



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Evaluación del comportamiento geográfico en parámetros
seminales y de crecimiento inicial de las plantas, en
procedencias de *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.**

Profesor Patrocinante: Sr. Roberto Ipinza C.

Trabajo de Titulación presentado
como parte de los requisitos para optar
al Título de **Ingeniero Forestal**.

Felipe Andres Chultz Oyarzun

VALDIVIA
2003

CALIFICACION DEL COMITE DE TITULACION

Patrocinante:	Sr. Roberto Ipinza C.	Nota 6,4
Informante:	Sra. Oriana Ortiz N.	<u>6,5</u>
Informante:	Sr. Moisés Osorio O.	<u>6,5</u>

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el Reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Roberto Ipinza Carmona

INDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. MARCO TEORICO	3
2.1 Antecedentes generales de coigüe	3
2.1.1 Distribución	3
2.1.2 Descripción del árbol.	3
2.1.3 Aspectos reproductivos.	3
2.1.4 Aspectos genéticos	4
2.2 Conceptos de genética poblacional	4
2.3 Conceptos de variación	4
2.3.1 Componentes y causas de la variación	5
2.3.2 Fenotipo y plasticidad	6
2.3.3 Fenotipo y variación genética	6
2.3.4 Factores que afectan la variación.	6
2.3.5 Formas de variación	7
2.4 Conceptos de procedencia	7
2.4.1 Ensayos de procedencia	8
2.4.2 Ensayos de progenie	8
3. DISEÑO DE INVESTIGACION	9
3.1 Material	9
3.1.1 Procedencias	9
3.1.2 Colecta de semillas	11
3.1.3 Viverización de las semillas	11
3.2 Método	12
3.2.1 Análisis físico de las semillas	12
3.2.2 Parámetros germinativos	14
3.2.3 Parámetros de crecimiento inicial	14
3.3 Análisis de datos	15
3.3.1 Análisis físico de las semillas	15
3.3.2 Parámetros germinativos	15
3.3.3 Parámetros de crecimiento inicial	16
4. RESULTADOS Y DISCUSION	17

4.1	Análisis físico de las semillas	17
4.1.1	Número de semillas por kilo	17
4.1.2	Peso individual de la semilla	21
4.2	Parámetros germinativos	22
4.3	Parámetros de crecimiento inicial	26
4.3.1	Largo de tallo	26
4.3.2	Diámetro de cuello	28
5.	CONCLUSIONES	30
6.	SUMARY	32
	BIBLIOGRAFIA	33
	INDICE ANEXOS	
Anexo 1	Colecta de semillas de coigüe total 2001 - 2002	
Anexo 2	Calendarización de la siembra en bandejas semilleras de coigüe, los números representan las familias que fueron sembradas ese día	
Anexo 3	Variación de los parámetros Capacidad Germinativa, Energía Germinativa y Valor de Germinación, para las zonas de procedencia de coigüe separadas en Cordillera de los Andes (3 – A), Cordillera de la Costa (3 – B) y Depresión Intermedia (3 – C).	
Anexo 4	Resumen de los parámetros físicos y germinativos por punto de muestreo, para coigüe	

RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio se encuentra inserto en el proyecto *Programa de mejoramiento genético para la primera generación de las especies Coigüe y Laurel*, el cuál se inició en el año 1998, y es ejecutado en forma conjunta por la Universidad Austral de Chile, el Instituto Forestal, la Corporación Nacional Forestal y otras empresas forestales.

El objetivo general del presente trabajo consistió en evaluar por una parte el comportamiento de parámetros germinativos, seminales y de desarrollo inicial de las plantas, y por otra, hacer un análisis simple de la variación geográfica de estos parámetros en las 14 procedencias de coigüe muestreadas en el programa de mejora ya mencionado.

El material utilizado son semillas producto de polinización abierta en 14 zonas de procedencias subdivididas en 43 puntos de muestreo, las cuales se distribuyen desde los 35°10' (Los Queñes) hasta los 43°50' (Melinka) latitud sur.

En el análisis físico de las semillas, se pudo constatar que el número de semillas por kilo se incrementa de norte a sur, en respuesta al gradiente climático existente en la distribución del estudio (ocho grados aproximadamente), pues la semilla aumenta de peso a medida que las condiciones de sequedad es mayor, para así tener mayor tejido embrionario para el desarrollo inicial de la plántula. La variación del número de semillas por kilo varía desde 420.216 hasta 1.111.111 semillas, en las procedencias de Los Queñes y Melinka respectivamente. Refiriéndose al peso individual de la semilla, se tiene como resultado que se comporta de manera inversa que el número de semillas por kilo, o sea va disminuyendo a medida que aumenta la latitud.

