

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
Departamento de Silvicultura

EFFECTO DEL MANEJO DE RAICES Y TALLO EN PLANTAS DE  
Eucalyptus globulus Labill. EN VIVERO, EN LA  
RESISTENCIA A BAJAS TEMPERATURAS.



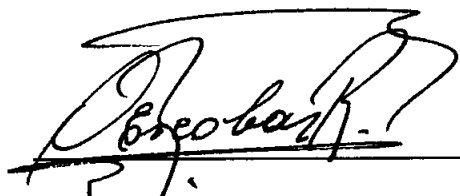
JOAQUIN ENRIQUE AREVALO CID

MEMORIA DE TITULO PRESENTADA  
A LA FACULTAD DE CIENCIAS  
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD  
DE CONCEPCION PARA OPTAR AL  
TITULO DE INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE  
1994

EFFECTO DEL MANEJO DE RAICES Y TALLO EN PLANTAS DE Eucalyptus globulus Labill., EN VIVERO, EN LA RESISTENCIA A BAJAS TEMPERATURAS.

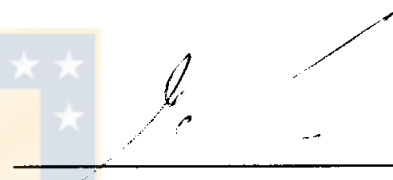
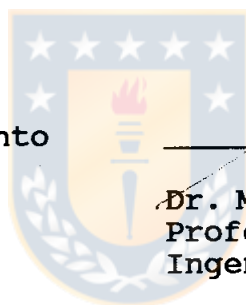
Profesor Asesor



---

René Escobar Rodríguez  
Profesor Asociado  
Técnico Forestal

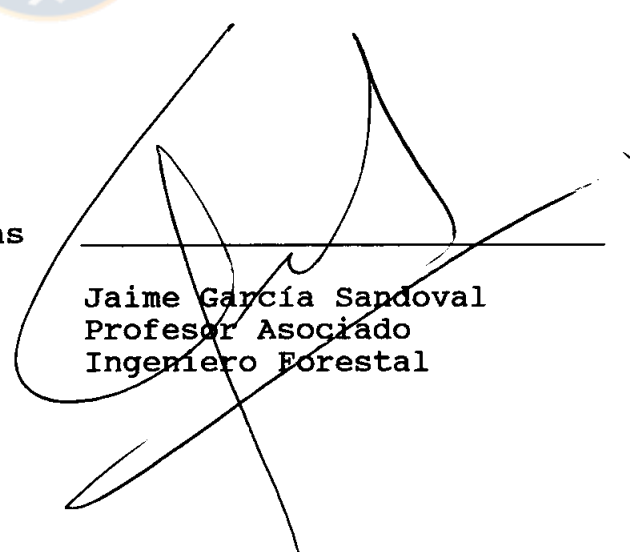
Director Departamento  
Silvicultura



---

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

Decano Facultad Ciencias  
Forestales



---

Jaime García Sandoval  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal

**A ALITA Y MACARENA**



**A MI QUERIDA MADRE Y  
HERMANOS, EN FORMA  
ESPECIAL A MIS QUERIDOS ATO  
Y YOYITA.**



**NO TEMAS IR DESPACIO,  
SOLO TEME NO AVANZAR**

## Agradecimientos.

Mis agradecimientos a todos aquellos que apoyaron, directa o indirectamente, la ejecución de este trabajo, en especial a:

- Don René Escobar R., profesor guía, por su apoyo y permanente estímulo,
- Manuel Sánchez O., gran amigo, por su colaboración y aportes al desarrollo del tema,
- Al personal docente, administrativo y auxiliar del Depto. de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Chillán.

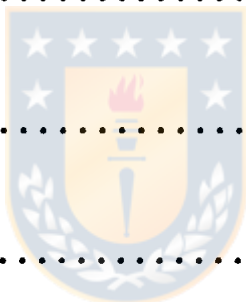
A todos ellos hago llegar mis mas sinceros sentimientos de aprecio y gratitud.

## INDICE DE MATERIAS

I	INTRODUCCION .....	1
II	ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS .....	3
	2.1 Antecedentes del género .....	3
	2.2 Antecedentes de la especie .....	4
	2.2.1 Aclimatización de la especie .....	5
	2.3 Producción artificial de plantas .....	7
	2.3.1 Acondicionamiento .....	8
	2.3.1.1 Manejo radicular .....	8
	2.3.1.2 Manejo de tallo .....	9
	2.3.1.3 Fertilización .....	10
	2.4 Proceso de congelación .....	12
	2.4.1 Tipos de congelación .....	16
	2.4.2 Efecto de la congelación en las plantas .....	19
	2.4.3 Formas de evaluación de resistencia al frio .....	23
	2.4.3.1 Temperatura letal .....	23
	2.4.3.2 Pruebas de daño o de viabilidad .....	24
	2.4.3.3 Conductividad electro - lítica .....	26
	2.4.3.4 Impedancia eléctrica .....	26
	2.4.3.5 Estudio en ambientes con - trolados .....	27

2.4.3.5.1	Unidades de laboratorio .....	27
2.4.3.5.2	Unidades de terreno .....	28
2.4.3.5.3	Camaras de ambiente controlado para heladas específicas .....	28
<b>III</b>	<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>30</b>
3.1	Descripción del estudio y ensayos .....	30
3.1.1	Lugar del estudio .....	30
3.1.2	El estudio y los ensayos .....	30
3.1.3	Diseño experimental .....	33
3.1.4	Tratamientos .....	34
3.2	Tipos de planta .....	35
3.2.1	Caracterización de las plantas .....	35
3.2.1.1	Tamaño y desarrollo de las plantas .....	35
3.2.2	Evaluaciones .....	36
3.2.2.1	Evaluación del daño .....	36
3.3	Análisis estadístico .....	38
3.3.1	Análisis de resultados .....	38
3.4	Ensayo de exposición al frío .....	38
3.4.1	Duración del ensayo .....	38
3.6	Evaluación .....	39

IV	RESULTADOS Y DISCUSION .....	40
	4.1 Respuestas de las plantas .....	40
	4.1.1 Exposicion a -3 grados Celsius .....	41
	4.1.2 Exposicion a -5, -8 y -12 grados Celsius .....	44
V	CONCLUSIONES .....	49
VI	RESUMEN .....	50
	SUMMARY .....	51
VII	BIBLIOGRAFIA .....	52
VIII	APENDICE .....	57
IX	ANEXO .....	62





## INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
1	Tipos de plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. según acondicionamientos utilizadas en el estudio.....	31
2	Tratamientos y número parcial y total de plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. con distintos acondicionamientos en vivero, utilizadas en ensayos de resistencia al frío.....	34
3	Notas promedio obtenidas después de un período de 40 días de la exposición a temperaturas bajo los cero grados celsius.....	40
 <u>En el Apéndice</u>		
1 A	Cuadro resumen de cifras de evaluación para proporción de quemado en plantas enteras....	58
2 A	Distribución porcentual de las notas para cada tratamiento.....	61
 <u>En el Anexo</u>		
1 B	Temperaturas mínimas del ambiente y a nivel de pastos entre los días 12 de mayo y 19 de octubre de 1992.....	65

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
1	Protección del sistema radicular de las plantas, utilizando aserrín.....	33
2	Ambientación posterior a la exposición de temperaturas bajo los cero grados celsius..	39
3	Efecto en las plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., 30-40 días después de la exposición a bajas temperaturas.....	45
4	Representación del poder de brotación después de 120-150 días de realizado el ensayo de exposición de las plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. a bajas temperaturas.....	46
5	Lugar de brotación de la planta de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., 30-40 días después del ensayo de exposición a bajas temperaturas.....	47
6	Localización de la brotación en la sección radicular y del cuello, producto de la aislación con aserrín en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., expuestas a tratamiento de bajas temperaturas.....	49

### En el Apéndice

1 A	Notas promedio por tipo de planta, con evaluación a una cifra.....	59
2 A	Distribución en porcentaje para cada nota evaluativa a una cifra en cada tratamiento..	60

### En Anexo

1 B	Áreas de distribución natural de las subespecies de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., con su caracterización climática, según FAO 1979.....	63
-----	---	----

2 B Escalas de resistencia al frío de diferentes especies del género Eucalyptus.....

64



## I INTRODUCCION.

En el ultimo tiempo, permanentemente se ha estado innovando en el proceso de producción de plantas a raíz desnuda en vivero, mejorándose las actividades culturales tales como fertilización, riego, aplicación de pesticidas manejo de raíces y tallo, orientados a la producción de una planta comercialmente atractiva.

En el país, no hay antecedentes escritos respecto a métodos de manejo destinados a producir plantas que sean resistentes durante su primer año de establecimiento al stress hídrico y bajas temperaturas, factores que han afectado fuertemente a las plantaciones de Eucalyptus globulus, como también viveros.

Estudios realizados en el extranjero (e.g: Cauvin, 1989, Glerum, 1989 y Levitt, 1972; entre otros), han demostrado que este factor de resistencia, puede ser controlado con métodos de acondicionamiento apropiados en la etapa de vivero, de manera que esta especie lignifique sus tejidos y aumente considerablemente su resistencia a la baja temperatura, ayudada lógicamente de sus características genéticas las cuales son "gatilladas" por el manejo o acondicionamiento. De esta manera puede sobrepasar su primer período de establecimiento de mejor forma o, hará disminuir su daño por helada.

2.

El presente trabajo analiza la respuesta de diferentes tipos plantas de Eucalyptus globulus Labill., preparadas en vivero, a la exposición a bajas temperaturas.



## II ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS.

### 2.1 Antecedentes del género.

El género *Eucalyptus* pertenece a la familia de las Myrtaceas, y el cual está ampliamente distribuido en la zona intertropical. Son especies leñosas siempreverdes, que prosperan desde el norte de Australia, con climas tropicales, subtropicales y con lluvias de carácter estival, hasta la parte sur e isla de Tasmania, con climas templados fríos y precipitaciones invernales. Altitudinalmente, su distribución va desde el nivel del mar hasta los 2.000 m (Lamprecht, 1990).

Con excepción de muy pocas especies, las cuales están distribuidas en regiones húmedas ó en suelos con niveles freaticos altos (e.g. *Eucalyptus regnans*, *E. deglupta*, *E. grandis*, *E. camaldulensis*, etc.), las especies de este género pocas semanas o meses después de producida la germinación, desarrollan una protuberancia en la axila de los cotiledones (lignotubérculos), en donde son depositadas las reservas. Después de un tiempo, las protuberancias se fusionan y crecen hacia abajo como dos abultamientos en la parte superior de la raíz. Por ésta y otras razones, los eucaliptos poseen una resistencia y capacidad regenerativa enormes (Lamprecht, 1990).

## 2.2 Antecedentes de la especie.

Eucalyptus globulus, se distribuye naturalmente en Tasmania, Victoria y Nueva Gales del Sur, entre los 31 °S y los 43 °S. Las condiciones climáticas en sus áreas nativas son diferentes; desde moderadamente húmedas a moderadamente cálidas (Anexo 1). Los suelos, bien drenados, con buen suministro de agua, areno-arcilloso, son óptimos para su crecimiento. Sin embargo Eucalyptus globulus también crece en suelos pobres donde presenta un crecimiento deficiente (Lamprecht, 1990).

