

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

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Silvicultura



GERMINACION DE SEMILLAS DE Nothofagus
glauca (Phil.) Krasser DE TRES PROCEDENCIAS
DE LA VII REGION

Por:

VICTOR HUGO SAAVEDRA PINTO

MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE

1999

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

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Silvicultura

GERMINACION DE SEMILLAS DE Nothofagus
glauca (Phil.) Krasser DE TRES PROCEDENCIAS
DE LA VII REGION



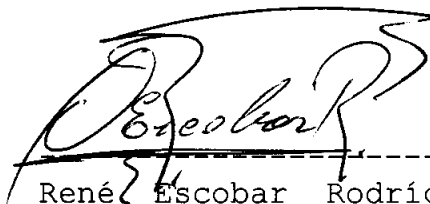
MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE

1999

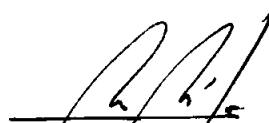
GERMINACION DE SEMILLAS DE *Nothofagus glauca* (PHIL.)
 KRASSER DE TRES PROCEDENCIAS DE LA VII REGION.

Profesor Asesor



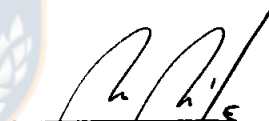
René Escobar Rodríguez
 Profesor Asociado
 Técnico Forestal

Profesor Asesor



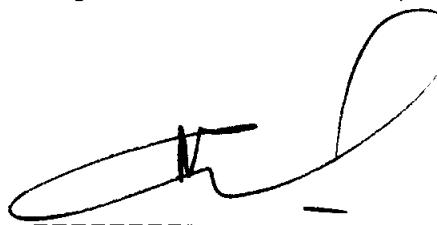
Manuel Sánchez Olate
 Profesor Asistente
 Ingeniero Forestal, Dr.

Director Departamento
 Silvicultura

Manuel Sánchez Olate
 Profesor Asistente
 Ingeniero Forestal, Dr.

Decano de la Facultad de
 Ciencias Forestales



Fernando Drake Aranda
 Profesor Asociado
 Ingeniero Forestal

Calificación de la memoria de título:

René Escobar Rodríguez: 95 (Noventa y cinco) puntos

Manuel Sánchez Olate: 95 (Noventa y cinco) puntos

DEDICATORIA



A MIS PADRES, HUMBERTO y SILVIA

A MIS HERMANOS, SILVIA, ALEJANDRA, MARIBEL y HUMBERTO

GRACIAS POR ESTAR JUNTO A MI

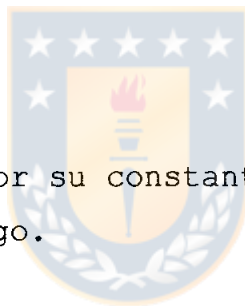
AGRADECIMIENTOS

Mis sinceros agradecimientos son para todas aquellas personas que formaron parte de mi vida académica:

A Don René Escobar Rodríguez, por su ayuda, comprensión y apoyo en la realización de esta Memoria de Título.

A Don Manuel Sánchez Olate, por su apoyo en la realización de este trabajo y, por sobre todo, por su tiempo en aquellos momentos difíciles.

A la Profesora Darcy Ríos por su constante preocupación y fuerza anímica que me entrego.



A mis compañeros y amigos, profesores y al personal auxiliar, por todos aquellos momentos que te forman como persona.

A todos ustedes, Muchas Gracias.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION.....	1
II MATERIALES Y METODO.....	5
2.1 Descripción del estudio.....	5
2.2 Lugar del ensayo.....	5
2.3 Procedencias de las semillas.....	5
2.4 Caracterización de la semilla de Nothofagus glauca (Phil.) Krasser.....	6
2.4.1 Pureza.....	6
2.4.2 Peso promedio de 1.000 semillas y número de semillas limpias por kilogramo.....	7
2.4.3 Calibración.....	7
2.4.4 Viabilidad.....	7
2.5 Pretratamientos.....	8
2.6 Ensayos de germinación.....	8

CAPITULOS	PAGINA
2.7 Comportamiento de la germinación a diferentes temperaturas.....	9
2.7.1 Primera etapa.....	9
2.7.2 Segunda etapa.....	9
2.7.3 Tercera etapa.....	9
2.8 Diseño experimental.....	10
2.9 Análisis estadístico.....	10
III RESULTADOS Y DISCUSION.....	11
3.1 Caracterización de la semilla de Nothofagus glauca (Phil.) Krasser.....	11
3.1.1 Pureza.....	11
3.1.2 Peso promedio de 1.000 semillas y número de semillas limpias por kilogramo.....	12
3.1.3 Participación porcentual por calibre en un kilogramo de semilla limpia, para cada procedencia.....	13
3.1.4 Viabilidad.....	15

CAPITULOS	PAGINA
3.2 Comportamiento de la germinación a diferentes temperaturas.....	16
3.2.1 Primera etapa.....	16
3.2.2 Segunda etapa.....	20
3.2.3 Tercera etapa.....	22
IV CONCLUSIONES.....	24
V RESUMEN.....	25
VI SUMMARY.....	26
VII BIBLIOGRAFIA.....	27
VIII APENDICE.....	30



INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Características edafoclimáticas de las procedencias de Nothofagus glauca	6
2 Porcentaje de pureza para cada muestra de semillas de Nothofagus glauca	11
3 Peso promedio de 1.000 semillas limpias y número de semillas limpias por kilogramo....	12
4 Porcentaje promedio de viabilidad de semillas de Nothofagus glauca	15
5 Capacidad y energía germinativa para el promedio de las procedencias estudiadas, en cinco temperaturas aplicadas en forma constante.....	17
6 Capacidad y energía germinativa para el promedio de las procedencias estudiadas, en seis temperaturas aplicadas en forma constante.....	21
7 Capacidad y energía germinativa para el promedio de las procedencias estudiadas, en tres oscilaciones de temperaturas.....	23

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el Apéndice</u>	
En Apéndice N° 1	
1 A Resumen de análisis de varianza para capacidad germinativa en semillas de tres procedencias de hualo para cinco temperaturas diferentes.....	32
2 A Resumen de test de comparaciones múltiples para el promedio de capacidad germinativa de todas las procedencias sometidas a cinco temperaturas diferentes.....	32
3 A Resumen de análisis de varianza para energía germinativa en semillas de tres procedencias de hualo para cinco temperaturas diferentes.	33
4 A Resumen de test de comparaciones múltiples para el promedio de energía germinativa de todas las procedencias sometidas a cinco temperaturas diferentes.....	33
En Apéndice N° 2	
5 A Resumen de análisis de varianza para capacidad germinativa en semillas de tres procedencias de hualo para seis temperaturas diferentes.....	35

