para Pinus radiata (Peña, 1996).

El aumento significativo en el potencial hídrico se puede atribuir tanto al tipo de almacenaje: bolsas de papel kraft y polietileno que impiden la deshidratación de las plantas (Cea, 1993), como a la existencia de gel en sus raíces que proporciona una reserva de agua totalmente disponible.

3.3 Potencial de crecimiento radicular (PCR)

3.3.1 Número promedio de raíces. En la tabla 4 se observa que el número promedio de nuevas raíces, a los 5 días de almacenamiento, presenta una pequeña disminución a temperatura de 3°C respecto al control, diferencia que aumenta a los 10 días, para disminuir considerablemente a los 15 y 20 días de almacenamiento. En cambio, los tratamientos frigorizados no presentan indicios de actividad rizogénica en ninguno de los períodos de almacenamiento estudiados.

Tabla 4: Número promedio de nuevas raíces según duración y temperatura de almacenamiento.

Duración (días)	Temperatura de almacenamiento	
	-3°C	3°C
control	36a*	36a
5	0a	34a
10	0a	38a
15	0a	20 b
20	0a	13 b

* En las columnas los valores seguidos de igual letra, no difieren significativamente ($\alpha=0,05$).

Estadísticamente se observa que para el número de raíces no existe diferencia significativa entre el control y los 5 y 10 días de almacenamiento refrigerado. Existiendo diferencia significativa ($\alpha = 0,05$) entre el control y los tratamientos de 15 y 20 días refrigerado y con todos los tratamientos frigorizados (Tabla 4).

La ausencia de rizogénesis en los tratamientos de frigorizado se relaciona con la formación de cristales en los espacios intercelulares y posterior deshidratación celular o bien por el congelamiento del contenido celular, provocando la muerte inmediata de la planta (Hobbs, 1984; Thomashow, 1998). En consideración a lo anterior los almacenamientos frigorizados afectan negativamente la calidad de plantas de Eucalyptus globulus Labill. cualquiera sea la duración de éste.

Basándose en los resultados obtenidos se concluye que la calidad de las plantas de Eucalyptus globulus Labill. no se ve afectada desde el punto de vista fisiológico cuando son almacenadas hasta períodos de 10 días a temperatura de 3°C. Esto puede deberse principalmente al receso vegetativo en que se encontraban las plantas en el momento en que fueron cosechadas del vivero (Agosto) y/o a la existencia de una cantidad acumulada de horas frío que aumentan la tolerancia de la planta a las bajas temperaturas (Ritchie, 1984b).

3.3.2 Longitud de nuevas raíces. La tabla 5 muestra que la mayor longitud de las nuevas raíces se encontró a los 5 días del tratamiento refrigerado, mostrando una disminución

en el crecimiento para almacenamientos de mayor duración. Para el caso del almacenamiento frigorizado, no hubo crecimiento de raíces para ningún período de almacenamiento, producto de la muerte de las plantas a causa del congelamiento a nivel celular.

Tabla 5: Longitud media (cm) de raíces nuevas según duración y almacenaje a 3°C.

Duración (días)	Temperatura de almacenamiento
	3°C
control	9,5ab*
5	11,3a
10	10,0ab
15	7,6 b
20	3,3 c

* En las columnas los valores seguidos de igual letra, no difieren significativamente ($\alpha=0,05$).

Del análisis estadístico se observa que no existe diferencia significativa en la longitud de las nuevas raíces entre las plantas almacenadas durante 5, 10 y 15 días a 3°C con el tratamiento control. Sin embargo, existe diferencia significativa entre el control y las plantas almacenadas a -3°C y las almacenadas durante 20 días a 3°C (Tabla 5).

Basándose en los resultados obtenidos para esta variable, se establece la ausencia de efecto negativo en la calidad de la planta al ser almacenada hasta 10 días a temperatura

de 3°C; mientras que el almacenamiento frigorizado, no se recomienda para esta especie debido a las mismas causas mencionadas para la variable anteriormente tratada.

Tomando en consideración los resultados anteriores se concluye que el PCR medido a través del número total de nuevas raíces y a través de la longitud promedio de las tres raíces más largas, es un buen predictor del comportamiento de las plantas después de haber sido sometidas a almacenamiento en frío durante diferentes períodos de tiempo y bajo dos tipos de temperatura (McKay, 1992; Ritchie y Dunlap, 1980; Binder et al., 1990).