En base a los parámetros germinativos obtenidos en este estudio, coigüe presenta la mejor germinación en la Cordillera de los Andes, seguido por la Cordillera de la costa y luego la Depresión Intermedia.

Con los resultados de germinación obtenidos en éste estudio, se podría inferir que entre los paralelos 38 y 39° latitud sur, existen condiciones ambientales o edáficas, que causa un quiebre en los valores de los parámetros de germinación en Coigüe, produciendo dos ecotípos, uno al norte de los 38° latitud sur y otro al sur.

En base a los resultados, el desarrollo inicial de las plantas se encuentra ligado al tamaño de la semillas, pues, una semillas más grande o pesada tiene mayor cantidad de tejido, lo cual provee a la plántula de alimento para que desarrolle un adecuado sistema radicular en la primera etapa de su desarrollo.

Palabras claves: Nothofagus dombeyi, Zonas de procedencias, Número de semillas por kilo, Germinación, crecimiento inicial.

1. INTRODUCCION

El género *Nothofagus*, familia *Fagaceae*, se encuentra solamente en el hemisferio Sur, con más de 40 especies. De éstas, 10 se presentan en el territorio nacional, algunas de las cuales se encuentran también en el sector patagónico de Argentina. Entre las especies de mayor interés silvicultural en Chile se encuentra raulí (*Nothofagus alpina*), roble (*Nothofagus obliqua*) y finalmente coigüe (*Nothofagus dombeyi*), relacionadas con los manejos de renovales, y su potencial de crecimiento en plantaciones, desde la siembra hasta su establecimiento en el lugar de crecimiento.

La variabilidad es una característica propia de la naturaleza que, además de hacerla más atractiva y hermosa, le otorga posibilidades de cambios en el tiempo y espacio (Donoso, 1995). Desde el punto de la silvicultura esta propiedad otorgada por la naturaleza, acompañada con tecnología, da una mayor maximización de los recursos y se puede lograr un aprovechamiento mayor de las especies. Al existir variabilidad es posible realizar mejoramiento genético, pues las especies se pueden adaptar a distintos sitios y lograr ahí un buen desarrollo, quizá mejor que en su distribución natural. Al contrario, si no existe variación en una población, no es posible realizar un programa de mejoramiento genético con éxito.

En la antigüedad no existía ninguna mejora genética de los individuos, ya que el silvicultor creía que el crecimiento de los árboles estaba directamente relacionado a factores medioambientales, no considerando el factor de herencia de las poblaciones, lo que los llevaba en ocasiones a un mal crecimiento de los individuos. Una vez tomado en cuenta el factor genético de las poblaciones forestales, se produjo un paso desde una silvicultura convencional a una silvicultura intensiva, donde el mejoramiento genético pasó a ser el punto de partida para el establecimiento de plantaciones sustentables, introduciendo dos conceptos básicos, *Herencia genética* y *Ganancia genética*. El primer concepto se refiere a la responsabilidad de los progenitores en el desarrollo del individuo y su descendencia, el segundo concepto tiene relación con el resultado de la selección y cruce de progenitores superiores, bajo el principio de que el valor genético promedio de los individuos seleccionados es mejor que el valor promedio de la población total donde se hizo la selección (Gutiérrez, 2000).

Este estudio se encuentra inserto en el proyecto *Programa de mejoramiento genético para la primera generación de las especies Coigüe y Laurel*, el cual se inició en el año 1999, y es ejecutado en forma conjunta por la Universidad Austral de Chile, el Instituto Forestal, la Corporación Nacional Forestal y empresas forestales.

Entre las actividades del proyecto, unas de las primeras fue la zonificación de las regiones de procedencia en toda el área de distribución natural de coigüe. Asociada a esta zonificación, se implementó una campaña de recolección de semillas orientada a muestrear la variabilidad genética de ésta especie. Para estos efectos se definieron puntos de muestreo para cada región de procedencias y se recolectó semillas de diez árboles representativos de cada punto.