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el Apéndice</u>	
En Apéndice N° 2	
6 A Resumen de test de comparaciones múltiples para el promedio de capacidad germinativa de todas las procedencias sometidas a seis temperaturas diferentes.....	35
7 A Resumen de análisis de varianza para energía germinativa en semillas de tres procedencias de hualo para seis temperaturas diferentes..	36
8 A Resumen de test de comparaciones múltiples para el promedio de energía germinativa de todas las procedencias sometidas a seis temperaturas diferentes.....	36
En Apendice 3	
9 A Resumen de análisis de varianza para capacidad germinativa en semillas de hualo para tres oscilaciones de temperaturas	38

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Participación porcentual por calibre de semillas de Nothofagus glauca en un kilogramo de semillas limpias.....	14
2 Comportamiento diario de la germinación de semillas de Nothofagus glauca bajo 20 °C de temperatura constante, para las tres procedencias estudiadas.....	18
3 Comportamiento diario de la germinación de la semillas de Nothofagus glauca de las tres procedencia sometidas a cinco temperaturas aplicadas en forma constante.....	19

I INTRODUCCION

El bosque caducifolio maulino, comunidad típica de la zona mesomórfica de Chile central, se encuentra inserto en un ecosistema frágil y único en el país (Donoso, 1993). La especie dominante de estos bosques es ***Nothofagus glauca*** (Phil.) Krasser, conocido como hualo o roble maulino, árbol endémico perteneciente al género *Nothofagus*, que se distribuye en ambas cordilleras de esta zona. En la costa lo hace discontinuamente desde los 33° 56'S (Alhué) hasta los 36° 17'S (Quirihue). En la zona andina, se encuentra formando masas continuas desde los 35°S (río Teno) hasta los 36° 25'S (río Ñuble). Sin embargo, sus mayores poblaciones se ubican en la costa de las provincias de Talca y Cauquenes, VII región (Rodríguez et al., 1983; Hormazábal y Benoit, 1987; Donoso et al., 1995).

Florece desde fines de agosto a mediados de septiembre, madurando sus frutos desde mediados de febrero hasta fines de marzo (Cabello, 1987; Rodríguez, 1990; Donoso et al., 1995). Los frutos están constituidos por tres nueces, siendo las laterales triangulares y la central plana, rodeadas por una cúpula de cuatro valvas resinosas. (Rodríguez et al., 1983; Donoso et al., 1995).

El número de semillas por kilogramo varía de acuerdo a la procedencia, encontrándose entre 1.200 a 3.800 semillas (Cabello, 1987). Donoso et al. (1995) señalan que este número varía entre 2.000 a 2.800. Aunque Hoces (1988) y Ramírez (1993) determinaron que esta variable está, además, fuertemente influenciada por la viabilidad de la semilla.

Efectos antrópicos, como la explotación para obtener leña y madera, la habilitación de terrenos para la agricultura y sustitución por especies de rápido crecimiento, han incidido en la degradación de su población, siendo catalogada como especie vulnerable a la extinción (Hormazábal y Benoit, 1987; Benoit, 1989).

Por lo anterior, es importante el desarrollo y conocimiento de técnicas silvícolas que permitan recuperar y propagar esta especie en su habitat natural (Cabello, 1987). De acuerdo con ello, la etapa de vivero adquiere una importancia primordial en la propagación de especies, al ser eje principal de todo programa de repoblación artificial (Escobar, 1990).

La unidad básica de esta etapa es la semilla, que es una estructura en reposo, generalmente deshidratada, compuesta principalmente de tejidos de reserva y rodeada por una cubierta esencialmente impermeable (Devlin, 1980; Hartman y Kester, 1987; Bidwell, 1993).

Antecedentes sobre el proceso germinativo y las etapas que en éste intervienen, son mencionados por diferentes autores (Devlin, 1980; Lavanderos y Douglas, 1985; Hartman y Kester, 1987; Bidwell, 1993).

La información sobre colección, almacenamiento y tratamientos de las semillas, unido al conocimiento de los factores ambientales que afectan al proceso de germinación, son aspectos en que el viverista puede ejercer control en el proceso de reproducción de especies forestales como la mencionada (Escobar, 1990).

Los factores ambientales adquieren una gran importancia en esta etapa, pues éstos son los que regulan el proceso germinativo de las especies. Dichos factores son agua, oxígeno, luz y temperatura (Devlin, 1980; Hartman y Kester, 1987; Bidwell, 1993; Donoso, 1993).

De éstos, la temperatura es el factor individual más importante, ya que para una amplia gama de especies forestales la cantidad de agua y de oxígeno necesaria en el sustrato son muy similares, pero éstas son mucho más específicas respecto de los requerimientos de temperatura para iniciar y terminar, en forma eficiente, la germinación (Escobar, 1990).

Por esta razón, es conveniente conocer el rango óptimo de temperatura de germinación de las especies que se cultivan y la de los dos primeros centímetros del suelo en el vivero e identificar el período del año en que se producen estas condiciones de temperatura (Escobar, 1990).

Siembras efectuadas a temperaturas inferiores a las adecuadas prolongan el proceso de germinación de las semillas. Por el contrario, siembras efectuadas a temperaturas superiores a las requeridas por la especie, inhiben este proceso (Lema, 1987; Ramírez, 1993, Stevens, 1996; Salazar, 1998).

Algunas especies germinan bien en laboratorio con exposición a temperaturas constantes, obteniendo similares resultados cuando estos mismos rangos de temperatura se producen en los primeros centímetros del suelo (Lema, 1987; Ramírez, 1993; Stevens, 1996; Salazar, 1998).

Estudios realizados en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción han demostrado que, para diversas especies arbóreas, la temperatura del sustrato afecta de diferente manera la germinación de semillas con igual pretratamiento. Por esta razón, capacidad y energía germinativa no sólo son afectadas por la latencia que puedan poseer éstas, sino que es de igual o mayor importancia que el pretratamiento, la temperatura de germinación (Ramírez, 1993; Stevens, 1996; Salazar, 1998).

El presente trabajo analiza el comportamiento de la germinación de semillas de ***Nohofagus glauca*** (Phil.) Krasser procedentes de tres zonas de la VII región, sometidas a diferentes condiciones de temperatura durante el proceso.

A partir de los resultados obtenidos se establecen los rangos de temperatura en los cuales se produce la mayor y más rápida germinación de la semilla de hualo; se sugiere la época, más adecuada, de siembra en viveros que produzcan plantas a la intemperie, los rangos de temperatura para viveros que produzcan plantas bajo condiciones de temperatura controlada y la condición de temperaturas bajo la cual se debieran realizar los ensayos de germinación en laboratorio con las semillas de esta especie. Además, se determinaron algunos atributos morfológicos de las semillas para cada una de las procedencias estudiadas.

II MATERIALES Y METODO

2.1 Descripción del Estudio.

El trabajo consistió en evaluar el comportamiento de semillas de **Nothofagus glauca** (Phil.) Krasser de tres procedencias distintas de la VII región, a diferentes temperaturas de germinación. Para tal efecto, se utilizó la metodología realizada por Ramírez (1993) y modificada por Stevens (1996) y Salazar (1998).

Además, se analizaron algunos atributos morfológicos de la semilla, como pureza, peso de 1.000 semillas, número de semillas limpias por kilogramo, calibre y viabilidad.