Por otro lado durante el ensayo de PCR se observó que aquellas plantas que fueron sometidas a almacenamiento frigorizado se encontraban muertas después del segundo o tercer día de haber comenzado el ensayo. Si se relaciona esto con el comportamiento de la conductividad electrolítica relativa, se observa que existen valores de los tratamientos frigorizados que no difieren significativamente con el control a pesar de que las plantas se encuentren muertas, lo que determina que este último método no sea un buen predictor del comportamiento de las plantas después de haber sido almacenadas al frío.

Por otro lado, en los tratamientos refrigerados (Figura 1), se observa que a medida que aumentan los días de almacenamiento se observa que disminuye el PCR, aumentando el potencial hídrico y manteniéndose constante la conductividad electrolítica relativa.

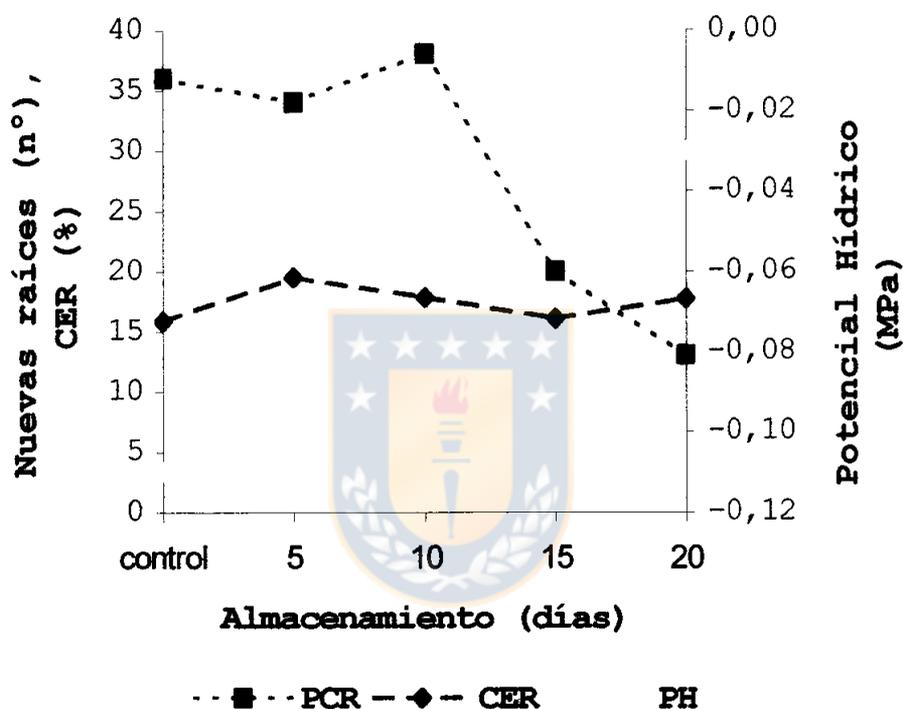


Figura 1: Comportamiento del potencial de crecimiento radicular expresado en nuevas raíces, en relación con la conductividad electrolítica y potencial hídrico, a diferentes días de almacenamiento refrigerado.

La disminución del PCR se podría atribuir a la inactividad celular provocada por almacenamientos en frío muy prolongados, no presentando daño celular como lo muestra el comportamiento de la conductividad.

Cabe destacar que el potencial de crecimiento radicular posee gran importancia para la silvicultura, puesto que es un excelente atributo del comportamiento que permite conocer las respuestas de las plantas cuando son sometidas a ensayos para determinar la calidad de ellas y así asegurar desde un comienzo bosques de gran productividad y calidad.



IV CONCLUSIONES

- La Conductividad electrolítica no es un buen predictor del comportamiento de las plantas después de haber sido almacenadas en frío, al menos, en las condiciones y la especie estudiada.
- Existe un aumento del Potencial hídrico a medida que aumenta la duración del almacenamiento tanto para los tratamientos refrigerados como para los frigorizados.
- El almacenamiento frigorizado afecta negativamente la supervivencia de las plantas de Eucalyptus globulus Labill.
- El número promedio de nuevas raíces no es afectado significativamente por almacenamientos refrigerados de hasta 10 días.
- La longitud de nuevas raíces no es afectada significativamente por almacenamientos refrigerados de hasta 15 días.
- Se recomienda sólo el almacenamiento refrigerado de plantas de Eucalyptus globulus Labill. por un período de tiempo no mayor a los 10 días, como lo indica el ensayo de potencial de crecimiento radicular, medido a través de la variable número promedio de nuevas raíces.