En este contexto, el desarrollo del trabajo de titulación propuesto, aportará al conocimiento de la ordenación genética de la especie, mediante la realización de un estudio donde se evaluará por una parte el comportamiento de parámetros de las semillas y el desarrollo inicial de las plantas, y por otra parte, se realizará un análisis simple de la variación geográfica de estos parámetros en las distintas zonas de procedencias de coigüe. La base experimental de este estudio está constituida por la colección de semillas y las plantas originadas de estas semillas.

La importancia del estudio, radica en que constituye uno de los primeros pasos para comprender el comportamiento genético de la especie. Esta base de conocimiento ayudará a complementar, orientar y ponderar las actividades de selección precoz. Los estudios iniciales, como el propuesto, pueden traer como consecuencia un ahorro en tiempo y dinero en la selección y utilización del mejor material genético para propagación operacional.

Los objetivos específicos del presente estudio son:

- Evaluar la variación geográfica en parámetros germinativos de la semilla expresados como: capacidad germinativa (CG), energía germinativa (EG) y valor de germinación (VG).
- Evaluar la variación geográfica en el desarrollo inicial de las plantas expresado como largo de tallo (LT) y diámetro a la altura del cuello (DAC).
- Evaluar la variación geográfica de parámetros físicos de la semilla: número de semillas por kilo (SK), peso individual de la semilla (PS).

2. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes generales de coigüe

2.1.1 Distribución

Nothofagus dombeyi (Mirb.) Oerst., comúnmente llamado coihue o coigüe, pertenece a la familia *Fagaceae*, es una especie endémica de los bosques subantárticos de Chile. Se distribuye desde la provincia de Colchagua (VI Región) hasta la provincia de Aysén (XI Región) (Loewe *et al.*, 1998).

Según Donoso (1994, 1995) habita entre los 34°41' S y 48° S por ambas cordilleras, siendo muy escaso en la costa desde los 37° S. En el llano central crece desde los 38° S hacia el sur.

2.1.2 Descripción del árbol

Árbol monoico, presenta hojas simples, alternas, de borde aserrado fino y de formas lanceoladas a oval – lanceoladas cortas. En algunos árboles las hojas adquieren color plumbeo – plateado. La corteza es gris, relativamente delgada con fisuras longitudinales largas que forman angostas placas. Son los árboles latifoliados más grandes del bosque chileno, llegando a 50 m de altura y 4 m ó más de diámetro a la altura del pecho (Donoso, 1994).

Su fuste generalmente está libre de ramas hasta gran altura (poda natural), cuando está compitiendo con otros individuos. Su copa frecuentemente es piramidal, la cuál se puede identificar a gran distancia por la característica forma de sus ramas, aplanadas e insertas en un ángulo de 90° con respecto al fuste (Loewe *et al.*, 1998).

2.1.3 Aspectos reproductivos

Coigüe es una especie monoica, que posee flores masculinas en inflorescencias trifloras, axilares, cortamente pedunculadas. Las inflorescencias femeninas son cortamente pedunculadas, trifloras, axilares (Instituto Forestal, Corporación Nacional Forestal, 1998). Respecto a su floración, ésta se produce entre los meses de septiembre y octubre. Su fruto son tres nueces, la central bialada y las dos laterales trialadas, de 3,5 – 4,5 mm de largo, de color café claro, rodeada por una cúpula de cuatro valvas resinosa (Donoso *et al.*, 1991). La cosecha de sus frutos se realiza entre marzo y abril, según sea la ubicación geográfica.

Las semillas se ubican en el extremo de las ramillas, y generalmente en el lado que recibe más luz. La diseminación es anemófila y ocurre entre enero y febrero (Donoso *et al.*, 1991).

2.1.4 Aspectos genéticos

Donoso, (1994) menciona la posibilidad que exista hibridación entre *Nothofagus dombeyi*, *Nothofagus betuloides* (coigüe de Magallanes) y *Nothofagus nítida* (coigüe de Chiloé), en las áreas de traslapes de estas especies; aproximadamente entre los 40° y 48° S por ambas cordilleras (Loewe *et al.*, 1998).

En Chile estas tres especies de *Nothofagus*, presentan flores, hojas y cutículas de características similares, y se supone además que, éstas especies son de una diferenciación muy reciente (Loewe *et al.*, 1998).