2.2 Lugar del ensayo.

Las diferentes determinaciones se realizaron en el Laboratorio de Semillas del Departamento de Silvicultura de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción, en la ciudad de Concepción.

2.3 Procedencia de las semillas.

Las semillas de **Nothofagus glauca** fueron cosechadas, entre los meses de Marzo y Abril de 1998, desde tres procedencias de la VII región: sector Bullileo, Reserva Nacional Los Ruiles y Area de Protección Alto de Vilches (Tabla 1).

Tabla 1. Características edafoclimáticas de las procedencias de semillas de *Nothofagus glauca* utilizadas.

Procedencia	Latitud	Longitud	Precipitación media anual (mm)	Temperatura media (°C)		Altitud (msnm)
				verano	invierno	
Bullileo	36°16'S	71°24'O	1.880	19,2	7,8	1.000
Los Ruiles	35°48'S	72°30'O	900	17,7	9,5	825
Alto de Vilches	35°29'S	71°15'O	1.611	20,3	6,6	1.268

Fuente: Atlas geográfico de Chile. I.G.M. 1985.

2.4 Caracterización de la semilla de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser.

En laboratorio se evaluaron los distintos atributos que caracterizan a las semillas forestales. Las tres primeras propiedades se determinaron utilizando las normas prescritas por I.S.T.A; para el calibre se utilizaron dos tamices con perforaciones hexagonales y para la viabilidad, la prueba de flotación más el test de corte.

2.4.1 Pureza. De cada procedencia se tomó dos lotes de 50 semillas, de 140 gramos aproximadamente, cada uno, estos se pesaron, eliminándose las impurezas posteriormente, a continuación se pesaron las semillas limpias. Los valores de pureza de cada muestra se evaluaron de acuerdo a la formula:

$$\text{Pureza} = \frac{\text{(Peso semilla limpia)}}{\text{(Peso de semilla limpia + Peso impurezas)}} * 100$$

2.4.2 Peso promedio de 1.000 semillas y número de semillas limpias por kilogramo. Para cada una de las procedencias y calibre, se tomaron cuatro muestras de 25 semillas cada una, las cuales se pesaron con una precisión de 0,01 g. Se calculó el promedio de las cuatro muestras, obteniéndose el peso de 25 semillas, por relación simple se obtuvo el valor para 1.000 semillas y el número de semillas limpias por kilogramo para cada calibre. Este último factor fue obtenido promediando los resultados de los tres calibres.

2.4.3 Calibre de la semilla. Para conocer los diferentes tamaños de semillas que constituyen una muestra, se procedió a separar éstas utilizando dos tamices, mallas hexagonales de diámetros 20.0 mm y 15.0 mm respectivamente, estableciéndose los siguientes tamaños:

semillas > a 20.0 mm

semillas entre 20.0 mm y 15.0 mm

semillas < a 15.0 mm

2.4.4 Viabilidad. Este análisis se realizó mediante la prueba de flotación, para lo cual se tomaron 4 muestras de 25 semillas por procedencia, las que se remojaron, por 24 horas en agua, para separar las semillas que flotaban (vanas) de las que se hundieron (viables). Como apoyo se realizó el test de corte para cada muestra.

2.5 Pretratamientos.

Previo al pretratamiento, las semillas se sometieron a una prueba de flotación, por 24 horas, para trabajar sólo con las semillas que se hundieron (viables), eliminando las que flotaron (vanas). Las semillas viables, de todos los calibres, se remojaron por 24 horas, en ácido giberélico (GA₃) a una concentración de 800 mg/l, siguiendo la metodología utilizada por Espinoza (1997).

2.6 Ensayos de germinación.

En los ensayos de germinación se utilizó como sustrato la técnica "entre papel filtro"; semillas viables de todos los calibres; seis estufas germinadoras para las primeras dos etapas y tres germinadoras Jacobsen en la etapa final.

Los parámetros utilizados para medir la efectividad de los factores estudiados fueron: **capacidad germinativa**, que es el porcentaje acumulado de semillas germinadas al final del ensayo, de 28 días y **energía germinativa**, que es el porcentaje más alto de germinación en relación a un período de tiempo desde el comienzo del ensayo, este se determina a través del valor máximo de Czabator (Ramírez, 1993).

El recuento de la germinación se realizó a partir del séptimo día de iniciado el ensayo, a una misma hora del día, considerándose como germinada aquella semilla que tenía una radícula del largo igual o dos veces superior a la longitud de éstas.

2.7 Comportamiento de la germinación a diferentes temperaturas.

Esta fase está dividida en tres etapas, relacionadas entre sí:

2.7.1 Primera etapa. En ésta se analizaron seis temperaturas aplicadas en forma constante, en rangos de 5°C: 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C y 35°C.

Al término de ella, se eligió aquella temperatura en la cual se obtuvo una mayor capacidad germinativa (20°C), con la que se trabajó en la etapa siguiente.

2.7.2 Segunda etapa. A la temperatura seleccionada en la etapa anterior, se le afinó el rango alrededor de ella $\pm 1^\circ\text{C}$, quedando dos temperaturas bajo y tres sobre la temperatura seleccionada (18, 19, 20, 21, 22 y 23 °C).

2.7.3 Tercera etapa. Finalmente se sometió a una oscilación a tres de las seis temperaturas elegidas en la etapa anterior (19, 20 y 21 °C), durante 16 horas las semillas se mantuvieron en el rango de temperatura seleccionado y por 8 horas a 10°C sobre la temperatura anterior (19-29°C, 20-30°C y 21-31°C).

2.8 Diseño Experimental.

Para las tres etapas del estudio se utilizó un experimento factorial de dos factores con cuatro réplicas con diseño completamente aleatorio (Steel y Torrie, 1988). La procedencia se asignó como el factor (A), el que se analizó en tres niveles, el otro factor (B) fue la temperatura de germinación, la que se analizó en seis niveles (etapas primera y segunda) y tres niveles (tercera etapa). La unidad muestral estaba constituida por 10 semillas de *Nothofagus glauca*.

2.9 Análisis estadístico.

Los valores obtenidos se analizaron de acuerdo al diseño utilizado, cuando hubo diferencias significativas entre las medias de las variables estudiadas, éstas fueron identificadas a través del test de comparaciones múltiples de Tukey (Steel y Torrie, 1988).

III RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Caracterización de la semilla de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser.

3.1.1 Pureza. En la tabla 2, se muestran los porcentajes de pureza de cada muestra, para las procedencias estudiadas.

Los resultados de pureza promedio obtenidos son similares al determinado por Espinoza (1997), el cuál fue de un 98,2% para semillas de la procedencia Pantanillos, Constitución.

Tabla 2. Porcentaje de pureza para cada muestra de semillas de tres procedencias de *Nothofagus glauca*.