V RESUMEN

Plantas de Eucalyptus globulus Labill. producidas a raíz desnuda fueron sometidas a diferentes esquemas de almacenamiento en frío, con el objetivo de evaluar su efecto sobre las variables del comportamiento de la planta: Conductividad electrolítica relativa, Potencial hídrico y Potencial de crecimiento radicular, y así determinar las condiciones más adecuadas para la manipulación de plantas una vez cosechadas en vivero.

Los resultados obtenidos señalan que el método de conductividad electrolítica relativa no es un buen predictor del comportamiento de las plantas después de haber sido almacenadas en frío. El potencial hídrico se hace mayor a medida que aumentan los días de almacenamiento. El número promedio de nuevas raíces no fue afectado significativamente cuando las plantas fueron almacenadas a temperatura de 3°C hasta 10 días y de la misma forma la longitud de nuevas raíces en almacenamientos de hasta 15 días a igual temperatura.

Por lo tanto, se recomiendan almacenamientos en frío sólo hasta 10 días y a temperatura de 3°C para la especie Eucalyptus globulus Labill.

SUMMARY

Eucalyptus globulus Labill. seedlings, produced in bareroot form, were put in different schemes of cold storage, to evaluate its effect on variables of seedlings behaviour: Relative electrolitic conductivity, Water potencial, Root growth potential. So, we can determine the most adequate conditions for handling the seedlings once these are taken from the nursery.

The results obtained show that the relative electrolitic conductivity method does not predict well the seedling behaviour after being put in cold storage. The water potencial increases as the days of storage continue. The number of new roots was not significantly affected when the seedlings were stored at 3°C up to 10 days, and the same happened with the lenght of the new roots in storage periods of 15 days at the same temperature.

Therefore, it is advisable cold storages up to 10 days only and at 3°C for Eucalyptus globulus Labill.

VI BIBLIOGRAFÍA

1. Balneaves, T. y Menzies, M. 1990. Water potential subsequent growth of *Pinus Radiata* Seedlings: influence of lifting, packaging, and storage conditions. *N. Z. J. For. Sci.* 20(3): 257-267.
2. Barceló, J., Nicolás, G., Sabater, B. y Sánchez, R. 1995. *Fisiología Vegetal*. Ediciones Pirámide, S.A. Madrid, España. Pp. 1-662.
3. Binder, W., Fielder, P., Scagel, R. y Krumlik, G. 1990. Temperature and time-related variation of root growth in some conifer the species. *Can. J. For. Res.* 20: 1192-1199.
4. Burr, K., Tinus, R., Wallner, S. y King, R. 1990. Comparison of Tree Cold Hardiness Test for Conifer Seedling. *Tree Physiology.* 6: 351-369.
5. Carlson, W. 1991. Lifting, Storing, and Transporting Southern Pine Seedlings. Pp. 291-301. En: Duryea, M. y Dougherty, P. (Ed.). *Forest Regeneration Manual*. Dordrecht, Netherlands.
6. Cea, J. 1993. Almacenamiento en frío de plantas de *Pinus radiata* D. Don. y *Eucalyptus globulus* Labill. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Chillán, Chile.

7. Cleary, B. y Tinus, R. 1980. Preservation of Nursery Stock Quality through Packaging, Storage, Transport and Planting. N. Z. J. For. Sci. 10(1): 295-296.
8. DeHayes, D., Waite, C. y Ingle, M. 1990. Storage Temperature and Duration Influence Cold Tolerance of Red Spruce Foliage. For. Sci. 36(4): 1153-1158.
9. Duryea, M. y McClain, K. 1984. Altering Seedling Physiology to improve reforestation success. Pp. 77-114. En: Duryea, M. y Brown, G. (Ed.). Seedling Physiology and Reforestation Success. Proceedings of the Physiology Working Group Technical Session. October 16-20, 1983. Society of American Foresters National Convention Portland. Oregon, USA.
10. Feijoo, F. 1997. Evaluación del deterioro fisiológico de plantas de Pinus radiata (Pinus radiata D. Don.), a través de la conductividad electrolítica. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile.
11. Glerum, C. 1985. Frost Hardiness of coniferous seedlings: principles and applications. Pp. 107-121. En: Duryea, M. (Ed.). Proceedings: Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of mayor tests. Workshop held

october 16-18. 1984. Forest Research Laboratory,
Oregon State University, Corvallis. Oregon, USA.