2.2 Conceptos de genética poblacional

La genética de poblaciones contribuye al entendimiento de las bases del mejoramiento de poblaciones de plantas y animales y al mismo tiempo ayuda a comprender los principios sobre los cuales la evolución trabaja en la naturaleza. Para el genetista, una población es un conjunto de individuos de la misma especie que comparten un mismo hábitat, presentan continuidad en el tiempo, y tienen el potencial de aparearse, es decir, la capacidad de intercambiar alelos entre sí (Balocchi y Delmastro, 1993).

Toda población posee un acervo o reservorio genético que la caracteriza y que es transmitido de generación en generación. Las frecuencias alélicas, también llamadas frecuencias génicas, son las proporciones en que se encuentran los diferentes alelos de un determinado gen en una población. Las frecuencias genotípicas son las proporciones de los distintos genotipos en una población de individuos y pueden derivarse fácilmente conociendo las frecuencias alélicas (Balocchi y Delmastro, 1993).

2.3 Conceptos de variación

En cualquier población, como por ejemplo un bosque, muchas veces el medioambiente es el responsable de las posibles variaciones que puedan ser encontradas entre individuos de la misma población o entre poblaciones. Éstas variaciones son la base para una mejora genética, pues existen individuos mejores adaptados para uno o más caracteres específicos, y la utilización de éstos dará como resultado una mejora al carácter que se desea potenciar.

No toda la variación entre los mismos individuos de una especie que ocupan un sitio en particular se debe a factores medioambientales, pues a pesar que dos individuos puedan tener una ubicación similar, que capten la misma intensidad de luz, y que tengan la misma edad, se encontrarán tantas diferencias entre ellos que prácticamente es imposible encontrar a dos individuos idénticos; en este caso entra a jugar las diferencias genéticas de los individuos (Balocchi y Delmastro, 1993).

Las diferencias producidas entre dos individuos de la misma especie que se encuentran en lugares distintos, se producen probablemente por factores del medio. Sin embargo, a medida que el sitio varía, se forman las *razas ecológicas*, como resultado de la selección natural. La variación geográfica es causada tanto por el medio, como por diferencias en la constitución genética de la población (Balocchi y Delmastro, 1993).

La introducción de una especie forestal en sitios fuera de su rango natural de distribución puede entregar muy buenos resultados y dar origen a que la variación de sus características genéticas se exprese más ampliamente en los nuevos hábitat, como parece ser el caso de las plantaciones de *Pinus radiata*, en Chile y Nueva Zelanda. Hay que tener en cuenta que si el origen de las plantaciones es producto de una selección de semillas de unos pocos árboles, esas plantaciones poseen la información genética de esos árboles puntuales, y no representa la variación total de la especie. A futuro, esa pérdida de variabilidad podría llegar a ser muy peligrosa en términos de perpetuidad y de productividad de la plantación (Donoso, 1995).

2.3.1 Componentes y causas de la variación

Existen distintos tipos de adaptaciones, las cuales son:

Adaptaciones al clima. Las variaciones en poblaciones forestales naturales se pueden dar en diferentes niveles, ya sea Geográfico, entre sitios o hábitat distintos, dentro de una procedencia, entre rodales de un mismo sitio, entre individuos del mismo rodal o dentro de un mismo individuo. En estos niveles las diferencias encontradas están relacionadas con la adaptabilidad de la especie a ambientes variados. Los organismos tienen la capacidad para vivir y reproducirse en variadas condiciones de medioambiente, lo cual se llama adaptación (Donoso, 1995).

Las adaptaciones de los individuos o de las poblaciones de una especie a un hábitat o nicho determinado se expresan a través de combinaciones de carácter, procesos metabólicos o vías de desarrollo que a su vez reflejan las características de ese hábitat o nicho (Donoso, 1995).

Adaptaciones al suelo. El suelo, al igual que el clima, es un factor del sitio que sufre una gran variación, pues depende de muchos factores, como la composición del mismo, del clima, de los organismos, la topografía y el tiempo. Es evidente entonces que las plantas deben adaptarse para sobrevivir en la gran variedad de suelos que va a encontrar en su área de distribución.

Adaptaciones a organismos. Los individuos componentes de un ecosistema, no se encuentran solos, más bien se encuentran junto a demás individuos de su misma especie o de especies distintas. Los individuos presentes deben relacionarse entre ellos, competir por nutrientes del suelo y por luz, y por ello es necesario la adaptación a distintas situaciones como por ejemplo captar más o menos luz (tolerancia). También es necesario la adaptación hacia enfermedades

y de insectos que conviven con ellos en el hábitat. Se sabe que existen genotipos resistentes a patógenos, lo cual es de gran ayuda, ya que con manipulación genética se puede aprovechar esta característica en otras partes donde el patógeno sí causa daño a individuos o poblaciones de la misma especie.