Es la especie que tiene la mayor importancia forestal dentro de su género, hoy en día se le ayuda mediante la aplicación de fertilizante NPK en proporción de (3:2:1), aumentando notoriamente el vigor de las plántulas (Lamprecht, 1990). Eucalyptus globulus Labill. ssp. globulus es el eucalipto que más se cultiva fuera de Australia. Puede alcanzar entre 45 y 65 m de altura, de fuste recto, cilíndrico y limpio de ramas hasta 2/3 de su altura total (Barros, 1989a).

Es un árbol muy susceptible a la competencia de otras especies arbóreas. También la temperatura es un factor de gran importancia en la supervivencia de las plantas, ya que puede llegar a interferir en muchos de sus procesos fisiológicos, principalmente los relacionados con el

crecimiento. De las temperaturas extremas la más importante es la mínima, ya que pueden llegar a matar al árbol (Prado, 1989).

Como se sabe, los terrenos de aptitud forestal, en su gran mayoría, se encuentran en lugares de topografía ondulada a quebrada y ésto según Paton (1983) y Hardwood (1983), citados por Prado (1989), puede llegar a ser significativo en el daño por heladas.

En los últimos años, en Chile ha habido un incremento notorio de la superficie plantada con esta especie, la cuál en el año 1992 ya alcanzaba más de 171.520 hectáreas, correspondiendo esta cifra a casi el 11% del total existente de plantaciones industriales, siendo el Pinus radiata, la especie principal para ese propósito con un 83% del total (INFOR, 1993).

### 2.2.1 Aclimatización de la especie.

El daño producido por una helada va en directa relación con la temperatura mínima alcanzada. Períodos largos con temperaturas bajo los cero grados Celsius, pueden provocar tanto o más daño que temperaturas más bajas en períodos cortos (Prado, 1989).



Durante el verano todas las especies, aún las más resistentes, son muy susceptibles al frío. Durante el otoño cuando las temperaturas comienzan a bajar, se produce un paulatino "endurecimiento", que las hace más resistentes, lográndose un máximo, en pleno invierno. Cuando las temperaturas comienzan a subir, con la llegada de la primavera, se produce el proceso inverso. Es por esto que las heladas de otoño y primavera son las que causan los mayores daños (Prado, 1989).

Generalmente se acepta que una plántula en su explosión de crecimiento primaveral, en altura, tiene menor resistencia a la helada que una planta en estado latente. Sin embargo, las experiencias con plántulas de Pinus radiata D. Don, sugieren que los niveles de tolerancia a la helada, a menudo, son poco exactos cuando sólo se evalúa mediante la apariencia de la plántula (Warrington y Rook, 1980).

A medida que las plantas crecen, van disminuyendo su susceptibilidad al frío, al llegar a los 2 m de altura, normalmente se escapan de los daños ya que sus hojas y ramas nuevas están por sobre el nivel de las temperaturas mínimas. Además, su tronco y ramas inferiores tienen el diámetro suficiente para evitar la congelación (Hardwood, 1983; citado por Barros, 1989a), el mismo fenómeno fue observado en un estudio realizado por Escobar, Espinosa y Sánchez en la ciudad de Valdivia en 1993 (conversación

personal).

Entre todas las especies del género Eucalyptus, la más resistente al frío es Eucalyptus gunni y la más susceptible E. gomphocephala (Anexo 2), (Evans, 1983; FAO, 1979; Hillis y Brown, 1978; Martin, 1983; Rook et al., Tibbits and Reid, 1987; 1980; Wilcox, 1982; citados por Prado, 1989).

Muchos de los datos bibliográficos entregados, referidos a resistencia al frío, no tienen concordancia con lo señalado por algunos autores, ello se debe a que existe una gran cantidad de factores que determinan la resistencia al frío de muchas especies (Prado, 1989).

### 2.3 Producción artificial de plantas.

La programación para la producción de plantas, requiere de buena información, de manera que permita dimensionar e implementar correctamente las labores de manejo de un vivero. El objetivo final es producir plantas de la más alta calidad, de manera tal, que su tasa de supervivencia y crecimiento inicial logren los mayores valores posibles en un sitio determinado, si esto no sucede, la planta no es de buena calidad (Escobar y Sánchez, 1992).

Las plantas deben estar preparadas para soportar lo mejor

posible al shock de plantación. Para ello, el viverista dispone de diferentes herramientas de manejo que, independientemente del método de producción que utilice, le permiten producir plantas adecuadamente acondicionadas para un sitio determinado; así, el forestador obtendrá los mejores resultados (Escobar y Sánchez, 1992).

### 2.3.1 Acondicionamiento.

Los factores, inherentes a las plantas, que influyen en su comportamiento están determinados por los atributos físicos y fisiológicos de éstas, los que pueden ser modificados y/o alterados por el viverista (acondicionamiento). La tendencia actual es producir plantas específicas para sitios específicos, lo que se logra acondicionando y así se obtienen los mejores resultados (Escobar y Sánchez, 1992).

#### 2.3.1.1 Manejo radicular.

En la naturaleza, la gran mayoría de las especies forestales desarrollan un sistema radicular central poderoso y uno secundario poco fibroso, generándose un desequilibrio entre la parte de absorción y de pérdida de agua (Escobar y Sánchez, 1992).

La estimulación del desarrollo de raíces, mediante la poda de la raíz principal y raíces secundarias, se realiza para

equilibrar la superficie de absorción y de pérdida de agua de las plantas (Escobar y Sánchez, 1992).

La poda radicular, logra estimular el crecimiento de raíces y raicillas finas, producto de las alteraciones fisiológicas que genera la labor a nivel del tallo y raíz. En la parte aérea disminuyen las concentraciones de auxinas de crecimiento y elementos esenciales que son traslocados a la zona radicular para la formación de nuevos tejidos. Por otra parte, a nivel del sistema radicular disminuye la concentración de ácido absísico y aumenta la de ácido indolacético (Escobar y Sánchez, 1992).

Las labores involucradas en el proceso de manejo del sistema radicular son poda de la raíz principal, poda vertical de raíces y descalces, labor que al semiarancar la planta en la cama de semillas corta las raíces más finas y airea el suelo aumentando el contenido de oxígeno de este, el que unido a la humedad y temperatura adecuada, permiten un incremento del desarrollo radicular secundario y terciario (Escobar y Sánchez, 1992).

#### 2.3.1.2 Manejo de tallo.

El manejo radicular de plantas de especies latifoliadas, en vivero, induce la proliferación de ramas laterales en el tallo, con el consiguiente aumento de la superficie foliar

fotosintética y de transpiración. El aumento de la superficie fotosintética, obviamente, es positivo, pero el aumento de la superficie de transpiración implica un aumento en la demanda por agua. Por otra parte, el aumento de la biomasa aérea provoca una disminución de la cantidad de luz a nivel del suelo, que se traduce en una pérdida de eficiencia fotosintética de las hojas basales del tallo y en una disminución del crecimiento en diámetro (Escobar y Sánchez, 1992).

La eliminación de las ramas laterales aumenta la luminosidad a través del perfil del tallo. La planta reacciona aumentando el diámetro de cuello y modificando las características de su follaje, por ejemplo, las hojas se ponen rugosas, coriáceas, de color verde oscuro y aumentan su tamaño; el tallo aumenta la porción lignificada. En general, la planta se endurece, aumentando con ello la resistencia a la pérdida de agua y al frío (Escobar y Sánchez, 1992).

#### 2.3.1.3 Fertilización.

La fertilización en vivero que producen plantas a raíz desnuda se realiza para resolver problemas de desarrollo negativo y algún desequilibrio nutricional, que provocan las labores de manejo radicular y tallo. También, para suplir el consumo de nutrientes que hace el cultivo, el que

se caracteriza por ser eminentemente extractivo (Escobar y Sánchez, 1992).

En producción de plantas a raíz cubierta la fertilización es indispensable, debido a que el volumen y tipo de sustrato utilizado no puede proporcionar la cantidad suficiente de nutrientes que la planta necesita durante su permanencia en el vivero (Escobar y Sánchez, 1992).

Van den Driessche, (1984), señala que la nutrición puede influenciar la norma de crecimiento, que a su vez alterará la susceptibilidad de las plántulas a la baja temperatura. Es así que la fertilización puede prolongar el crecimiento en el otoño o bien, provocar un florecimiento prematuro en primavera.

López y Chueca (1985), señalan que la falta de disponibilidad de nitrógeno se traduce en una detención del crecimiento y una movilización de proteínas estructurales de reserva, con la aparición posterior de síntomas de deficiencia. También señalan que la asimilación de este compuesto desde el suelo la mayoría de los vegetales lo realizan vía radicular en forma de  $(NO)_3$ , independiente de la forma en que se realizó la aplicación. La reducción del elemento se realiza, principalmente, en las hojas, aunque puede tener lugar en las raíces.

En plantas de vivero se ha determinado que una alta dosis de fertilización con nitrógeno, muchas veces, retarda el estado de reposo del crecimiento y la planta es más susceptible a daños por helada en otoño, lo mismo ocurre con una alta dosis de fósforo (Malcolm y Freezaillah, 1975; citados por Van den Driessche, 1984). Por otro lado, el momento de la aplicación de los fertilizantes también influirán en el resultado, así por ejemplo, al aplicar nitrógeno y potasio muy tarde en la temporada en el vivero, de modo que no altere el crecimiento, reducirá sustancialmente el daño por helada (Benzian, 1966; citado por Van den Driessche, 1984). Timmis (1974), citado por Van den Driessche (1984), estableció que las proporciones en que se aplican los fertilizantes son un factor importante, y que influye directamente en la resistencia al frío de las plantas.

#### 2.4 Proceso de congelación.

Tener un conocimiento del concepto de "resistencia a las heladas o al frío", es importante para poder cumplir con el objetivo de producir árboles que estén "endurecidos" en forma apropiada (Glerum, 1984).

En el primer período de crecimiento, los árboles no están vigorizados contra la helada, por lo que antes de que se produzca el endurecimiento, se debe producir un cese del

crecimiento; así como también, un letargo (Glerum, 1984).

Por esta razón, las especies que se producen a raíz desnuda, no debieran extraerse para ser almacenadas en el otoño, sino que para hacerlo, se debiera esperar que el tallo y sus raíces estén lo suficientemente robustas (Glerum, 1984).

Cuando se activa el proceso de resistencia para las heladas y el árbol ha pasado de su etapa de una mínima resistencia (verano), a una máxima fortaleza o resistencia (invierno), comienzan los cambios celulares; aumentan los niveles de savia celular con tolerancia a la congelación; la salida de agua desde y hacia las células, se facilita por su incremento en las membranas celulares y en el citoplasma (Glerum, 1984).

La mayoría de las investigaciones han relacionado el fenómeno de frío resistencia con cambios bioquímicos que ocurren durante el período de endurecimiento y ablandamiento en las plantas. Los constituyentes celulares han sido analizados en uno y otro momento respecto a posibles implicancias en el proceso de endurecimiento. A pesar de todas las investigaciones en esta área, existe muy poco consenso en el significado de estos cambios bioquímicos (Alden y Hermann, 1971; Heber y Santarius, 1973; Levitt, 1980; citados por Glerum 1984).