12. Green, L. y Warrington, I. 1978. Assessment of frost damage in Radiata Pine Seedlings Using the Diffusate Electroconductivity Technique. N. Z. J. For. Sci. 8(3): 344-350.
13. Hinesley, L. 1982. Cold Storage of Fraser Fir Seedling. For. Sci. 28(4): 772-776.
14. Hobbs, S. 1984. The influence of species and stocktype selection on stand establishment: an ecophysiological perspective. En: Duryea, M. y Brown, G. (Ed.). Seedling Physiology and Reforestation Success. Proceedings of the Physiology Working Group Technical Session. October 16-20, 1983. Society of American Foresters National Convention Portland. Oregon, USA.
15. Johnson, J. y Cline, M. 1991. Seedlings Quality of Southern Pines. Pp. 143-159. En: Duryea, M. y Dougherty, P. (Ed.). Forest Regeneration Manual. Dorchecht, Netherlands.
16. Kramer, P. 1974. Relaciones Hídricas de suelos y plantas. Una síntesis Moderna Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.) México. Pp. 1-538.

17. McCracken, I. 1979. Changes in the carbohydrate concentration of Pine seedlings after cool storage. N. Z. J. For. Sci. 9(1): 34-43.
18. McKay, H. 1992. Electrolyte leakage from fine roots of conifer seedlings: a rapid index of plant vitality following cold storage. Can. J. For. Res. 22: 1371-1377.
19. McKay, H. 1994. Frost hardiness and Cold-storage Tolerance of the Root System of Picea sitchensis, Pseudotsuga menziesii, Larix kaempferi and Pinus sylvestris Bare-root Seedlings. Scand. J. For. Res. 9(3): 203-213.
20. Mendoza, A. 1997. Influencia de la temperatura en potencial de crecimiento radicular en plantas de: Pinus radiata, Eucalyptus nitens y Eucalyptus globulus. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile.
21. Merino, C. 1998. Efecto del tiempo de empaque y tipo de protección radicular en el daño fisiológico de plantas de Eucalyptus globulus Labill. Y Pinus radiata D. Don. Evaluado a través de Conductividad Electrolítica. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile.

22. Mexal, J. y South, D. 1991. Bareroot Seedling Culture. Pp. 89-115. En: Duryea, M. y Dougherty, P. (Ed.). Forest Regeneration Manual. Dordrecht, Netherlands.
23. Myers, B. y Craing, I. 1988. Changes in water potencial of Pinus radiata fascicles during temporary storage. N. Z. J. For. Sci. 18: 3-8.
24. Peña, I. 1996. Potencial de Crecimiento Radicular de plantas de Pinus radiata D. Don. con diferente Potencial Hídrico. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile.
25. Raymond, C., Owen, J., Eldridge, K. y Harwood, C. 1992. Screening eucalypts for frost tolerance in breeding programs. Can. J. For. Res. 22: 1271-1277.
26. Ritchie, G. y Dunlap, J. 1980. Root growth potential; its development and expression in forest tree seedlings. N. Z. J. For. Sci. 10(1): 218-248.
27. Ritchie, G. 1984a. Assessing Seedling Quality. Pp. 243-259. En: Duryea, M. y Landis, T. (Ed.). Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedling. Martinus Nighoft/Dr. W. Junk Publisher. The Hagus. Boston, Lancaste, USA.

28. Ritchie, G. 1984b. Effect of Freezer storage on bud dormancy release in Douglas-fir seedlings. *Forestry Abstracts*. 45(10): 684
29. Rose, R., Omi, S., Court, B. y Yakimchuk, K. 1992. Dormancy release and growth responses of 3+0 bare-root white spruce (Picea glauca) seedlings subjected to moisture stress before freezer storage. *Can. J. For. Res.* 22: 132-137.
30. Sánchez - Díaz, M. y Aguirreolea, J. 1993. Relaciones Hídricas. Pp. 49-90. En: Azcon - Bieto, J. Talon, M. 1993. *Fisiología y Bioquímica vegetal*. Interamericana. McGraw - Hill. Madrid, España. Pp. 1-581.
31. Santibañez, C. 1997. Efecto del esquema de manejo en vivero, sobre el PCR de plantas de Eucalyptus globulus Labill. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile.
32. SAS Institute Inc. 1993. SAS/ETC® User's Guide, Version 6, Second Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc. Pp. 1.022.
33. Schölander, P., Hammel, H., Hemmingsen, E. y Bradstreet, E. 1964. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some

other plants. Reprinted from the Proceedings of the National Academy of Sciences. 52(1): 119-125.