Muestras	Pureza (%)		
	Bullileo	Los Ruiles	Alto de Vilches
A	99,0485	98,5025	97,6287
B	98,6292	98,7568	99,5069
Media	98,8389	98,6296	98,5678

El tamaño de la semilla facilita, enormemente, el proceso de limpieza de la misma, lo que explica los altos valores logrados para las diferentes procedencias y muestras analizadas. Cabe recordar que esta variable, que califica a la semilla, no es inherente al origen de la misma, sino que al nivel de cuidado y medios que se utilicen para limpiarlas en cada caso.

3.1.2 Peso de promedio 1.000 semillas y número de semillas limpias por kilogramo. En la tabla 3, se muestran los resultados obtenidos de peso de 1.000 semillas y número de éstas por kilogramo, para cada procedencia.

Se observa que el calibre de la semilla es directamente proporcional al peso de la misma. Para cada una de las procedencias, las diferencias son mayores entre el calibre superior e inferior, no así entre el calibre intermedio con éstos. Además, los valores muestran que el tamaño de la semilla es independiente de la procedencia. Lo que se corrobora al analizar los valores promedios de 1.000 semillas, los que oscilan entre los 446,8571 y 469,0025 g para las procedencias Los Ruiles, calibre < 15 mm y Alto de Vilches, calibre > 20 mm, respectivamente.

Tabla 3. Peso promedio de 1.000 semillas (g) y número de semillas limpias por kilogramo (n) de *Nothofagus glauca* para las procedencias estudiadas.

Procedencia	Calibre (mm)	Peso 1.000 semillas (g)	N° semillas kilogramo (n)
Bullileo	> 20	460,4005	2.172
	15 - 20	454,8526	2.198
	< 15	450,9745	2.217
	Media	455,4092	2.196
Los Ruiles	> 20	454,9627	2.198
	15 - 20	448,3682	2.230
	< 15	446,8571	2.238
	Media	450,0627	2.222
Alto de Vilches	> 20	469,0025	2.132
	15 - 20	462,9137	2.160
	< 15	458,7875	2.179
	Media	463,5679	2.157

Los resultados corroboran los trabajos realizados por Hoces (1988), Ramírez (1993), Stevens (1996) y Salazar (1998) en el sentido de que el peso de la semilla está en relación directa con el tamaño o diámetro de ésta.

Por otra parte, se confirma que el calibre de la semilla actúa inversamente al número de éstas por unidad de peso (Hoces, 1988; Ramírez, 1993; Stevens, 1996; Salazar, 1998).

Al comparar el número de semillas limpias por kilogramo, se observa que esta variable, para las distintas procedencias, entrega resultados muy similares. Además, es menor para el calibre superior (> 20 mm), aumentando en los calibres inferiores. Se producen diferencias cuando se comparan los calibres extremos, no así al comparar el calibre intermedio con éstos (Tabla 3).

El número de semillas limpias por kilogramo varía entre 2.157 y 2.222 para las procedencias de Alto de Vilches y Los Ruiles, respectivamente. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos citados por otros autores, Cabello (1987) menciona que este valor varía entre 1.200 y 3.800 semillas, mientras que Donoso et al. (1995) señalan que se encuentra entre los 2.000 a 2.800 semillas por kilo.

3.1.3 Participación porcentual por calibre en un kilogramo de semillas limpias, para cada procedencia. La figura 1, muestra el porcentaje de participación de semillas de ***Nothofagus glauca*** en un kilogramo de éstas, para cada una de las procedencias estudiadas.

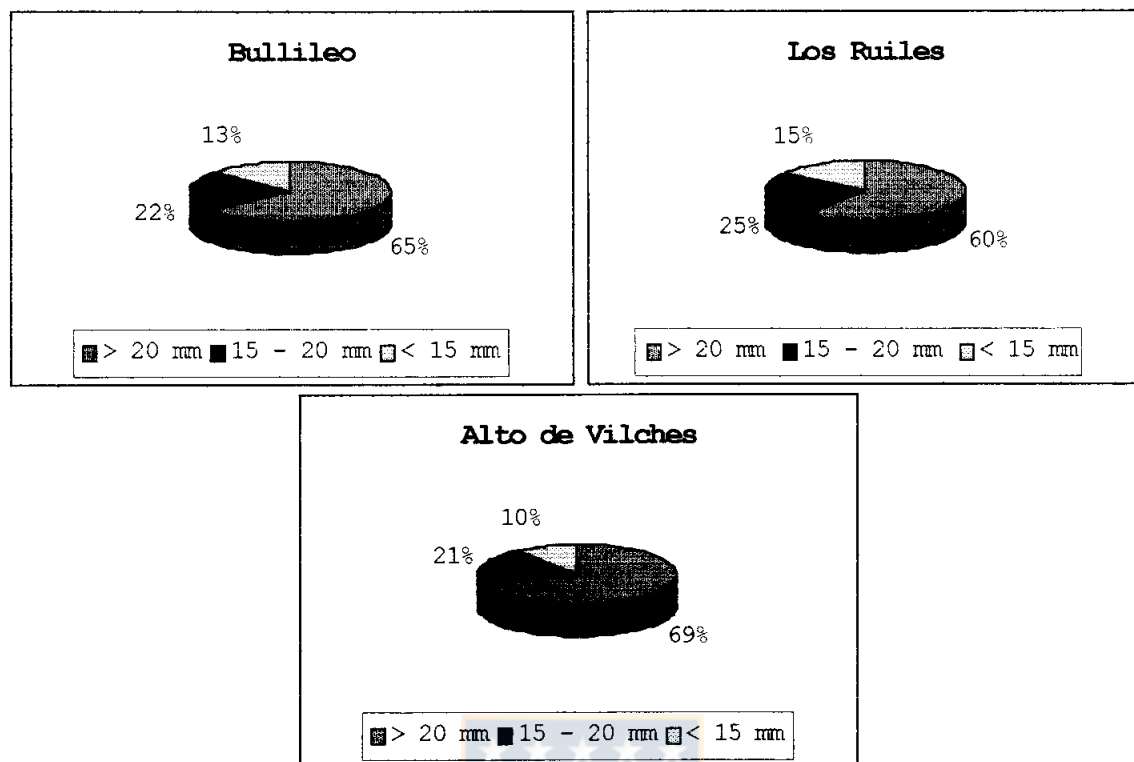


Figura 1. Participación porcentual por calibre de semillas de *Nothofagus glauca* en un kilogramo de éstas, para las procedencias estudiadas.

De la figura 1, se desprende que, para las procedencias de hualo estudiadas, el mayor porcentaje de participación en un kilogramo de semillas lo tiene el calibre superior, seguido de los calibres intermedio e inferior, respectivamente.

La procedencia Alto de Vilches logra valores de 69%, 21% y 10% para los calibres superior, intermedio e inferior, respectivamente. Bullileo presenta valores de 65%, 22% y 13%, para los calibres señalados y la procedencia Los Ruiles logra resultados de 60%, 25% y 15%, para los calibres mencionados anteriormente.

Los resultados obtenidos indican un comportamiento similar de la variable para las tres procedencias, encontrándose diferencias significativas cuando se comparan el calibre superior con los calibres intermedio e inferior. Además, muestran diferencias con los obtenidos por Hoces (1988), Urrutia (1992) y Stevens (1996), los que encontraron una mayor participación del calibre intermedio, no obstante, concuerdan con los estudios de Ramírez (1993) y Salazar (1998), quienes determinaron una mayor participación del calibre superior.