Steponkus (1978), citado por Warrington y Rook (1980) y Glerum (1984), entrega varias razones para el gran dilema de la dureza para helada; señala que existen numerosos cambios bioquímicos además de que "es un proceso fisiológico complejo", que depende de varios factores o procesos, como la fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, además de la reserva de alimentos. Alden y Hermann (1971), Steponkus (1978), citados por Warrington y Rook (1980), se refieren al tema señalando que en el pasado se realizaron diversos intentos para una caracterización morfológica ó bioquímica de manera de poder correlacionar con la resistencia al frío de la planta, pero ninguno ha sido digno de confianza.

El proceso de endurecimiento se puede dividir en dos o tres etapas. Una primera que comienza a principios de otoño, con la disminución del fotoperíodo, a pesar de que la temperatura ambiente aún es cálida y las noches son frías. Se asocia a un cese del crecimiento y brotación terminal; se inicia el letargo o reposo, y en el caso de especies caducas, al comienzo de la coloración otoñal; en este estado las resistencias al frío o el endurecimiento son moderadas. Luego, comienza a incrementar su sensibilidad a la temperatura en puntos cercanos o justo bajo el punto de congelación. Se inicia la segunda etapa en la que ocurre un gran incremento a la resistencia a la helada (Glerum, 1984).

La tercera etapa, es inducida por temperaturas de  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $-50^{\circ}\text{C}$ , y sólo especies muy fuertes pueden llegar a esta (Sakai, 1965; citado por Glerum, 1984). Además este tipo de endurecimiento se pierde rápidamente (Weiser, 1970, citado por Glerum, 1984).

Levitt (1972, 1980), citado por Glerum (1984) manifiesta no estar de acuerdo con este procedimiento de etapas de endurecimiento, ya que éstas pueden ser inducidas, en la forma y cantidad que uno desee, mediante tratamientos graduados.

Entre los diferentes tejidos existe una gran diferencia en relación al endurecimiento a las heladas. Es así, que las partes reproductivas, generalmente, son varios grados menos resistentes en comparación al tallo y hojas nuevas (Larcher, 1973, citado por Glerum, 1984).

Al momento de la congelación el xilema es más sensible en comparación al cambium, ya que éste, al estar un poco menos activo posee un grado de insensibilidad; en cambio el floema es menos sensible que el xilema (Glerum y Farrar, 1966, citados por Glerum, 1984). Estas diferencias hacen difícil la medición del endurecimiento o grado de sensibilidad de un árbol, es por esto que Larcher (1968), citado por Glerum, (1984), sugiere que las pruebas de endurecimiento a la helada sean realizadas uniformemente.

La mayor diferencia de resistencia al frío esta entre las raíces y la parte aérea de las plantas. Las raíces son significativamente menos resistentes que las partes aéreas del árbol, cuando la temperatura es cercana a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Steponkus et al., 1976, citado por Glerum, 1984). Así mismo Chandler (1957), Pellet y White (1969), Wiener (1970), citados por Pellet (1971) y Havis (1976), citado por Ritchie (1984), realizaron estudios relacionados con el manejo radicular, en donde demuestran que el sistema radicular de una planta es considerablemente menos resistente al frío que el tejido vascular de la misma, a iguales condiciones de temperatura. Gómez (1985), señala que la influencia de la temperatura del suelo en el desarrollo de la planta no está suficientemente estudiada, pero se sabe que una temperatura cercana a los 2 grados Celsius en la zona radicular, origina marchitamiento y clorosis por cuanto impide la absorción del agua y nutrientes desde el suelo.

#### 2.4.1 Tipos de Congelación.

En las plantas existen dos tipos de congelación:

a) Congelación Intracelular: Congelamiento del agua dentro de la célula; es considerada como letal (Manzur, 1977; Lyon et al., 1979; citados por Glerum, 1984), a pesar de la resistencia que posea la planta. Se produce por un rápido

descenso de la temperatura ambiente, alrededor de 10 °C/minuto. Es un fenómeno poco frecuente, en condiciones naturales, por lo que no es preocupante.

b) Congelación Intercelular: Corresponde a agua que se congela fuera de la célula en los espacios intercelulares. Si la temperatura desciende en el orden de 1 a 6 °C/hora, ocurre este tipo de congelación, que puede o no ser letal, dependiendo exclusivamente de la robustez de la planta. Es más preocupante por su facilidad de ocurrencia (Manzur, 1977; Lyon et al, 1979; citados por Glerum, 1984).

Si la temperatura baja del punto de congelación (0 °C), el agua entre las células se congelará primero, formando cristales de hielo. En condiciones naturales, un enfriamiento ocurrirá a los -7 °C, siguiendo la formación inicial de cristales de hielo. El agua de las células se desplaza hacia los cristales en formación, causando una disminución al tamaño de éstos, mientras que el agua remanente dentro de las células se mantiene sin helar. Es esta deshidratación de la célula la que se considera como causa fundamental en los daños por heladas. En este proceso se distinguen los siguientes pasos (Glerum, 1984):

1. Disminución del volumen celular y superficial.
2. Incremento de la concentración de sustancias disueltas en la célula.

3. Cambios en el pH de la savia celular, causada por la precipitación de las sales.
4. Remoción de aguas de hidratación de las macromoléculas (Lyon et al, 1979, citados por Glerum, 1984).

Los científicos y especialistas, por muchos años, pensaron que esta deshidratación era la causa de los daños por heladas (Steponkus, 1978, citado por Glerum, 1984), ahora en cambio, se acepta, en forma general, que el efecto primario de las heladas se debe a la ruptura de las membranas (Lyon et al, 1979; Steponkus, 1984, citados por Glerum, 1984).

La formación de hielo ocurrirá en tejidos robustos o no, lógicamente estos tendrán una mejor supervivencia. La planta robusta protegerá todas las membranas celulares de los efectos producidos por el congelamiento. Estudios realizados al respecto por Warrington y Rook (1980), lograron determinar que cuando se forma hielo en tejidos sobrecongelados, éstos forman cristales muy rápidamente y son más dañinos que en los que el hielo se forma lentamente, asociado con poco o nada de sobrecongelado (Levitt, 1972, citado por Warrington y Rook, 1980); es así que plantas sometidas a congelación con hielo superan notablemente el sobrecongelado durante las pruebas artificiales (Warrington y Rook, 1980).

Esta resistencia al daño está ligada a la habilidad del protoplasma a tolerar el frío y a la efectividad del mecanismo que previene o retrasa el daño (Larcher, 1973, citado por Glerum, 1984).

#### 2.4.2 Efectos de la Congelación sobre las plantas.

Las especies de climas templados, para poder sobrevivir deben tener un potencial genético tal, que debe ser estimulado por ciertos factores ambientales tales como temperatura, luz, humedad y nutrientes, antes de poder expresarse (Van Den Driessche, 1968).

Los investigadores señalan que los principales factores que estimulan el proceso de endurecimiento o de resistencia al frío son la temperatura y la luz. Al respecto, disminuciones de la temperatura se acompañan de incrementos en la resistencia a las heladas, y los aumentos en las temperaturas, se acompañan por disminución en la resistencia. La luz, referida al acortamiento estacional del fotoperíodo, se asocia con un incremento a la resistencia de heladas, mientras que la prolongación se asocia con una disminución; (Levitt, 1956, 1972, 1980, citado por Glerum, 1984).

A medida que los fotoperíodos se acortan, hay una disminución de la elongación en los brotes y formación de yemas, que a su vez, influyen en el proceso de resistencia al frío

(Glerum, 1984).

La luz es necesaria durante el período de endurecimiento, debido a que la fotosíntesis provee, en forma efectiva, las sustancias alimenticias suficientes para el crecimiento y reserva de alimento necesarias para su desarrollo al año siguiente (Glerum, 1984).

La humedad es un factor decisivo en la resistencia a las heladas, a pesar de ser un factor indirecto. La robustez puede aumentarse por una disminución gradual de agua en el verano, pero este incremento, es más un resultado de un cese de crecimiento que de una reducción del abastecimiento de agua (Frazer y Farrar, 1957, citados por Glerum, 1984; Lavander y otros (1968), citados por Blake et al, 1979). Por ejemplo, para pino oregón (Pseudotsuga mensiessi) la deshidratación aparentemente no mejora la resistencia al frío cuando se produce inmediatamente antes de helarse (Blake et al, 1979).

Van Den Driessche (1968), encontró que la tensión de humedad aplicada en días cortos (8 y 12 horas), en realidad hacían decrecer la dureza o resistencia; mientras que la tensión bajo días largos, no mostraba efectos medibles inmediatamente después. Al mismo tiempo Timmis y Tanaka (1976a), citados por Glerum (1984), descubrieron que una tensión moderada durante días largos, (16 horas), mejora,

significativamente la resistencia al frío pero un tratamiento severo de tensión es perjudicial, cuando ambos tratamientos son seguidos por un período de inducción de días cortos.

Frazer y Farrar, (1957), citados por Glerum (1984), estimaron que una sequía en los meses de verano tendría un efecto perjudicial en la robustez. En consecuencia, deberían tratar de evitarse tensiones producidas por cualquier motivo, puesto que interfieren con el proceso de endurecimiento a las heladas.

Un adecuado abastecimiento de nutrientes en las plantas incrementa su resistencia a las heladas (Glerum, 1984). Las plantas, en su mayoría, siempre invernan mejor en tierras fértiles, que estén cultivadas y fertilizadas adecuadamente en comparación a tierras que estén pobremente cultivadas y no fertilizadas, (Vasil'yev, 1956, citado por Glerum, 1984). En general, el efecto de los nutrientes sobre la resistencia al frío es algo ambiguo, así por ejemplo, el nitrógeno reduce la dureza ó evita que la planta se transforme en resistente; mientras que potasio y fósforo incrementan la dureza (Levitt, 1956, citado por Glerum, 1984).

A pesar de haber muchas observaciones que sostienen esta generalización, también existen otras que no lo hacen



( e.g. Aronsson, 1980, Christersson, 1973, 1975; Levitt, 1980, citados por Glerum, 1984).

Esta gran gama de resultados contradictorios en estudios nutricionales se deben, en gran parte, al hecho que los nutrientes estimulan o reducen el promedio de crecimiento, afectando por lo tanto, la resistencia a las heladas en forma directa.

El nitrógeno promueve el crecimiento, cuando es aplicado al término del período vegetativo prolonga el proceso haciendo que la planta esté menos resistente a las heladas. Sin embargo, también puede mejorar la dureza cuando es aplicado después de la floración (Colombo y Glerum, 1983, citados por Glerum 1984).

El potasio y fósforo pueden ayudar en la cesación de crecimiento y desarrollo de brote (Colombo y Glerum, 1983, citados por Glerum 1984). Además Devlin (1980) señala que el potasio aumenta la viscosidad de la savia de la planta, bajándole de esta manera el punto de congelación, aumentando por lo tanto su resistencia al frío.

Se debe tener claro que lo más importante son las cantidades de nutrientes, la relación proporcional entre ellos y el momento de su aplicación (Glerum, 1984).