34. Simpson, D. 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.
35. Steel, R. y Torrie, J. 1988. *Bioestadística, Principios y Procedimientos*. McGraw - Hill. Mexico. Pp. 1-622.
36. Sutton, R. 1980. Planting Stock Quality, Root Growth Capacity and Field Performance of three Boreal Conifera. *N. Z. J. For. Sci.* 10(1): 54-71.
37. Tarasiuk, S. 1996. Testing seedling performance with the use of root growth potential. *Forestry Abstracts.* 57(2): 132.
38. Thomashow, M. 1998. Role of Cold - Responsive Genes in Plant Freezing Tolerance. *Plant Physiology.* 118: 1-7.
39. Weeb, D. 1977. Root Regeneration and Bud Dormancy of Sugar Maple, Silver Maple, and White Ash Seedlings: Effects of Chilling. *For. Sci.* 23(4): 474-483.

VII APÉNDICES



APÉNDICE 1

Análisis de varianza para conductividad electrolítica
relativa en plantas de Eucalyptus globulus Labill.
sometidas a diferentes esquemas de almacenamiento.

APÉNDICE 1

Tabla 1A: Análisis de varianza para conductividad electrolítica relativa en plantas de Eucalyptus globulus Labill. sometidas a diferentes esquemas de almacenamiento.

FUENTE	GL	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	PR > F
MODELO	9	233,237460	25,915273	16,63	0,0001
ERROR	30	46,736450	1,557881		
TOTAL	39	279,973910			

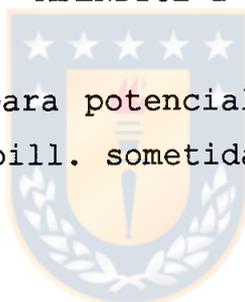
FUENTE VARIACIÓN	GL	ANDEVA	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	PR > F
TEMPERATURA	1	52,854010	52,854010	33,93	0,0001
DURACION	4	135,114135	33,778533	21,68	0,0001
TEMP*DURAC	4	45,269315	11,317328	7,26	0,0003

(SAS, 1993).



APÉNDICE 2

Análisis de varianza para potencial hídrico en plantas de Eucalyptus globulus Labill. sometidas a diferentes esquemas de almacenamiento.



APÉNDICE 2

Tabla 2A: Análisis de varianza para potencial hídrico en plantas de Eucalyptus globulus Labill. sometidas a diferentes esquemas de almacenamiento.

FUENTE	GL	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	PR > F
MODELO	9	0,044210	0,004912	25,63	0,0001
ERROR	30	0,005750	0,000191		
TOTAL	39	0,049960			

FUENTE VARIACIÓN	GL	ANDEVA	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	PR > F
TEMPERATURA	1	0,000490	0,000490	2,56	0,1203
DURACION	4	0,040060	0,010015	52,25	0,0001
TEMP*DURAC	4	0,003660	0,000915	4,77	0,0042

(SAS, 1993).



APÉNDICE 3

Análisis de varianza para el número promedio de nuevas raíces en plantas de Eucalyptus globulus Labill. sometidas a diferentes esquemas de almacenamiento.

APÉNDICE 3

Tabla 3A: Análisis de varianza para el número promedio de nuevas raíces en plantas de Eucalyptus globulus Labill. sometidas a diferentes esquemas de almacenamiento.

FUENTE	GL	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	PR > F
MODELO	9	10466,600000	1162,955556	19,95	0,0001
ERROR	30	1749,000000	58,300000		
TOTAL	39	12215,600000			

FUENTE VARIACIÓN	GL	ANDEVA	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	PR > F
TEMPERATURA	1	4368,100000	4368,100000	74,92	0,0001
DURACION	4	4150,350000	1037,587500	17,80	0,0001
TEMP*DURAC	4	1948,150000	487,037500	8,35	0,0001

(SAS, 1993).

APÉNDICE 4

Análisis de varianza para la longitud de nuevas raíces en plantas de Eucalyptus globulus Labill. sometidas a diferentes esquemas de almacenamiento.

APÉNDICE 4

Tabla 4A: Análisis de varianza para la longitud de nuevas raíces en plantas de Eucalyptus globulus Labill. sometidas a diferentes esquemas de almacenamiento.

FUENTE	GL	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	PR > F
MODELO	9	858,419000	95,379889	39,64	0,0001
ERROR	30	72,185000	2,406167		
TOTAL	39	930,604000			

FUENTE	GL	ANDEVA	MEDIA DE CUADRADOS	F CALCULADO	PR > F
VARIACIÓN					
TEMPERATURA	1	414,736000	414,736000	172,36	0,0001
DURACION	4	265,921500	66,480375	17,80	0,0001
TEMP*DURAC	4	177,761500	44,440375	18,47	0,0001

(SAS, 1993).