3.1.4 Viabilidad. La tabla 4, muestra los porcentajes promedios de viabilidad para cada procedencia. Los resultados concuerdan con los obtenidos por Donoso et al. (1995) y Espinoza (1997).

Tabla 4. Porcentaje promedio de semillas viables de *Nothofagus glauca* para las procedencias estudiadas.

Procedencia	Viabilidad (%)
Bullileo	45
Los Ruiles	47
Alto de Vilches	51

Los valores obtenidos muestran que no existen diferencias significativas cuando se comparan los promedios de viabilidad de cada una de las procedencias estudiadas, los cuales oscilan entre un 45% y 51% para las procedencias Bullileo y Alto de Vilches, respectivamente. El porcentaje de semillas vanas y perforadas, que es de aproximadamente un 50%, fue similar para las tres procedencias.

3.1 Comportamiento de la germinación a diferentes temperaturas.

3.1.1 Primera etapa. Los resultados obtenidos señalan que el proceso germinativo ocurre en el rango de 10 a 30°C, lográndose los valores más altos de capacidad y energía germinativa a 20°C para las tres procedencias. La germinación se inhibe cuando se aplica una temperatura constante superior a 30°C (tabla 5 y apéndice 1).

En esta etapa del estudio, no se produjeron diferencias significativas, para capacidad y energía germinativa, en términos de la procedencia de la semilla (apéndice 1).

La tabla 5, muestra los resultados de capacidad y energía germinativa del promedio de las tres procedencias en el rango de temperaturas 10 a 30°C. En ésta, se observa que a 20°C se produce la mayor y más rápida germinación de semillas. Por otra parte, que capacidad y energía germinativa, para las temperaturas de 10 y 30°C, se igualen al final del ensayo de germinación, indican un comportamiento similar al de semillas fuertemente latente, lo que se observa gráficamente con mayor nitidez en la figura 3.

Los valores de capacidad germinativa oscilan entre 1,7% y 97,5% para 30 y 20°C, respectivamente. La diferencia de los valores absolutos de esta variable entre 20 v/s 25°C son de un 5,8%, y entre 25 v/s 15°C baja a un 2,5%, no existiendo diferencias significativas cuando se comparan estas medias. No obstante, para el resto de pares de temperaturas las diferencias son significativas.

Tabla 5. Capacidad y energía germinativa (%) para el promedio de las procedencias de **Nothofagus glauca**, en cinco temperaturas aplicadas en forma constante.

Respuesta germinativa (%)	Temperatura (°C)				
	10	15	20	25	30
Capacidad	58,3c	89,2b	97,5a	91,7ab	1,7d
Energía	58,3c	81,5b	90,8a	88,3ab	1,7d

Letras distintas indican diferencias significativas en cada variable. $P \leq 0,05$.

Los valores de la tabla muestran, además, que la energía germinativa presenta valores que oscilan entre 1,7% y 90,8% para 30 y 20°C, respectivamente. La diferencia de los valores absolutos, de esta variable, entre 20 v/s 25°C es de un 2,5% y entre ésta v/s 15°C es de un 6,8%, no presentando estos pares diferencias significativas cuando se comparan; sin embargo, todos los demás pares de temperaturas sí mostraron diferencias.

El comportamiento diario del proceso de germinación de semillas de **Nothofagus glauca**, durante el período de ensayo, se muestra en las figuras 2 y 3.

En la figura 2, se observa una tendencia similar entre las curvas de procedencias, no existiendo diferencias al final del ensayo (apéndice 1). Sin embargo, entre los días 14 y 23, se produce una diferencia de hasta un 20% de germinación de la procedencia Bullileo con respecto de las otras dos, lo que indica que las procedencias Los Ruiles y Alto de Vilches, poseen semillas con un mayor grado de dormancia que la mencionada anteriormente.

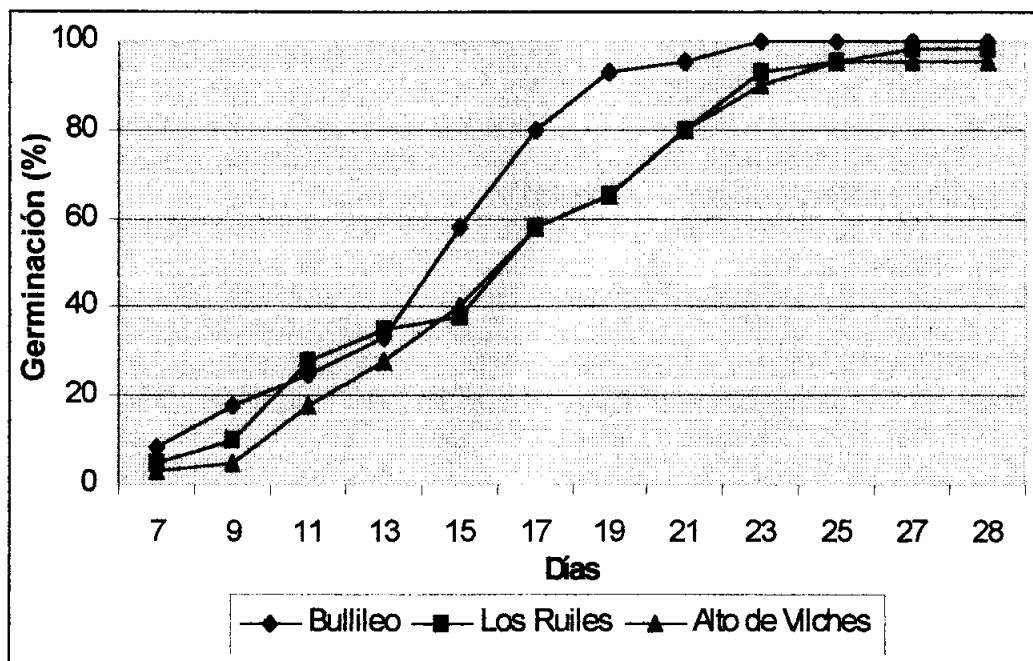


Figura 2. Comportamiento diario de la germinación de semillas de *Nothofagus glauca* bajo 20°C de temperatura constante, para tres procedencias.

En la figura 3, se observa que la temperatura de sustrato afecta de diferente manera el proceso de germinación de semillas con igual pretratamiento. Además, muestra que las curvas de germinación de 20 y 25°C tienen un comportamiento similar al de semillas sin dormancia, sin embargo, la curva de germinación de 15°C presenta una tendencia de semillas con un mayor grado de dormancia que las anteriores. Pero es en los extremos de temperatura ensayados (10 y 30°C), donde las semillas de hualo se comportan como semillas fuertemente latentes, corroborando lo demostrado por Ramírez (1993) y Stevens (1996) en otras especies del género *Nothofagus*.