### 2.4.3 Formas de evaluación de la resistencia al frío.

Los estudios realizados para la determinación de resistencia al frío, no sólo debieran identificar los tipos más resistentes, sino también los niveles de bajas temperaturas que pueden ser tolerados a fin de poder proporcionar las plantas más apropiadas a los sitios con un alto potencial a sufrir heladas. Básicamente, el objetivo del endurecimiento por frío es verificar que el tratamiento cultural que se está aplicando esté produciendo los resultados deseados (Rietveld and Tinus, 1987).

#### 2.4.3.1 Temperatura Letal.

La resistencia al frío se puede definir de dos formas:

a) Como el punto de temperatura mas baja, después del punto de congelación, al cual puede estar expuesta una planta sin sufrir daño alguno.

b) Como la temperatura mínima a la cual el 50 % de las plantas mueren, expresándose como Temperatura Letal, cuya simbología es LT 50 (Glerum, 1984).

Si se desea comprobar a que temperatura mínima puede llegar una planta sin que ocurran daños, lo más adecuado sería usar como definición la primera. En cambio, si lo que se pretende es llegar a determinar la temperatura a la cual

ocurre un daño del 10 o del 50 %, lógicamente la segunda definición es la más apropiada.

Se debe considerar el fenómeno que permite que un árbol aumente o disminuya su resistencia al frío. A éste se le llama proceso de "endurecimiento o aclimatación al frío, aclimatización o resistencia al invierno" (Glerum,1984).

Larcher (1973), citado por Glerum (1984), expresó la resistencia, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{RESISTENCIA} = \text{ANULACION} + \text{TOLERANCIA}$$

Donde anulación se entiende como la acción de "evitar que suceda".

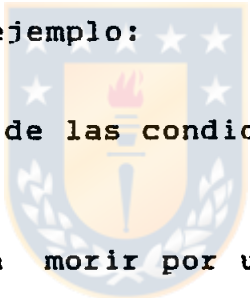
La tolerancia a la helada, depende directamente de la capacidad que posean los tejidos, posterior al proceso de adaptación que ocurre dentro del protoplasma, como respuesta a las condiciones ambientales, en las cuales se ha desarrollado la planta.

#### 2.4.3.2 Pruebas de daño ó de viabilidad.

Estan basadas en las funciones metabólicas y enzimáticas, comprobando si éstas, han sido o no deterioradas, si las membranas de las células han perdido su estructura, ya

sea mediante la pérdida de la permeabilidad selectiva del protoplasma dañado (Timmis, 1976a; citado por Glerum, 1984).

Un método sencillo es evaluar los daños mediante estudios de terreno. Para esto se utilizan lugares diferentes, de manera tal que las plantas puedan endurecerse de acuerdo a las condiciones que le permita el sitio. Las evaluaciones de las respuestas a la baja temperatura se realizan directamente en terreno, una vez que ocurra la helada. Este método, descrito por Warrington y Rook (1980), presenta dificultades como por ejemplo:

- 
- a) Falta de predicción de las condiciones del terreno.
  - b) Las plantas pueden morir por una helada anormal como también pasar todo el invierno sin sufrir ningún daño. Los ensayos se deben mantener por años.
  - c) Es difícil determinar con exactitud el tipo de helada al que han estado expuestas las plantas.
  - d) Dificultad de ubicar un sitio extenso con condiciones homogéneas.

e) Pequeñas variaciones del micrositio pueden producir grandes diferencias en las condiciones naturales de heladas.

#### 2.4.3.3 Conductividad electrolítica.

Cuando los tejidos se hieren, los electrolitos aparecen en el citoplasma acuoso, moviéndose en forma libre al aplicárseles agua. La cantidad de electrolitos que se mueven fuera del tejido, es proporcional a la severidad de la herida.

Según Glerum (1984), este proceso fue desarrollado por Dexter et al (1930, 1932); también por Wilner (1962); posteriormente fue mejorado por Flint et al (1967) otorgándole una escala de manera de poder expresar el derrame de electrolitos en porcentaje; este mismo trabajo es detallado en pino oregón (Pseudotsuga mensiessi) por Van Den Driessche en 1968.

#### 2.4.3.4 Impedancia eléctrica.

Este método, descrito por Van Den Driessche (1968) y por Glerum (1984), consiste en tomar medidas mediante un puente de impedancia de 1 kilohertz (khz), antes de exponer la planta o parte de ella a temperatura de congelación. El

daño será representado mediante cifras menores, en un 50% a 80%, a las presentadas antes de la exposición al frío; por el contrario, cuando las cifras son un poco mas altas, iguales o menores, quiere decir que no ha ocurrido daño.

Las medidas son tomadas en el tallo, sobre el cuello de la raíz, debido a que si se presenta una cifra que indica daño, se tiene la seguridad de que la planta no podrá sobrevivir.

#### 2.4.3.5. Estudios en ambientes controlados.

Muchas de las formas de evaluación conocidas pueden utilizarse tanto para pruebas en terreno como también en las que se realizan en ambientes tales que permitan producir heladas predecibles para una mejor y mas rápida evaluación. Warrington y Rook (1980), detallan algunos de estos métodos en ambientes controlados.

##### 2.4.3.5.1 Unidades de laboratorio.

Consiste en congeladores o gabinetes refrigerados programables, de manera que la temperatura sea fácil de controlar, además de la duración del período de exposición al frío. Con el tiempo se les fueron incorporando tecnología para acercarse más a la realidad; es así que Gusta et al (1978), citados por Warrington y Rook (1980),

incorporó una placa de aluminio para solucionar problemas de variación térmica.

#### 2.4.3.5.2 Unidades de terreno.

Son similares a las anteriormente descritas pero adecuadas a condiciones de terreno. Reid et al (1976), citados por Warrington y Rook (1980) y Rietveld et al (1987) describen un gabinete de congelado sencillo, transportable, con un controlador programable. El tamaño de la cámara era de 0,83 m<sup>3</sup>, ideal para parcelas pequeñas de trabajo. Wiltbank y Rouse (1973), citados por Warrington y Rook (1980), describen una cámara pequeña transportable diseñada para determinar puntos de congelado en hojas de citrus sp.

#### 2.4.3.5.3 Cámaras de ambiente controlado para proporcionar tipos específicos de heladas.

Fueron creadas para reproducir heladas más confiables. Son principalmente de dos tipos: cámaras de heladas por radiación y cámaras de heladas advectiva. Las heladas por radiación son aquellas en las cuales el calor es radiado desde la superficie de la tierra, mientras que las advectivas son las causadas por el movimiento de las masas de aire (Sarazola, 1975).

Las primeras (radiación), pulverizan nitrógeno líquido por medio de un tubo perforado. Las advectivas incorporan un descongelado secuencial de serpentín evaporador múltiple y descongelado automático, de esta forma permite condiciones de baja temperatura muy prolongadas sin pérdida de control.





### III MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1 Descripción del Estudio y Ensayos.

##### 3.1.1 Lugar del estudio.

El estudio fué realizado en dos etapas; la primera consistió en extraer y trasplantar plantas de Eucalyptus globulus Labill. a bolsas de polietileno para su posterior introducción a una cámara de frío. En una segunda etapa se pusieron las plantas, ya expuestas al frío, en condiciones similares a las naturales en terreno. El ensayo se realizó en el Laboratorio de Semillas y Plantas y el Vivero Experimental de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción en Chillán.

##### 3.1.2 El Estudio y los Ensayos.

El estudio consistió en exponer, a fines del período de receso vegetativo, a 8 tipos de plantas de Eucalyptus globulus Labill., con diferentes esquemas de manejo en vivero (Tabla 1) a 4 temperaturas bajo los 0 grados Celsius por un período de 3 horas cada uno. Para aplicar el frío se utilizó una cámara de enfriamiento por placas que simula una helada mixta, esta es una combinación de helada advectiva y de radiación.

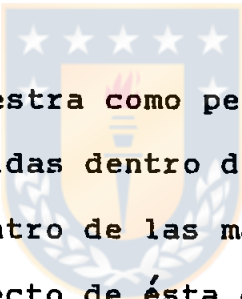
La cámara de frío es de fabricación nacional, con dimensiones de 2 X 2 X 2m, aproximadamente. En su interior tiene un termómetro graduado y un medidor de humedad relativa, la temperatura mínima capaz de alcanzar es de -20 °C. En todo su interior posee planchas de aluminio, además de placas que regulan su temperatura y que representan una helada del tipo mixta. También está provista de un termostato que detiene el proceso de enfriamiento automáticamente al llegar a la temperatura programada.

Las Temperaturas utilizadas fueron: -3 grados Celsius, -5 grados Celsius, -8 grados Celsius y -12 grados Celsius. El tiempo de exposición a cada una de estas temperaturas fué de aproximadamente 3 horas, para posteriormente realizar su evaluación durante los días y semanas siguientes. Se efectuaron 4 repeticiones para las 4 temperaturas.

TABLA 1. TIPOS DE PLANTAS DE Eucalytus globulus Labill. SEGUN ACONDICIONAMIENTOS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO.

Tipo Planta	Tratamientos en Vivero			
1	Con Manejo Rad.	+ Fertil.Normal	+ Con	Manejo Tallo
2	Con Manejo Rad.	+ Fertil.Normal	+ Sin	Manejo Tallo
3	Con Manejo Rad.	+ Fertil.Tardia	+ Con	Manejo Tallo
4	Con Manejo Rad.	+ Fertil.Tardia	+ Sin	Manejo Tallo
5	Sin Manejo Rad.	+ Fertil.Normal	+ Con	Manejo Tallo
6	Sin Manejo Rad.	+ Fertil.Normal	+ Sin	Manejo Tallo
7	Sin Manejo Rad.	+ Fertil.Tardia	+ Con	Manejo Tallo
8	Sin Manejo Rad.	+ Fertil.Tardia	+ Sin	Manejo Tallo

El método utilizado para la evaluación, fué el de plantas enteras, descrito por Glerum (1973). Este consiste en exponer a la planta a temperaturas bajo los cero grados Celsius durante un período determinado, para posteriormente evaluar el daño en forma visual, caracterizando éste en notas para ápice, hojas y tallo. Cada combinatoria de daños dan lugar a una evaluación a tres cifras que se puede transformar a una cifra mediante una escala establecida por Cauvin (1989), (Apéndice 1); esta evaluación dá origen a nueve notas y por lo tanto a nueve combinaciones diferentes para evaluar los distintos niveles de daño.



En la figura 1 se muestra como permanecieron las plantas cuando fueron introducidas dentro de la cámara de frío, las bolsas se colocaron dentro de las macetas de aislapol, para evitar el contacto directo de ésta con la superficie de la cámara.

La literatura no señala métodos específicos para poder aislar en forma óptima las partes más sensibles de la planta, solo hace mención de la sensibilidad que tienen las raíces a la exposición al frío.

La técnica consistía en poner las plantas en la cámara, dentro de macetas aislantes para posteriormente taparlas con aserrín hasta la parte superior de la bolsa (Figura 2). Para comprobar la efectividad de este procedimiento se midió la temperatura del suelo y se comprobó que no bajó los 4 °C.