2.3.2 *Fenotipo y Plasticidad*

La observación directa a un individuo, da a conocer sus rasgos visuales, esto se llama el *Fenotipo* (F), o sea su fisonomía, la que puede ser muy parecida a otro individuo de la misma especie que se encuentre cercano y que es otro fenotipo. El fenotipo es el resultado de tres componentes: el *Genotipo* (G), que es la constitución genética del individuo, el medioambiente, y la interacción entre genotipo y medioambiente. No es fácil saber si la apariencia del individuo (fenotipo) es controlada por la acción del genotipo o por el medioambiente, para ello se tiene que realizar un cálculo de la variación fenotípica, que es la sumatoria de la varianza genética y la varianza medioambiental. Con estos valores es posible calcular la heredabilidad de un carácter específico, es decir en que porcentaje él depende del genotipo.

De lo anterior se desprende que cada fenotipo es único, ya que la combinación infinita del código genético determina un número infinito de genotipos, y por otro lado están las variaciones medioambientales, las cuales son también infinitas (Donoso, 1995). Cada característica del individuo es proporcionada por información genética precisa, que se expresa en el hábitat donde se desarrolla, de modo que se puede decir que para una característica específica del individuo, el genotipo es uno y bien definido, y los cambios en el fenotipo están relacionados directamente con el medioambiente. Si ese genotipo se desarrollara en ambientes idénticos, daría como resultado fenotipos idénticos, por el contrario, si las diferencias entre medioambientes son muy marcadas afectando al genotipo para un carácter en particular, la posibilidad, sin que haya cambio genético, es que desaparezca del ambiente desfavorable para ese carácter, o bien, que responda produciendo un fenotipo para ese ambiente en particular. En este último caso se habla de plasticidad fenotípica o del fenotipo, que consiste en la capacidad de genotipos de responder a medioambientes distintos produciendo fenotipos radicalmente diferentes (Donoso, 1995).

2.3.3 *Fenotipo y Variación Genética*

Como se dijo anteriormente, plasticidad es la capacidad que tiene el genotipo a adaptarse en ambientes distintos sin experimentar cambios genéticos en algún carácter específico, pero sí cambiando drásticamente, en algunos casos, el fenotipo.

La segunda posibilidad, si la especie ha de sobrevivir, persistiendo en el tiempo bajo una nueva situación ambiental, es que se adapte genéticamente por medio de la selección natural, al cambio del medioambiente.

2.3.4 Factores que afectan la variación.

Los factores que afectan la variación son los siguientes:

Selección. Es considerado como la fuerza guía de la evolución y se define como un cambio dirigido en la frecuencia de los genes tendiente a aumentar la adaptabilidad de la población. La selección disminuye la variación original de la población (Balocchi y Delmastro, 1993).

Mutación. Cambio brusco en la constitución genética de un individuo a nivel de genes o cromosomas. Este cambio puede producir alteraciones funcionales del individuo afectando su fenotipo. Las mutaciones generalmente no llegan a tener éxito en el tiempo, pero la que llega a tener éxito, constituye un aumento muy grande en la variabilidad de la especie.

Migración y deriva genética. Migración es la inclusión de nuevos genes a la población, provenientes de una población vecina. La deriva genética involucra fluctuaciones al azar en la frecuencia de genes debido a error de muestreo. Debido a esto hay una tendencia hacia la fijación de uno u otro alelo, especialmente en poblaciones muy pequeñas.

Introgresión. Es la incorporación de nuevo material genético a través de hibridación, pero en este caso el híbrido se debe cruzar con una de las poblaciones paternas. De esta forma se puede hablar de un tipo especial de inmigración.

2.3.5 Formas de variación

En la naturaleza existen dos tipos de variación: *Clinal* y *ecotípica*, estas variaciones se refieren principalmente a como está distribuida la variación a lo largo de la distribución o distribuciones de una especie.

Cline o variación clinal. Es un cambio continuo o gradual de una característica a lo largo de una gradiente medioambiental (Balocchi y Delmastro, 1993). El cline es normalmente el cambio en una característica como puede ser, el tamaño de la semilla, el tamaño de las hojas, etc.