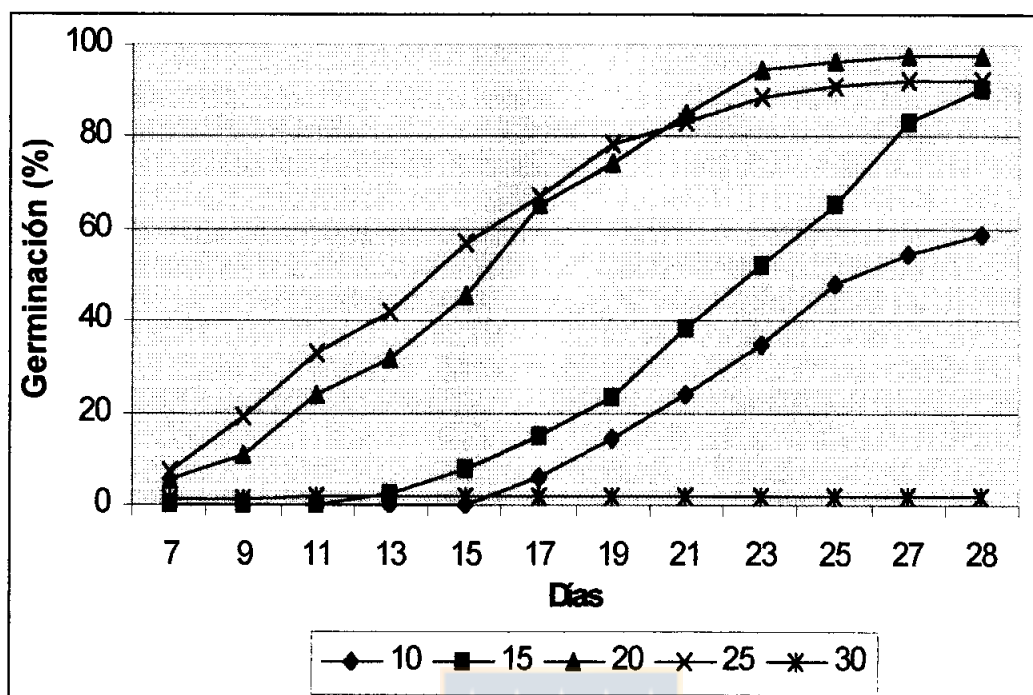


Figura 3. Comportamiento diario de la germinación de semillas de *Nothofagus glauca*, para el promedio de las tres procedencias, sometidas a cinco temperaturas aplicadas en forma constante.

Dentro del rango establecido en esta etapa del estudio, la germinación de semillas de *Nothofagus glauca*, para las tres procedencias, se produce en forma rápida y en porcentajes altos, cuando éstas están sometidas a temperaturas adecuadas para que el proceso se realice, de lo contrario, la germinación disminuye, haciéndose lenta o nula, en los extremos de temperatura, coincidiendo con Lema (1987), Escobar (1990), Ramírez (1993), Stevens (1996) y Salazar (1998). De acuerdo a los resultados obtenidos, 20°C es la temperatura bajo la cual se produce una mayor y más rápida germinación de semillas de *Nothofagus glauca*, para las procedencias estudiadas.

3.2.2 Segunda etapa. En la tabla 6 y apéndice 2, se presentan los resultados de capacidad y energía germinativa de semillas de ***Nothofagus glauca*** sometidas a seis temperaturas aplicadas en forma constante entre 18 y 23°C, para las procedencias estudiadas.

Estos muestran, para ambas variables, resultados positivos a lo largo de todo el rango de aplicación, donde no se produjeron diferencias significativas para el factor procedencia de la semilla (apéndice 2).

Los valores de capacidad germinativa oscilan entre 92,5 y 98,3% para 23 y 20°C, respectivamente. La diferencia de los valores absolutos de esta variable para 20°C v/s 18 y 23°C son de un 5,0 y 5,8%, respectivamente; por otra parte, la diferencia entre 21°C v/s éstas es de un 4,2 y 5,0%, respectivamente, siendo estas medias de temperatura significativamente diferentes. Sin embargo, no existen diferencias, para esta variable, en el resto de los pares de temperatura comparados.

Por otra parte, los valores de energía germinativa oscilan entre 81,7 y 89,2% para 18 y 20°C, respectivamente. En valores absolutos de esta variable, se producen diferencias cuando se comparan las medias de 20, 21 y 19°C v/s 18°C, entregando valores de 7,5, 6,6 y 6,6%, respectivamente. Sin embargo, el resto de temperaturas evaluadas no mostró diferencias significativas cuando se comparan.

Tabla 6. Capacidad y energía germinativa (%) para el promedio de tres procedencias de *Nothofagus glauca*, en seis temperaturas aplicadas en forma constante.

Respuesta germinativa (%)	Temperatura (°C)					
	18	19	20	21	22	23
Capacidad	93,3b	96,7ab	98,3a	97,5a	95,0ab	92,5b
Energía	81,7b	88,3a	89,2a	88,3a	87,5ab	85,8ab

Letras distintas indican diferencias significativas en cada variable. $P \leq 0,05$.

Además, al comparar estos resultados con los de la etapa anterior, se observa que la germinación alrededor de los 20°C, o sea, no inferiores a 19°C ni superiores a 21°C, tanto para capacidad como energía germinativa, fueron los que entregaron mejores resultados, por lo que se puede estimar a éste como el rango de temperatura más adecuado a utilizar, para la germinación de semillas de *Nothofagus glauca* bajo condiciones de temperatura controlada (invernaderos y/o salas de germinación).

Por otra parte, los resultados obtenidos, en esta etapa, confirman lo demostrado por Stevens (1996) y Salazar (1998), quienes sostienen que a mayor temperatura dentro de un rango de germinación, existe una mayor rapidez en el proceso, pero la tasa de germinación es menor.

3.1.3 Tercera etapa. En la tabla 7 y apéndice 3, se presentan los resultados de capacidad y energía germinativa de semillas de **Nothofagus glauca** sometidas a tres temperaturas oscilantes, 19 - 29, 20 - 30 y 21 - 31°C, para las procedencias estudiadas.

Para ambas variables se producen resultados positivos en todo el rango de aplicación, no encontrándose diferencias significativas tanto en procedencia de la semilla como en la temperatura de germinación (apéndice 3). Estos resultados se pueden explicar debido a que en la etapa anterior, los valores absolutos de capacidad germinativa fueron muy similares para las temperaturas probadas.

Los valores de la tabla 7, muestran que la capacidad germinativa oscila entre 92,5 y 95,0% para los rangos de oscilación 19 - 29 y 20 - 30°C, respectivamente. Por otra parte, la energía germinativa entrega valores que oscilan entre 88,3 y 92,5% para los mismos rangos de temperaturas señalados.

Sin embargo, es en la temperatura de 20 - 30°C, donde se producen los mayores valores para capacidad y energía germinativa, 95,0 y 92,5%, respectivamente, concordando con lo señalado por I.S.T.A para la realización de ensayos de germinación para las especies **Nothofagus obliqua** y **N. alpina**, donde dicha norma prescribe la utilización de éstas oscilaciones de temperaturas, para trabajar con estas especies (Ramírez, 1993).