Figura 1. Protección del sistema radicular de las plantas en la cámara de frío, utilizando aserrín y macetas aislantes.

### 3.1.3 Diseño Experimental.

Se utilizó un diseño de parcelas divididas, con bloques completos al azar (Little y Hills, 1978), donde las

parcelas principales fueron los diferentes niveles de temperatura (4) y las sub-parcelas los diferentes tipos de plantas (8), los bloques estan dados por el número de repeticiones (4).

### 3.1.4 Tratamientos.

Se utilizaron 4 tratamientos, correspondientes a las 4 temperaturas, aplicadas a los 8 tipos de plantas o subtratamientos, la unidad muestral es de 5 plantas, dando un total de 40 plantas por tratamiento (Tabla 2). El número de repeticiones fue de cuatro (4), por lo que el total de plantas utilizadas en el ensayo fue de 640 plantas.

TABLA 2. TRATAMIENTOS Y NUMERO PARCIAL Y TOTAL DE PLANTAS DE Eucalyptus globulus Labill. CON DISTINTOS ACONDICIONAMIENTOS EN VIVERO, UTILIZADAS EN ENSAYOS DE RESISTENCIA AL FRIO.

TRATAMIENTOS	SUB-TRATAMIENTOS								Repetic.	TOTAL
	Tipos de plantas									
	1	2	3	4	5	6	7	8		
- 3 °C	5	5	5	5	5	5	5	5	4	= 160
- 5 °C	5	5	5	5	5	5	5	5	4	= 160
- 8 °C	5	5	5	5	5	5	5	5	4	= 160
-12 °C	5	5	5	5	5	5	5	5	4	= 160
<b>TOTAL.</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>= 640</b>

### 3.2 Tipos de Plantas.

Las plantas utilizadas fueron producidas a raíz desnuda en el Vivero de la Facultad de Ciencias Forestales, de la Universidad de Concepción, Campus Chillán. Durante la etapa de cultivo tuvieron diferentes tratamientos de manejo, o acondicionamiento, tales como: aplicación de diferentes esquemas de fertilización, manejo radicular y de tallo (Tabla 1).

Los esquemas de fertilización estuvieron dados por la época de término de la fertilización nitrogenada; en un caso hasta mediados de verano (Fertilización Normal), y en el otro, inicio de otoño (Fertilización Tardía).

El manejo radicular estuvo referido a plantas con y sin poda y con descalce de raíces, el manejo de tallo se refiere a poda de ramas laterales y de tallo, esto en el caso de plantas manejadas, mientras que las no manejadas su parte aérea no fue alterada.

#### 3.2.1 Caracterización de las plantas.

##### 3.2.1.1 Tamaño y desarrollo de las plantas seleccionadas.

Las plantas fueron seleccionadas en forma aleatoria, de 4 platabandas con los tratamientos en vivero antes descritos;

se seleccionaron 25 plantas de 9 meses de edad cada parcela, obteniendo mas de las requeridas para preveer la mortalidad debido al "schock de trasplante", el cual era muy factible debido a la epoca en que se realizó esta labor (Agosto-Septiembre).

En cuanto al desarrollo exigido para la selección de la plántula, se consideró un desarrollo medio, que correspondió aproximadamente a plántulas de 80 cm de altura para las sin manejo de tallo, con un diámetro de cuello sobre los 7 mm. Esta última condición se tomó también para las con manejo de tallo, pues en cuanto a su altura no existía una mayor diferencia entre las del mismo tratamiento, cercana a los 35 cm..

Se tuvo especial cuidado en que las plantas utilizadas no presentaran sintomas de daños bióticos y abióticos

### 3.2.2 Evaluaciones.

#### 3.2.2.1 Evaluación del daño (Glerum, 1973 y Cauvin, 1989).

La evaluación de plantas enteras consiste en entregar una puntuacion para cada efecto producido por la baja temperatura. En el Apéndice 1 se especifican las notas para la interacción de daños en tallo, hojas y ápice.

La primera cifra corresponde a la nota por concepto de daño sobre el tallo: Tallo vivo = 1

Tallo necrosado = 2

La segunda cifra corresponde a la nota por daño sobre hojas:

Hojas intactas = 1

1/3 de hojas necroticas = 2

2/3 de hojas necroticas = 3

Totalidad de hojas necroticas = 4

La tercera cifra corresponde a la nota por daño en el ápice:

Apice vivo = 1

Apice necrosado = 2

Los resultados nos entregan una nota 1 para el 111, a tres cifras, para una planta totalmente sana, y una nota 9 para el 242 correspondiente a una planta muerta.

Todas las evaluaciones fueron realizadas con la nota a una cifra (Apéndice 1).

Las evaluaciones comenzaron después de los 7 días de expuestas las plantas al frío y se mantuvieron por 20 días en forma continúa, para posteriormente continuar durante los meses siguientes en forma semanal, de tal manera de poder observar nuevos cambios.



### 3.3 Análisis Estadístico.

#### 3.3.1 Análisis de resultados.

La evaluación de los datos se realizó mediante un análisis de varianza para un diseño de parcelas divididas, con un nivel de significancia del 5%. Al existir diferencias significativas entre tratamientos, estos se identificaron mediante el Test de Tuckey para Comparaciones Múltiples (Steel y Torrie, 1985).

Las plantas que presentaron condiciones de rebrote, en su sección inferior, la cual se protegió para evitar el daño en la raíz, se evaluaron como "plantas muertas".

### 3.5 Ensayo de exposición al frío.

#### 3.5.1 Duración del ensayo.

Las plantas una vez introducidas en la cámara, la cuál se procedía a encender con anterioridad, de manera que la temperatura fuera la establecida para cada tratamiento, permanecían durante 3 horas, después del cual se apagaba y se dejaba que la temperatura interior llegara a la temperatura ambiente, de manera que la velocidad de descongelación fuera lo mínimo posible.

### 3.6 Evaluación.

Una vez que las plantas eran expuestas a la temperatura deseada, durante el tiempo señalado, se procedía a sacarlas de la cámara y llevarlas a temperatura ambiente para estudiar su evolución en las semanas y meses siguientes (Figura 2).

La observación comprendía, hojas, tallo y ápice, para calificarlas según el método antes descrito.

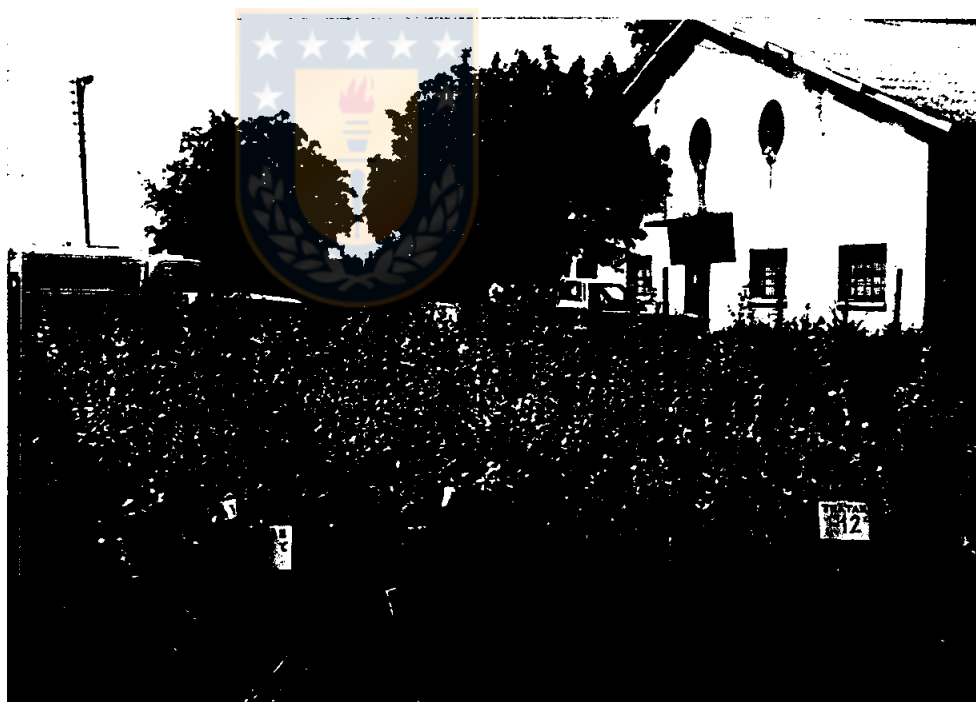


Figura 2. Ambientación posterior a la exposición de temperaturas bajo los cero grados celsius.

## IV RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1 Respuestas de las plantas.

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de plantas de Eucalyptus globulus Labill., 40 días después de haber sido expuestas al frío.

TABLA 3. NOTAS PROMEDIO OBTENIDAS DESPUES DE TRANSCURRIDO UN PERIODO DE 40 DIAS DE LA EXPOSICION A TEMPERATURAS BAJO LOS CERO GRADOS CELSIUS.

TIPO DE PLANTA		TRATAMIENTOS (Temperatura C)			
N	MANEJO	-3	-5	-8	-12
1	CMR/ FN/ CMT	4 a	7 a	9 a	9 a
7	SMR/ FT/ CMT	5 ab	8 a	8 a	9 a
5	SMR/ FN/ CMT	6 bc	7 a	8 a	9 a
4	CMR/ FT/ SMT	6 bc	8 a	8 a	9 a
8	SMR/ FT/ SMT	7 cd	8 a	8 a	9 a
6	SMR/ FN/ SMT	7 cd	8 a	8 a	9 a
2	CMR/ FN/ SMT	8 cd	8 a	8 a	9 a
3	CMR/ FT/ CMT	8 d	8 a	8 a	9 a

En las columnas, distinta letra indica diferencias significativas entre los valores.

Donde CMR = Con Manejo radicular.  
 SMR = Sin " "  
 FT = Fertilización Tardía (Inicio Otoño).  
 FN = " Normal (Verano)  
 CMT = Con Manejo de tallo.  
 SMT = Sin " " " "

Los valores de la tabla 3 muestran que la exposición de plantas a las temperaturas inferiores, generan daños en todos los tipos estudiados. Ello, probablemente, se debe al hecho de que la exposición al frío se hizo cuando las plantas reiniciaban el crecimiento en terreno y por lo tanto, la susceptibilidad al daño por frío era mayor. El período el cual se realizó el ensayo, equivaldría a una helada de primavera para plantas establecidas en plantación; el trasplante a bolsas efectuado asemejaría a una plantación definitiva. Se debe recordar, que en forma natural, las mismas plantas habían soportado temperaturas de hasta  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  sin tener daño (Anexo 3) lo que estaría indicando, que en ese momento, las plantas estaban en pleno período de receso vegetativo y por otro lado, que los distintos esquemas de manejo estaban otorgándoles la resistencia requerida para ese momento.

#### 4.1.1 Exposición a $-3$ grados Celsius.

La temperatura de  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  es la única en que se producen diferencias entre los distintos tipos de plantas, corroborando lo anteriormente dicho, pues esta especie puede resistir temperaturas similares sin mayor problema (Anexo 2).

Los valores de la tabla 3, muestran que la mejor respuesta al frío la tienen las plantas tipo 1 (CMR/FN/CMT) y 7 (SMR/FT/CMT), entre las cuales no hay diferencias

significativas.