Ecotipo (raza geográfica, procedencia). El ecotipo es una población de árboles que difieren de otra población en varios caracteres adaptativos. La diferencia entre ecotipos es brusca y estos se encuentran separados, genéticamente aislados y no se produce intercambio genético entre ellos (Balocchi y Delmastro, 1993).

2.4 Conceptos de procedencia

Existen dos conceptos importantes que deben tenerse claro:

Procedencia. El origen geográfico nativo de la semilla o propágulo.

Fuente de semilla. La localidad donde la semilla se recolecta, no necesariamente tiene que ser el lugar de procedencia.

Generalmente el término procedencia y raza geográfica se consideran equivalentes. Raza geográfica se puede definir como una subdivisión de especie. Las razas difieren entre sí en caracteres morfológicos y genéticos, lo que se puede demostrar por observaciones y por experimentos o ensayos. Finalmente se puede decir que las razas geográficas se encuentran limitadas a un hábitat determinado al cual está perfectamente adaptada por obra de selección natural (Balocchi y Delmastro, 1993).

2.4.1 Ensayos de procedencia

Un ensayo de procedencia se establece para determinar la procedencia más adecuada para un lugar específico, esto se realiza una vez que la especie ha reaccionado favorablemente al área de estudio. Antes de establecer un ensayo de procedencia es necesario tener en cuenta algunos factores: latitud, altitud, precipitación y exposición.

Una vez seleccionadas las procedencias, se debe recolectar las semillas. Se deben recolectar semillas de cinco árboles dominantes por procedencia como mínimo (Balocchi y Delmastro, 1993), éstos árboles deben tener características sobresalientes de los demás árboles del lugar, en base a la característica que se desea mejorar y no presentar algún signo de daño, ya sea biótico como abiótico.

2.4.2 Ensayos de progenie

Los ensayos de progenie es la mejor forma de evaluar el valor genético de los progenitores seleccionados. Esto permite distinguir entre los progenitores cuya superioridad fenotípica pudo ser producto de que se desarrollaban en un ambiente favorable y aquellos que son superiores debido a que poseen un buen genotipo.

3. DISEÑO DE INVESTIGACION

3.1 Material

3.1.1 Procedencias

Analizando la distribución geográfica de la especie, las condiciones de suelo y clima en que se desarrollan, las influencias fisiográficas, antecedentes aportados por bibliografía y sugerencias de un panel de expertos, se llegó a ordenar la distribución en grandes regiones de procedencias.

El plan de muestreo de coigüe consideró 19 zonas de procedencia cubriendo toda su distribución natural. En cada zona de procedencia se definieron puntos de muestreo que totalizan la cantidad de 53, cada uno de los cuales fue representado con la semilla de diez árboles no emparentados y de características superiores a la media de los rodales muestreados.

La colecta de semillas se realizó durante dos años (2000 y 2001) en los meses de febrero a abril. Esta se efectuó con cuadrillas compuestas de un escalador, un técnico y un ayudante para colaborar en la separación de frutos.

En la colecta de semillas desde los árboles plus para las pruebas de progenie, se utilizó un criterio de colección por árbol individual.

Durante la primera campaña de colecta de semillas (año 2000) se colectaron 8,17 kg de semillas desde 272 árboles, en 28 puntos de muestreo correspondientes a nueve zonas de procedencias. Posteriormente durante la segunda campaña de cosecha, se complementó la colecta del año anterior agregando 1,55 kg de semillas desde 153 árboles (Cuadro 1).