Tabla 7. Capacidad y energía germinativa (%) para el promedio de tres procedencias de semillas de **Nothofagus glauca**, en tres oscilaciones de temperaturas distintas.

Respuesta germinativa (%)	Temperatura (°C)		
	19 - 29	20 - 30	21 - 31
Capacidad	92,5a	95,0a	94,2a
Energía	88,3a	92,5a	89,2a

Letras distintas indican diferencias significativas en cada variable. $P \leq 0,05$.

Los resultados obtenidos en este estudio, muestran que ensayos de germinación realizados a temperaturas oscilantes aplicadas en un rango de 20 - 30°C ó la aplicación de una temperatura constante de 20°C, y las semillas puestas entre papel filtro como sustrato, son medios adecuados para realizar ensayos de germinación de semillas de **Nothofagus glauca**.

Finalmente, se recomienda que la época de siembra de semillas de *Nothofagus glauca* en viveros que produzcan plantas a la intemperie, sea efectuada cuando, en los dos primeros centímetros del suelo, se produzcan oscilaciones de temperatura que no superen los 30°C durante el día y que no disminuyan de 20°C en horas nocturnas. Para viveros con producción de plantas bajo condiciones de temperatura controlada, se recomienda mantener una temperatura de sustrato constante de 20°C, durante el período de germinación de semillas.

IV. CONCLUSIONES

- El comportamiento de la germinación de semillas de **Nothofagus glauca** es diferente a distintas temperaturas del sustrato, lográndose los mejores resultados a 20°C.
- La procedencia de la semilla de **Nothofagus glauca** no afecta la capacidad y energía germinativa de ésta.
- El proceso germinativo para semillas de **Nothofagus glauca** ocurre en un rango de 10 a 30°C. El proceso se inhibe al utilizar temperaturas aplicadas en forma constante superiores a 30°C.
- En semillas de **Nothofagus glauca** se logran altos valores de capacidad y energía germinativa, cuando se aplica una temperatura constante de 20°C. El proceso no se altera cuando se utilizan temperaturas que oscilan en rangos de 20 - 30°C.

V. RESUMEN

Para determinar la temperatura de sustrato más adecuada para la germinación de semillas de **Nothofagus glauca** (Phil.) Krasser de tres procedencias de la VII Región, se pusieron a germinar semillas bajo diferentes temperaturas.

El experimento consistió en tres etapas relacionadas entre sí. En la primera se probaron seis temperaturas, aplicadas en forma constante, con un rango de 5°C (10, 15, 20, 25, 30, 35°C). La segunda etapa se realizó eligiendo la temperatura que logró una mayor germinación en la etapa anterior (20°C), la que fue afinada por debajo y sobre ella, ensayándose seis temperaturas (18, 19, 20, 21, 22 y 23°C), aplicadas en forma constante. En la tercera etapa se ensayaron las tres mejores temperaturas de la etapa anterior en forma oscilante (19 - 29, 20 - 30 y 21 - 31°C) en un termoperíodo de 16 y 8 horas, respectivamente.

Los resultados indican que **Nothofagus glauca** germina en un rango de 10 a 30°C, inhibiéndose a temperaturas constantes superiores a 30°C. Los valores más altos de capacidad y energía germinativa se logran a 20°C aplicados en forma constante. La aplicación de temperaturas oscilantes de 20 - 30°C, es una buena condición para realizar ensayos de germinación con esta especie.

VI SUMMARY

For discover the best germination temperature *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser seeds of three different sources of the VII region, it was germinated seeds of this specie under different temperatures.

The trial was consisted in three parts relationed between its. The first part it was tested six temperatures with a class of 5°C (10, 15, 20, 25, 30, 35°C) wich were applicated in constant form. In the second part it was chosen the best germination temperature, it was improved in 1 °C and it was tested six temperatures (18, 19, 20, 21, 22, 23 °C), wich were applicated in constant form. In the third part was used the three better temperatures of the second part, these were applicated in oscillating form (19-29, 20-30, 21-31°C).

The results showed that *Nothofagus glauca* seeds germinated in a class of 10 to 30°C, these are inhibited a temperatures upper to 30°C. The higest values of germinative capacity and energy are getting when the substrate temperature is 20°C applicated in constant form. The aplication of oscillating temperatures of 20 - 30°C, is a good condition for to realize the germinations trials with this specie.

VII BIBLIOGRAFIA

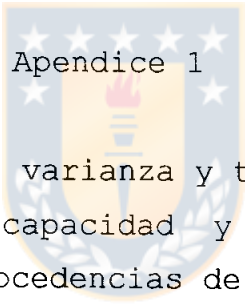
1. Benoit, I. 1989. Libro rojo de la flora terrestre de Chile. 1ª parte. Santiago, Chile. CONAF. 157 pp.
2. Bidwell, R. 1993. Fisiología Vegetal. Mexico. D.F.
3. Cabello, A. 1987. Proyecto de protección y recuperación de especies arbóreas y arbustivas amenazadas de extinción. Doc. Téc. N° 22. Chile Forestal. Abril, 1987.
4. Devlin, M. 1980. Fisiología Vegetal. Omega. Barcelona, España.
5. Donoso, C. 1993. Ecología forestal. El bosque y su ambiente. Editorial Universitaria. 403 pp.
6. Donoso, C., B. Escobar, M. González. 1995. Técnicas de vivero y plantaciones para hualo (*Nothofagus glauca*) Doc. Téc. N° 86. Chile Forestal. Enero-Febrero 1995.
7. Escobar, R. 1990. Análisis de algunos elementos básicos involucrados en la producción artificial de especies nativas. Bosque 11:3-10.
8. Espinoza, N. 1997. Técnicas de propagación por semillas de hualo (*Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser). Tesis de grado. Univ. de Chile. Fac. Cs. Agrarias y Forestales. Esc. Cs. For. Dpto. Silvicultura. Stgo. Chile.

9. Hartman, H. y D. Kester. 1992. Propagación de plantas. Editorial Continental. México.
10. Hoces, A. 1988. Efecto de la textura del suelo, tamaño de la semilla y profundidad de siembra en la emergencia de la semilla de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). Tesis de grado. Univ. de Concepción. Fac. Cs. Agr., Vet. y For. Chillán.
11. Hormazabal, C. e I. Benoit. 1987. El estado de conservación del género *Nothofagus* en Chile. Bosque 8: 109-120.
12. Lema, M. 1987. Epoca de siembra y uso de semisombra en producción de plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus* 1/0 a raíz desnuda. Tesis de grado. Univ. de Concepción. Fac. Cs. Agr. y For. Dpto. Cs. For. Chillán, Chile.
13. Lavanderos, V. y C. Douglas. 1985. Técnicas para el establecimiento de un vivero forestal y producción de plantas. Doc. Téc. N° 7 (I parte). Chile Forestal. Septiembre, 1985.
14. Ramírez, J. 1993. Efecto de la temperatura en el proceso de germinación de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp et Endl.) Oerst.) y roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. Var. *Obliqua*). Tesis de grado. Univ. de Concepción. Fac. Cs. Agr. y For. Dpto Cs. For. Chillán, Chile.