Las plantas del tipo 1 (nota a una cifra igual a 4), presentan el tallo vivo (nota 1), 1/3 de hojas necrosadas (nota 2) y ápice necrótico (nota 2); las del tipo 7 (nota a una cifra igual a 5) tienen el tallo vivo (nota 1), 2/3 de hojas necrosadas (nota 3) y el ápice vivo (nota 1); (Ver Apéndice 1). Ambos tipos de plantas tienen en común el esquema de manejo de tallo y difieren en los esquemas de manejo de raíces y fertilización. Ello podría hacer pensar que es el manejo de tallo la labor que mayor resistencia al frío proporciona a las plantas, mas aún si el tratamiento que ocupa el tercer lugar, también coincide con los dos anteriores. El análisis planteado pierde consistencia debido a que el tratamiento que muestra menor resistencia al frío (tratamiento 3) también tiene manejo de tallo. Se podría aventurar que en las plantas con manejo más intensivo (1 y 3) la época en que se finaliza la fertilización es determinante en la resistencia a bajas temperaturas, pero con los antecedentes que aporta el presente estudio no es posible obtener resultados concluyentes al respecto.

Sería interesante analizar el comportamiento de las plantas sometidas a las mismas bajas temperaturas cuando estas se encuentran en pleno receso vegetativo. Probablemente, en este estudio, el echo de que las plantas se expusieron al

frío después de reiniciar su crecimiento sea la explicación a comportamientos, aparentemente erráticos y a que soportan menos temperaturas que las que habían soportado a la intemperie.

Es interesante destacar que de la totalidad de las plantas expuestas a esta temperatura (-3 grados Celsius) el 50% se desarrolló normalmente y el 50% restante fue capaz de rebrotar (Figuras 4 y 5; Apéndices 3 y 4).



Figura 3. Efecto en las plantas de Eucalyptus globulus Labill., 30-40 días después de la exposición a bajas temperaturas.

#### 4.1.2 Exposición a -5, -8 y -12 grados Celsius.

Se debe mencionar la gran incidencia que tuvo la fecha de ejecución del estudio, ya que todas las plantas estuvieron expuestas a temperaturas tan bajas como las del experimento mismo en el período de vivero (Anexo 3), y los comportamientos no fueron iguales.

Esto hace suponer que al momento de comenzar la actividad de crecimiento de las plantas todo el potencial de reserva nutricional lo ocupan para crecer y producir tejido nuevo, pues los resultados así lo demuestran, ya que en el periodo de vivero al estar expuestas a temperaturas tan extremas, el daño para las plantas no fue tan severo (tabla 3).

Los resultados de la Tabla 3 muestran que no existe diferencia estadística entre los distintos tipos de plantas de Eucalyptus globulus Labill., expuestas a la temperatura de -5 grados Celsius, pero sí se puede afirmar que el 100% presentó condiciones favorables de rebrotación (Apéndices 3 y 4), lo que se pudo comprobar en los meses siguientes (Figuras 3 y 4).



Figura 4. Representación del poder de brotación después de 120-150 días de realizado el ensayo de exposición de las plantas de Eucalyptus globulus Labill. a bajas temperaturas.

Todos los acondicionamientos realizados no hicieron que las plantas resistieran en forma destacable la baja temperatura en ese período (helada de primavera), sin embargo es significativo el poder de brotación que presentaron después de un período de 3 a 4 meses, como se observa en las figuras 4 y 5. Es un aspecto importante de considerar para estudios posteriores de este tipo.



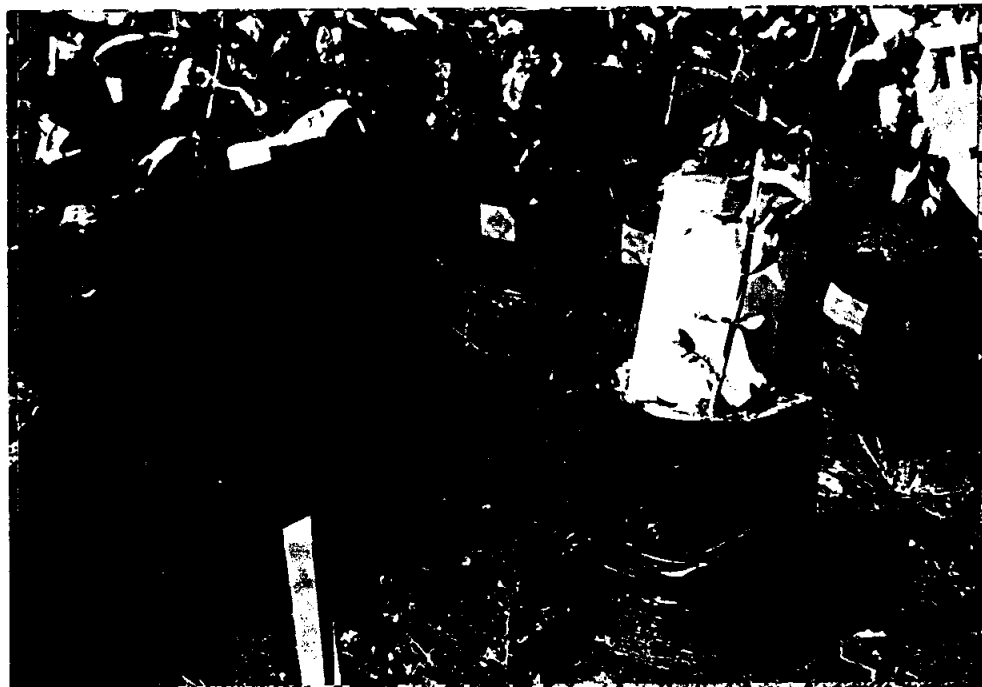


Figura 5. Lugar de la brotación de la planta de *Eucalyptus globulus* Labill., 30-40 días después del ensayo de exposición a las bajas temperaturas.

Para el tratamiento de  $-8$  grados Celsius, tampoco existieron diferencias significativas entre las plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. expuestas a esta temperatura (tabla 1).

En cuanto a la posibilidad de brotar, para este tratamiento el porcentaje varió levemente, llegando a un 87,5 %, lo que se puede observar en los apéndices 3 y 4 y en las figuras 3 y 4; y en forma específica en la figura 5; el porcentaje restante fué calificado como planta totalmente necrótica, o sea no tenía ninguna posibilidad de rebrotación. Se puede afirmar que el alto porcentaje con posibilidad de brotar, así lo hizo, como lo muestran las figuras mencionadas.

Se debe señalar que los brotes de estos tratamientos fueron todos desde la sección no protegida, a partir de secciones aéreas de cada planta.

Para el tratamiento de -12 grados, la necrosis fué total, no existiendo lógicamente diferencias significativas entre los distintos tipos de planta. Cabe hacer notar que todas las plantas de este tratamiento, como se puede observar en la figura 3 y figura 4, rebrotaron vigorosamente, pero esta vez, como lo muestra la figura 7, desde la sección del tallo que fué protegida, sobre la superficie del suelo.



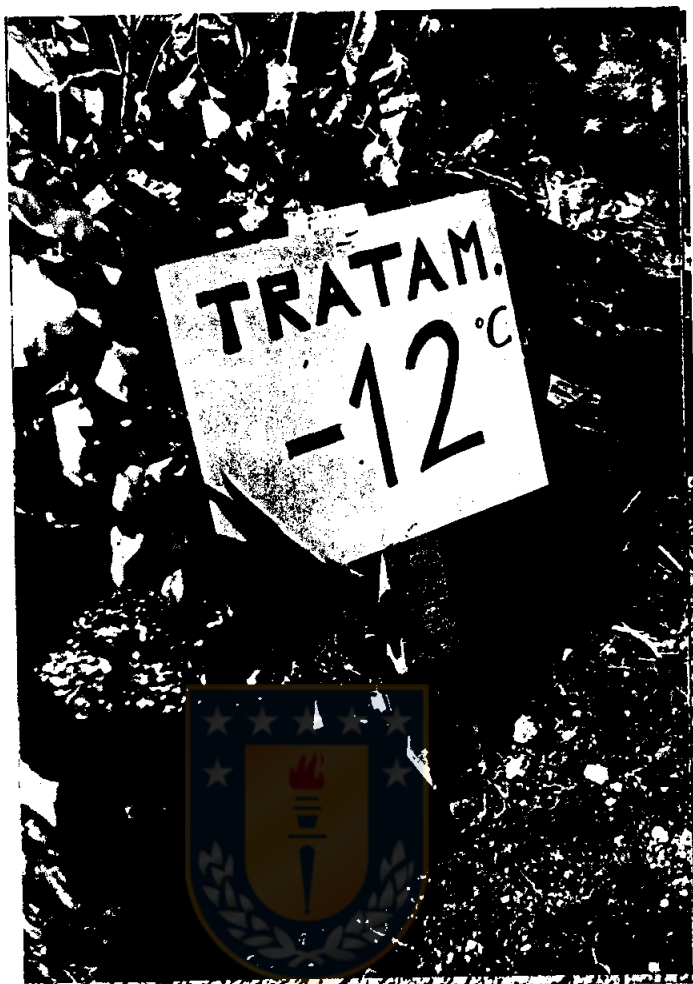


Figura 6. Localización de la brotación en la sección radicular y del cuello, producto de la aislación con aserrín en plantas de Eucalyptus globulus Labill., expuestas a tratamiento de bajas temperaturas.

## V. CONCLUSIONES

- Las plantas con distintos esquemas de manejo en vivero sometidas a -3 grados Celsius muestran una respuesta diferenciada. Desde -5 hasta -12 grados Celsius no hay diferencia en la respuesta.
- Las plantas con daño por frío sometidas a -3, -5 y -8 grados Celsius rebrotan desde el tallo. Las sometidas a -12 grados Celsius desde los lignotuberculos.
- No es posible atribuir a los distintos esquemas de manejo en vivero la respuesta al daño por frío de las plantas.



## RESUMEN.

A plantas de Eucalyptus globulus Labill., producidas a raíz desnuda que habían sido sometidas a 8 esquemas diferentes de manejo en vivero se les expuso, por tres horas, a diferentes temperaturas bajo el punto de congelamiento:  $-3^{\circ}\text{C}$ ,  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-8^{\circ}\text{C}$  y  $-12^{\circ}\text{C}$ , cuando habían reiniciado su crecimiento. Para ello se utilizó una cámara automática de congelación.

Los distintos esquemas de manejo en vivero estaban dados por diferentes condiciones de manejo radicular, con y sin manejo; distintos esquemas de aplicación de fertilización nitrogenada, hasta mediados de verano y hasta inicios de otoño y con y sin manejo de tallo.

Los resultados indican que sólo en la temperatura de  $-3^{\circ}\text{C}$  hubo respuesta diferenciada de las plantas. Desde  $-5^{\circ}\text{C}$  hasta  $-12^{\circ}\text{C}$  no hubo diferencia. Además, en la medida que la temperatura es más baja la capacidad de rebrote de las plantas disminuye.