APÉNDICE 5

Datos de Conductividad electrolítica relativa, Potencial hídrico, Número de nuevas raíces y Longitud de nuevas raíces para cada tratamiento y repetición, en plantas de Eucalyptus globulus Labill.

APÉNDICE 5

Tabla 5A: Datos de Conductividad electrolítica relativa, Potencial hídrico, Número de nuevas raíces y Longitud de nuevas raíces para cada tratamiento y repetición, en plantas de Eucalyptus globulus Labill.

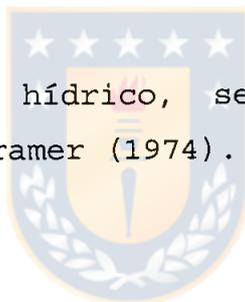
	C.E.R. (%)	Potencial Hid. (MPa)	PCR	
			Nº	Long. (cm)
T ₁	15,48	-0,12	37	9,2
	16,68	-0,09	44	11,6
	15,96	-0,12	32	7,2
	15,13	-0,11	30	10,0
T ₂	19,96	-0,12	24	10,6
	20,45	-0,14	40	12,0
	19,11	-0,06	44	12,6
	18,48	-0,09	30	10,0
T ₃	21,77	-0,06	0	0
	21,39	-0,07	0	0
	21,05	-0,04	0	0
	26,77	-0,06	0	0
T ₄	18,42	-0,04	42	11,0
	16,86	-0,05	22	8,5
	18,54	-0,04	62	12,1
	17,53	-0,05	25	8,5
T ₅	16,93	-0,06	0	0
	16,71	-0,05	0	0
	18,09	-0,04	0	0
	17,63	-0,05	0	0
T ₆	17,31	-0,02	22	4,4
	15,71	-0,03	10	9,8
	15,59	-0,03	21	11,0
	15,52	-0,02	25	5,0
T ₇	22,48	-0,03	0	0
	19,42	-0,03	0	0
	19,22	-0,03	0	0
	20,95	-0,03	0	0
T ₈	18,29	-0,03	10	2,4
	17,24	-0,03	22	5,1
	18,16	-0,03	11	2,7
	17,32	-0,03	8	3,1
T ₉	20,86	-0,03	0	0
	20,58	-0,03	0	0
	23,33	-0,03	0	0
	23,29	-0,03	0	0

VIII ANEXOS



ANEXO 1

Fórmula de potencial hídrico, según Sánchez - Díaz y Aguirreolea (1993) y Kramer (1974).



ANEXO 1

Según Sánchez - Díaz y Aguirreolea (1993) y Kramer (1974), la fórmula de potencial hídrico se define como:

$$\Psi = \Psi_p + \Psi_o + \Psi_m$$

donde,

Ψ : potencial hídrico (MPa).

Ψ_p : potencial de presión o presión hidrostática (MPa).

Ψ_o : potencial de soluto u osmótico (MPa).

Ψ_m : potencial matricial (MPa).



ANEXO 2

Procedimiento W de Tukey de comparaciones múltiples (Steel y Torrie, 1988).



ANEXO 2

Procedimiento W de Tukey de comparaciones múltiples (Steel y Torrie, 1988).

$$W = q_{\alpha} (p, f_e) * \sqrt{(M_e/n)}$$

donde,

Q : de tabla "Q".

α : tasa de error (0,05).

p : n° de tratamientos.

f_e : grados de libertad del error.

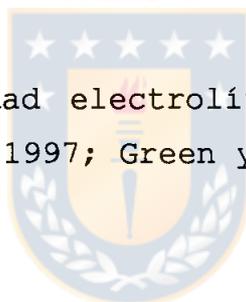
M_e : media de suma de cuadrados del error experimental.

n : n° de repeticiones.

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

ANEXO 3

Fórmula de conductividad electrolítica relativa expresada en porcentaje (Feijoo, 1997; Green y Warrington, 1978).



ANEXO 3

Según Feijoo (1997) y Green y Warrington (1978) la fórmula de conductividad electrolítica relativa expresada en porcentaje es la siguiente.

$$CR = (CA/CT) * 100$$

donde,

CR : conductividad relativa (%).

CA : conductividad electrolítica después de almacenamiento en frío (μ s).

CT : conductividad electrolítica después de alta temperatura (μ s).