15. Rodríguez, G. 1990. Propagación de *Nothofagus* chilenos por medio de semillas. *Agro-Ciencia* 6: 123-129.
16. Rodríguez, R, O. Matthei y M. Quezada. 1983. Flora arbórea de Chile. Univ. de Concepción. Concepción, Chile.
17. Salazar, C. 1998. Caracterización de semillas de *Quillaja saponaria* Mol., para distintas procedencias de la Octava región. Tesis de grado. Univ. de Concepción. Fac. Cs. Forestales. Concepción, Chile.
18. Steel, R. Y J. Torrie. 1988. Bioestadística. Principios y procedimientos. 2^a Edición. McGraw Hill, Interamericana de México. México, D.F.
19. Stevens, F. 1996. Germinación de semillas de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. Et Endl.) Krasser), coihue de magallanes (*Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst.) y ñirre (*Nothofagus antarctica* (G. Fordter) Oerst.) a diferentes temperaturas y regímenes de aplicación. Tesis de grado. Univ. de Concepción. Fac. Cs. Forestales. Concepción. Chile.
20. Urrutia, R. 1992. Caracterización y comportamiento en vivero de tres procedencias de semillas de *Eucalyptus globulus* Labill. Spp *globulus* cosechadas en Chile. Tesis de Grado. Univ. de Concepción. Fac. Cs. Agr., Vet. y For. Chillán. Chile.

VIII APENDICE





Apendice 1

Resumen de análisis de varianza y test de comparaciones múltiples de Tukey para capacidad y energía germinativa de semillas de tres procedencias de ***Nothofagus glauca*** sometidas a cinco temperaturas distintas aplicadas en forma constante.

Tabla 1 A. Resumen de análisis de varianza para capacidad germinativa en semillas de tres procedencias de hualo para cinco temperaturas distintas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrado	F calculado	F tabla (0.05)
A (procedencia)	2	0,8611	0,4305	0,5225	3,1682
B (temperatura)	5	1222,4444	244,488	296,683	2,3861
AB (interacción)	10	2,8055	0,2805	0,3404	2,0112
Error	54	44,500	0,8241		
Total	71	1270,611			

Tabla 2 A. Resumen de test de comparaciones múltiples de Tukey para el promedio de capacidad germinativa de todas las procedencias sometidas a cinco temperaturas diferentes.

Temperatura de germinación (°C)	20	25	15	10	30
20	----	NS	*	*	*
25	----	----	NS	*	*
15	----	----	----	*	*
10	----	----	----	----	*
30	----	----	----	----	----

*: Diferencia significativa. ($P \leq 0,05$)

NS: No significancia

Tabla 3 A. Resumen de análisis de varianza para energía germinativa en semillas de tres procedencias de hualo para cinco temperaturas distintas.

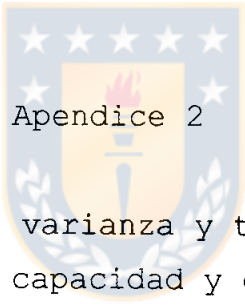
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrado	F calculado	F tabla (0.05)
A (procedencia)	2	0,9515	0,4757	0,7283	3,1682
B (temperatura)	5	1057,5	211,488	323,7722	2,3861
AB (interacción)	10	2,5037	0,2504	0,3833	2,0112
Error	54	35,276	0,6532		
Total	71	1096,2311			

Tabla 4 A. Resumen de test de comparaciones múltiples de Tukey para el promedio de energía germinativa de todas las procedencias sometidas a cinco temperaturas diferentes.

Temperatura de germinación (°C)	20	25	15	10	30
20	----	NS	*	*	*
25	----	----	NS	*	*
15	----	----	----	*	*
10	----	----	----	----	*
30	----	----	----	----	----

*: Diferencia significativa. ($P \leq 0,05$)

NS: No significancia



Apendice 2

Resumen de análisis de varianza y test de comparaciones múltiples de Tukey para capacidad y energía germinativa de semillas de tres procedencias de ***Nothofagus glauca*** sometidas a seis temperaturas distintas aplicadas en forma constante.

Tabla 5 A. Resumen de análisis de varianza para capacidad germinativa en semillas de tres procedencias de hualo para seis temperaturas distintas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrado	F calculado	F tabla (0.05)
A (procedencia)	2	1,2768	0,2554	0,8897	3,1682
B (temperatura)	5	1,4751	0.7375	2,5697	2,3861
AB (interacción)	10	0.5837	0,0584	0,2035	2,0112
Error	54	15,500	0,287		
Total	71	18,8356			

Tabla 6 A. Resumen de test de comparaciones múltiples de Tukey para el promedio de capacidad germinativa de todas las procedencias sometidas a cinco temperaturas diferentes.

Temperatura de germinación (°C)	20	21	19	22	23	18
20	----	NS	NS	NS	*	*
21	----	----	NS	NS	*	*
19	----	----	----	NS	NS	NS
22	----	----	----	----	NS	NS
23	----	----	----	----	----	NS
18	----	----	----	----	----	----

*: Diferencia significativa. ($P \leq 0,05$)

NS: No significancia

Tabla 7 A. Resumen de análisis de varianza para energía germinativa en semillas de tres procedencias de hualo para cinco temperaturas distintas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrado	F calculado	F tabla (0.05)
A (procedencia)	2	1,0089	0,5044	2.0176	3,1682
B (temperatura)	5	3,5762	0.7152	2,8608	2,3861
AB (interacción)	10	0.6783	0,0678	0,2712	2,0112
Error	54	13.500	0,2500		
Total	71	18,7634			

Tabla 8 A. Resumen de test de comparaciones múltiples de Tukey para el promedio de energía germinativa de todas las procedencias sometidas a cinco temperaturas diferentes.

Temperatura de germinación (°C)	20	21	19	22	23	18
20	----	NS	NS	NS	NS	*
21	----	----	NS	NS	NS	*
19	----	----	----	NS	NS	*
22	----	----	----	----	NS	NS
23	----	----	----	----	----	NS
18	----	----	----	----	----	----

*: Diferencia significativa. ($P \leq 0,05$)

NS: No significancia



Apendice 3

Resumen de análisis de varianza y test de comparaciones múltiples de Tukey para capacidad y energía germinativa de semillas de tres procedencias de ***Nothofagus glauca*** sometidas a tres oscilaciones distintas de temperaturas.

Tabla 9 A. Resumen de análisis de varianza para capacidad germinativa en semillas de tres procedencias de hualo para tres oscilaciones de temperaturas distintas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrado	F calculado	F tabla (0.05)
A (procedencia)	2	1,5000	0.7500	1,5577	3,3541
B (temperatura)	2	1,1674	0,5830	1,2110	3,3541
AB (interacción)	4	0,3333	0,0833	0,1731	2,0112
Error	27	13,000	0,4845		
Total	35	16,0007			