## SUMMARY

In order to determine the effect of the temperatures under zero C on bare-root Eucalyptus globulus seedlings related to several nursery conditioning schedules, a trial was carried out at the Forestry Faculty of Universidad de Concepción.

The seedlings were exposed to four temperatures: -3 °C, -5 °C, -8 °C and -12 °C during three hours. With this purpose a cold chamber was used. The seedlings conditioning was: root pruning, with wrenchings; shoot pruning and fertilization, with two different N application time in the year (middle of summer and late of summer).

The nursery conditioning schedules did not have effect on the seedlings responses exposed to temperature lower than -5 C. The shoot pruning apparently is the most important factor to fallow the seedlings to increase the frost resistance.

## V BIBLIOGRAFIA.

1. Barros, A. S. 1989a. El género *Eucalyptus*. pp: 3-11.  
En: Eucalyptus, principios de Silvicultura y Manejo. CORFO/INFOR. Santiago, Chile.
2. Barros, A. S. 1989b. Semillas y producción de plantas.  
pp: 15-40. En: Eucalyptus, principios de Silvicultura y Manejo. CORFO/INFOR. Santiago, Chile.
3. Blake, J, S. Hee and J. Zaerr. 1979. Controlled moisture stress to improve cold hardiness and morphology of Douglas-fir seedlings. *Forest Science* 25: 576-582.
4. Cauvin, B. 1989. *Eucalyptus*. Les Test de Resistence Au Froid. *Annales Afocel* 1990.
5. Devlin, M. R. 1980. *Fisiología Vegetal*. Omega. Barcelona, España.
6. Escobar, R. y M. Sánchez 1992. Producción de Plantas Forestales: Algunos Aspectos. Bol. Ext. N° 51. Universidad de Concepción. Depto. Ciencias. For. Chillán, Chile.

7. INFOR. 1993. Estadísticas forestales 1992. Bol. Estad. N° 6. Santiago, Chile.
8. Glerum, C. 1973. Annual trends in frost hardiness and electrical impedance for seven coniferous species. Can. J. Plant Sci. 53: 881-889
9. Glerum, C. 1984. Frost Hardiness of Coniferus seedlings: Principles and applications, In: Duryea, M.L. (Ed). Proceedings, Evaluating seedling quality: Principles, procedures, and predictive abilities of major tests, October 16-18; Corvallis, OR. Corvallis: Oregon State University, Forest Research Laboratory. U.S.A..
10. Gómez, M, 1985. Cultivo de plantas en medios controlados. pp:1-45. En: M. Lachica y C. González (Eds). Nutrición Vegetal: Algunos aspectos químicos y biológicos. Estación Experimental del Zaidin Granada (España)/Universidad de Chile, Fac. Ciencias Quím. y Farmacéuticas. Santiago, Chile.



11. Lamprecht, H, 1990. Silvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas - posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Cooperación Técnica-República Federal de Alemania. Eschborn.
12. Little, M. T. y F. J. Hills. 1978. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Trillas. México.
13. López, J y A. Chueca, 1985. Papel Biológico de los Nutrientes en la planta. pp: 1-45. En: M. Lachica y C. González. (Eds). Nutrición Vegetal: Algunos aspectos químicos y biológicos. Consejo Superior de Inv. Científicas. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
14. Pellett, H. 1971. Comparison of cold hardiness levels of root and stem tissues. 1971. Can. J. Plant Science 51: 193-195.
15. Prado, D. J. A. 1989. Selección de especies y procedencias de Eucalyptus. pp: 42-56. En: Eucalyptus, principios de Silvicultura y Manejo. CORFO/INFOR. Santiago, Chile.

16. Rietveld, W.J and Tinus, R.W. 1987. A simple method for evaluating whole-plant cold hardiness. Tree planters notes. 38: 16-18.
17. Ritchie, G. A. 1984. Assesing seedling quality. pp: 243-260 In: M. L. Duryea and T. Landis (Eds). Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings. Corvallis, OR: Oregon State University, Forest Research Laboratory. U.S.A..
18. Sarazola, A. A. 1975. Efectos de las heladas en las plantas. pp: 3-21. En: Fitopatología, Curso Moderno. Tomo IV Fisiogénicas - Prácticas en Fitopatología. Centro Regional de Ayuda Técnica, AID, México.
19. Van Den Driessche, R. 1968. Measurement of frost hardiness in two year old Douglas fir seedlings. Can. J. Plant Sci. 49: 159-172.
20. Van den Driessche, R. 1984. Soil Fertility in Forest Nurseries. pp: 63-74. In: M. L. Duryea and T. Landis (Eds). Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings. Corvallis, OR: Oregon State University, Forest Research Laboratory. U.S.A..

21. Warrington, I. J. and D. A. Rook. 1980. Evaluation of techniques used in determining frost tolerance of forest planting stock: A review. 10: 116-132.



A P E N D I C E S



**A P E N D I C E 1**

**"CIFRAS DE EVALUACION PARA PROPORCION DE QUEMADO EN PLANTAS  
ENTERAS, DESGLOSADAS EN 1 Y 3 CIFRAS".**

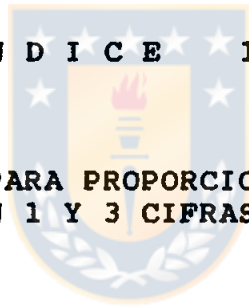


TABLA 1A. CUADRO RESUMEN DE CIFRAS DE EVALUACION PARA PROPORCION DE QUEMADO EN PLANTAS ENTERAS.

Nota de desgaste de frío a 3 cifras	Desgaste observado a 1 cifra	Planta es ...
111	1	Tallo, hojas, ápice vivos Normal
112	2	Tallo y hojas vivo, ápice muerto Normal
121	3	Tallo vivo, 1/3 hojas muertas, ápice vivo Normal
122	4	Tallo vivo, 1/3 hojas muertas, ápice muerto Normal
131	5	Tallo vivo, 2/3 hojas muertas, ápice vivo Normal
132	6	Tallo vivo, 2/3 hojas muertas, ápice muerto Normal
141	7	Tallo vivo, 3/3 hojas muertas, ápice vivo Normal (Existen brotes)
142	8	Tallo vivo, 3/3 hojas muertas, ápice muerto Normal (Existen brotes)
242	9	Tallo muerto, 3/3 hojas muertas, ápice muerto Rechazo

Fuente : B. Cauvin. EUCALYPTUS, Les Test de Resistance Au Froid.

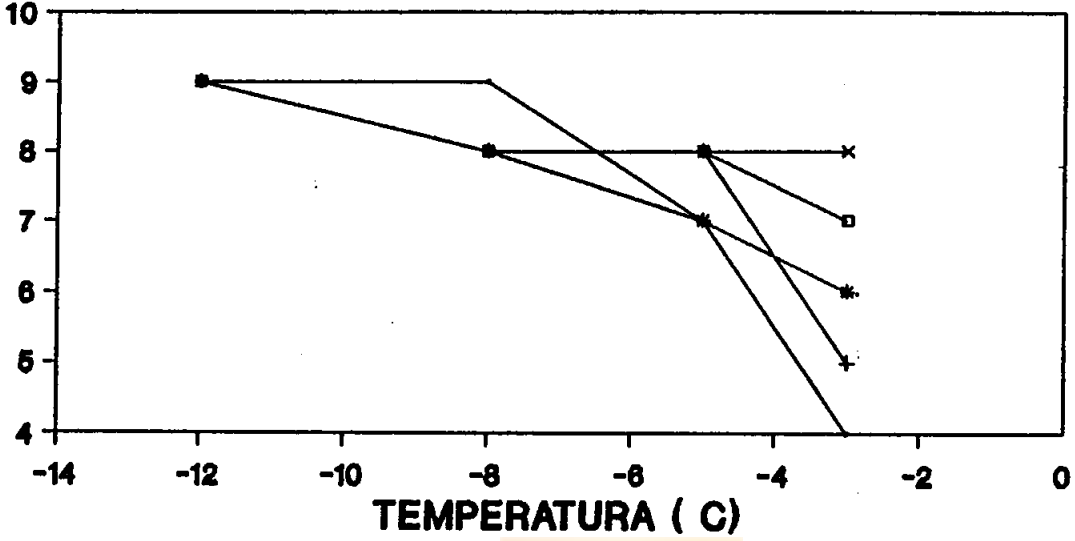
1989.

A P E N D I C E 2

"NOTAS PROMEDIO POR TIPO DE PLANTA, CON EVALUACION A UNA CIFRA".



**NOTAS PROMEDIO**





**A P E N D I C E 3**

**"DISTRIBUCION EN PORCENTAJE PARA CADA NOTA EVALUATIVA A 1  
CIFRA EN CADA TRATAMIENTO".**

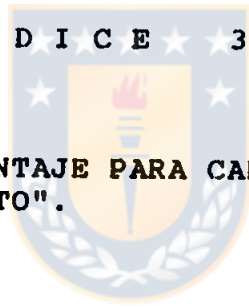


TABLA 2A- DISTRIBUCION PORCENTUAL DE CADA NOTA EVALUATIVA,  
 PRESENTE EN CADA TRATAMIENTO.

Trat.	% C A D A N O T A S								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-3	3,125	3,125	6,250	6,250	12,500	6,250	18,750	28,125	15,625
-5	-	-	-	3,125	3,125	-	9,375	78,125	6,250
-8	-	-	-	-	-	-	-	90,625	9,375
-12	-	-	-	-	-	-	-	3,125	96,875



A P E N D I C E 4



"DISTRIBUCION  
TRATAMIENTO".

PORCENTUAL DE LAS NOTAS PARA CADA

# PORCENTAJES

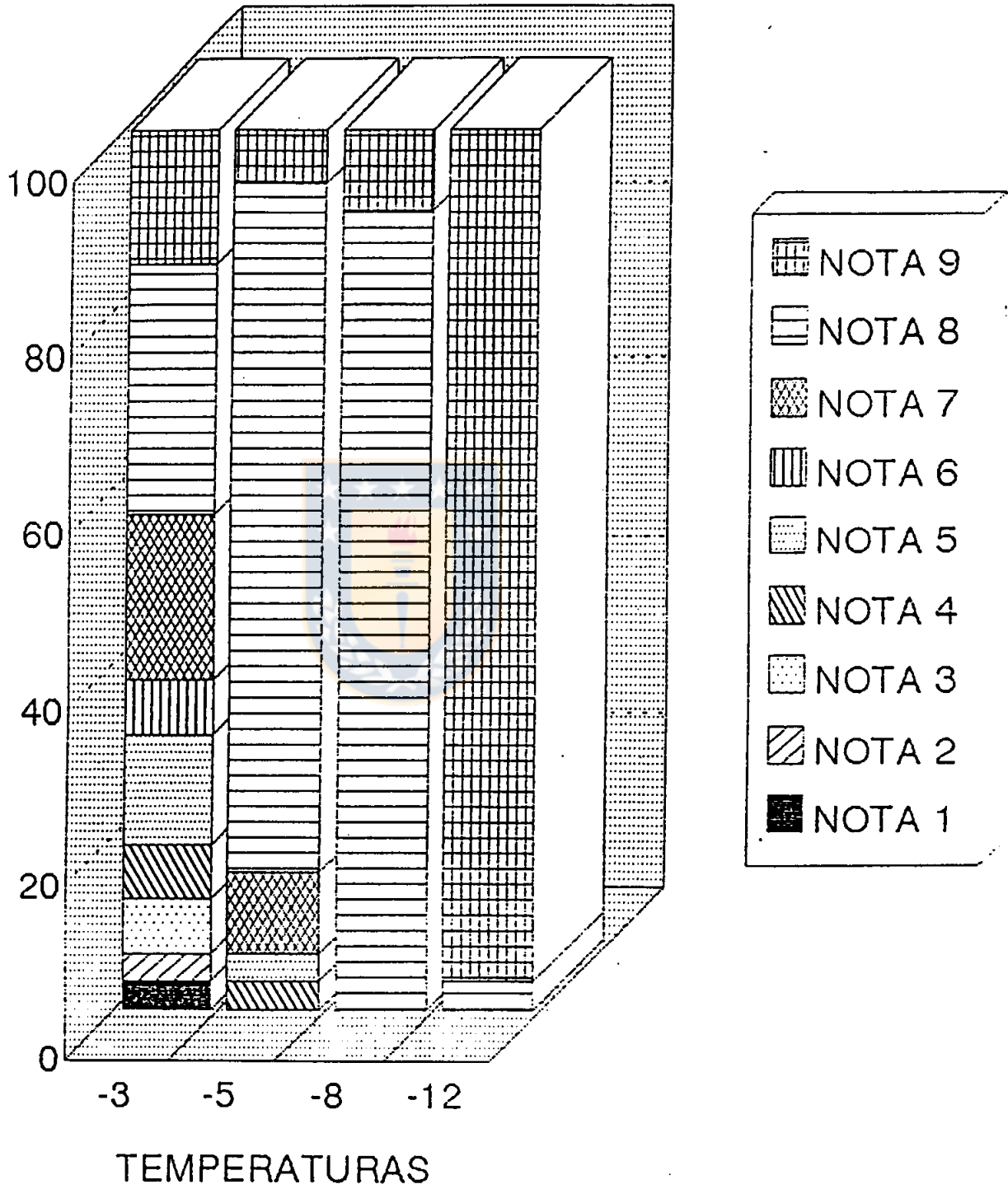


Figura 2A. Distribución porcentual de las notas para cada uno de los tratamientos.

**A N E**



**X O S**

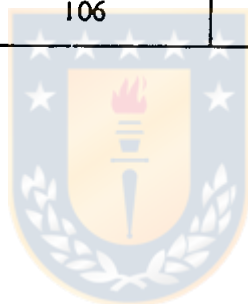
A N E X O \* \* 1

"AREAS DE DISTRIBUCION NATURAL DE LAS SUB-ESPECIES DE  
Eucalyptus globulus, CON SU CARACTERIZACION  
CLIMATICA", SEGUN FAO 1979.



CUADRO 1B. Caracterización climática de las áreas de distribución natural de las sub-especies de Eucalyptus globulus, según FAO (1979); citado por Lamprecht, (1990).

<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>subsp. bicoscata</i>	<i>subsp. globulus</i>	<i>subsp. maidenii</i>
Distribución latitudinal	31° – 41°S	38,5 – 43,5°S	34 – 39°S
Distribución altitudinal (m)	30 – 1000	0 – 330	230 – 915
PP <sub>a</sub> (mm)	750 – 1250	500 – 1500	750 – 1500
Número de meses secos	3	hasta 3	3
T media Máx. del mes más caliente (°C)	21 – 27	18 – 23	21 – 25
T media Mín. del mes más frío (°C)	2 – 7	4	5
Nº de días con heladas/año	25 – 40	0 – 5	20 – 120
Altura del árbol (m)	hasta 40	45 – 55	60 – 70
Semillas viables/g	106	70	110



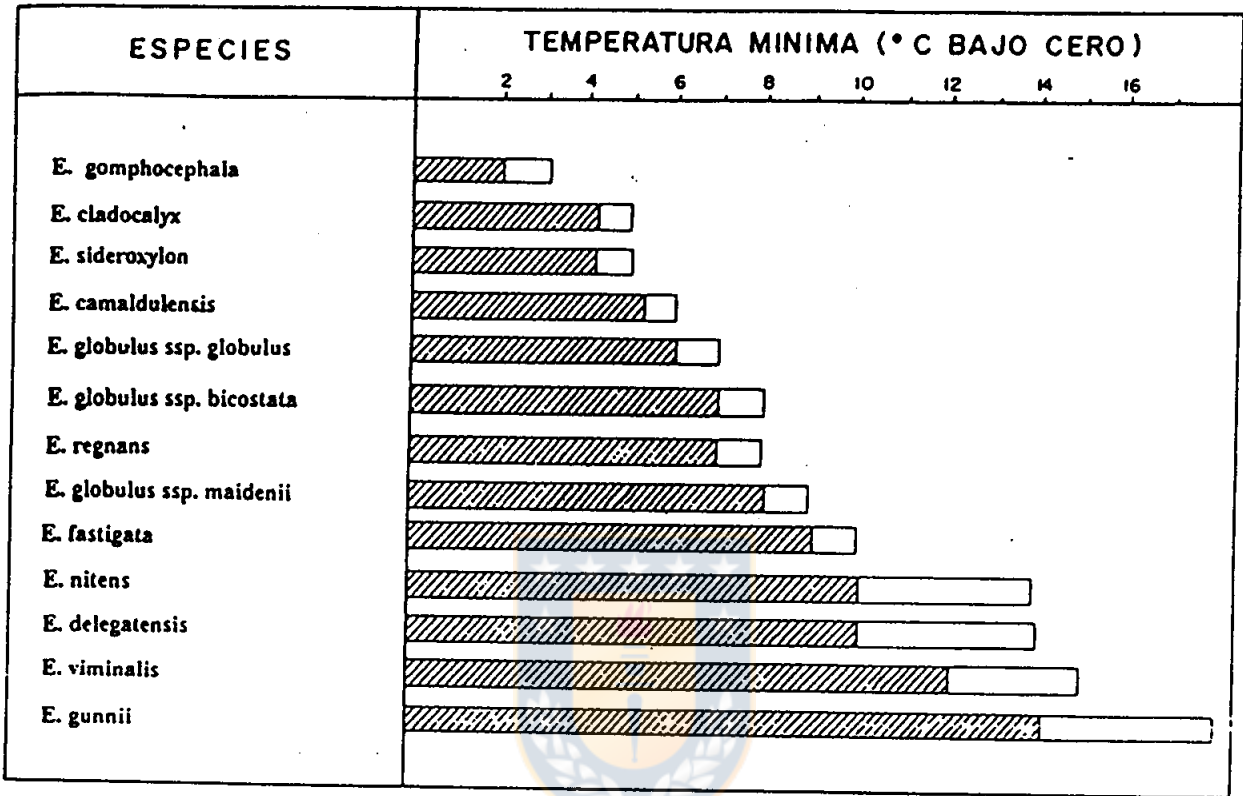
A N E X O ★ ★ 2

"ESCALAS DE RESISTENCIAS AL FRIO DE DIFERENTES ESPECIES DEL  
GENERO Eucalyptus".





GRAFICO 1B. Especies Recomendadas según Resistencia al Frío



□ Temperatura mínima invernal; puede provocar daños leves a intensos.

▨ Temperatura mínima invernal; puede provocar daños severos a muy severos, aunque sin matar la planta. Más allá de este rango la planta moriría.

**A N E X O 3**

**"TEMPERATURAS MINIMAS DEL AMBIENTE Y A NIVEL DE PASTO ENTRE  
LOS DIAS 12 DE MAYO DE 1992 Y 19 DE OCTUBRE DEL MISMO AÑO."**



TABLA 3B. TEMPERATURAS MINIMAS DE AMBIENTE Y A NIVEL DE PASTO, COMPRENDIDAS ENTRE EL 12/5/92 Y EL 19/10/92. (ESTACION AGROMETEREOLOGICA, UNIVERSIDAD DE CONCEPCION CAMPUS CHILLAN).

Día	Mes	Temp. Amb.	Temp. Pasto.
12	Mayo	0,6	-3,5 (*)
13	"	4,4	-1,5
18	"	2,5	-3,0 (*)
19	"	-1,3	-6,0 (*)
23	"	4,6	-1,4
26	"	4,3	-1,2
27	"	-1,8	-8,2 (*)
28	"	-2,3	-6,5 (*)
4	Junio	3,4	-2,5
15	"	2,0	-1,8
21	"	2,2	-2,3 (*)
22	"	3,9	-0,9
25	"	2,0	-3,0
26	"	-1,0	-5,4 (*)
27	"	-1,0	-6,5 (*)
28	"	-1,6	-7,4 (*)
29	"	-2,5	-9,0 (*)
30	"	-1,8	-7,3 (*)
El Día 20 de Junio hubo Granizo a las 14:00 hrs.			
4	Julio	1,6	-2,3 (*)
5	"	-0,3	-4,6 (*)
6	"	-3,5	-8,0 (*)
7	"	2,2	-4,0
8	"	5,1	-1,2
12	"	2,2	-2,8
13	"	2,8	-0,4
14	"	-1,9	-9,0 (*)
15	"	-0,5	-5,5 (*)
17	"	0,7	-4,5 (*)
18	"	3,4	-3,5
19	"	1,4	-1,2
21	"	-0,5	-8,0 (*)
22	"	-2,5	-9,2 (*)
23	"	-1,4	-8,2 (*)
24	"	0,5	-2,7
26	"	-1,8	-8,0 (*)
27	"	1,4	-4,2
28	"	4,6	-1,0
30	"	-1,2	-6,2 (*)
31	"	-3,2	-10,2 (*)

(... continuación tabla 3b).

Día	Mes	Temp. Amb.	Temp. de Pasto
1	Agosto	-3,4	-9,5 (*)
2	"	3,2	-1,5
3	"	0,9	-4,5 (*)
7	"	-2,0	-7,3 (*)
8	"	-1,5	-5,0 (*)
10	"	2,0	-1,5 (*)
11	"	-2,0	-7,0 (*)
12	"	5,0	-1,4
13	"	2,5	-0,5
14	"	1,1	-2,4
17	"	4,4	-1,4
18	"	2,8	-1,3
19	"	3,6	-1,5
20	"	0,6	-4,2
23	"	2,8	-3,5
24	"	4,3	-1,5
27	"	4,6	-0,5
31	"	5,0	-0,7
1	Sept.	4,8	-4,3
3	"	1,6	-1,5
7	"	1,3	-3,4 (*)
9	"	3,3	-1,8
13	"	2,5	-0,5
14	"	1,2	-1,3
18	"	3,0	-4,0
21	"	4,8	-2,0
22	"	1,9	-2,5
23	"	3,6	-0,5
25	"	2,2	-4,8 (*)
2	Octubre	3,6	-3,9
6	"	2,6	-3,2
7	"	4,2	-1,4
8	"	3,9	-1,0
10	"	3,2	-3,5
16	"	3,4	-1,4
17	"	4,0	-0,4
19	"	3,6	-4,5 (*)

(\*) : Días de ocurrencia de Heladas.

Fuente : Estación Agro-Meteorológica Universidad de Concepción. Chillán.