Cuadro 1. Síntesis de colecta de semillas de coigüe año 2000, 2001 Y Total

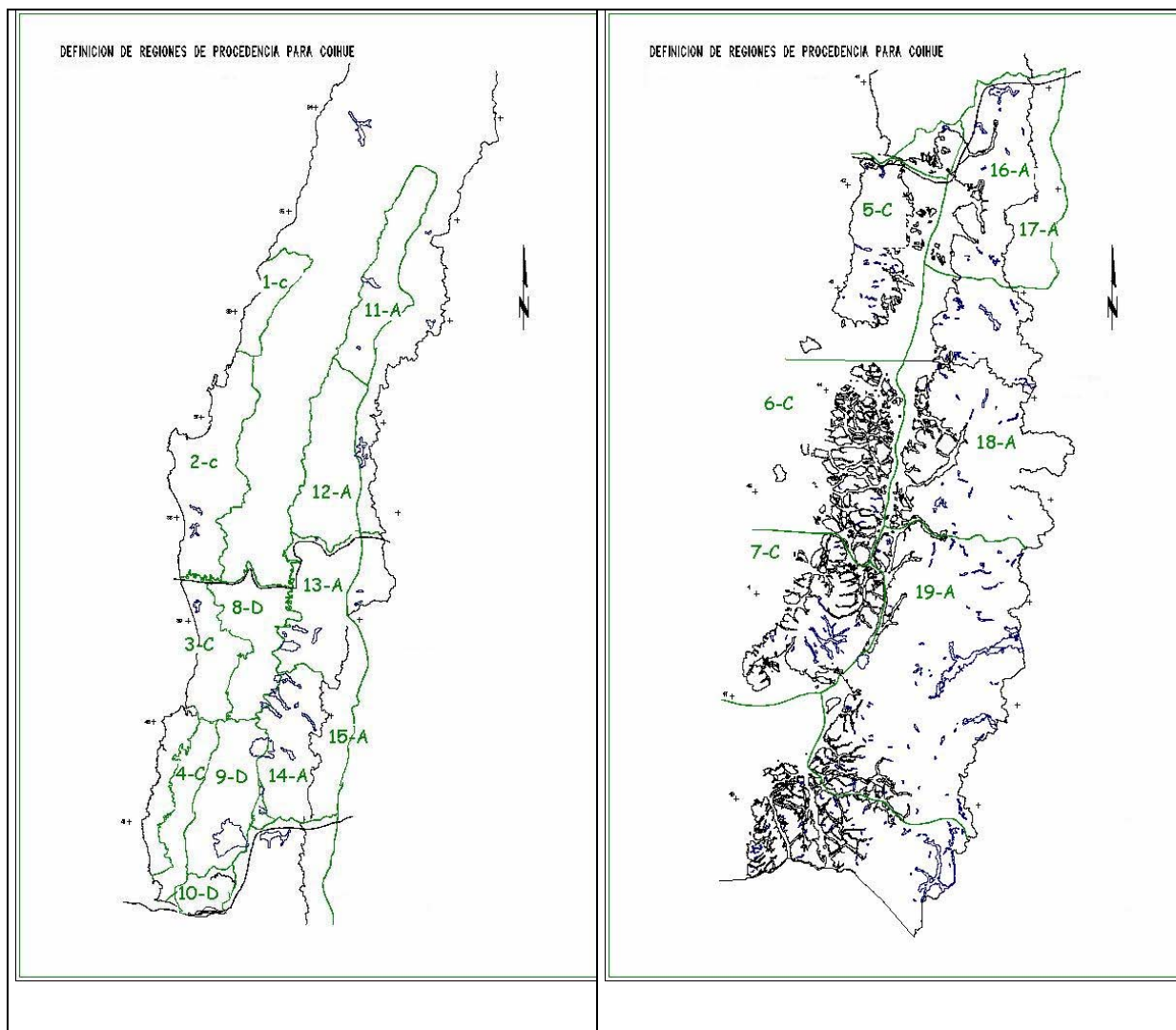
	Colecta		
	2000	2001	Total
Zonas de Procedencia (19)	9	10	14(*)
Puntos de Muestreo (53)	28	16	43(*)
Árboles	272	153	425
Semillas (kg)	8,174	1,546	9,693

(*) Existen zonas y puntos que fueron muestreados en ambas temporadas

En total se muestrearon 43 puntos, correspondientes a 14 zonas de procedencia, alcanzándose un total de 9,69 kg de semillas y 425 árboles muestreados.

Por problemas de accesibilidad y de costos, hubo zonas donde no se pudo realizar el muestreo, éstas son: cuatro puntos en territorio argentino y ocho puntos en territorio nacional de difícil acceso (XI Región), correspondientes a zonas insulares.

Los mapas en los cuales se representan las zonas muestreadas se presentan en la Figura 1.



Nota: Los puntos 15-A, 17-A, 19-A y 7-C no fueron muestreados

Figura 1. Definición de zonas de procedencia para coigüe.

El resumen de la colecta de semillas de ambas temporadas y total a nivel de puntos de muestreo se presenta en el Anexo 1.

3.1.2 *Colecta de semillas*

La colecta de semillas para el muestreo genético se desarrolló siguiendo la siguiente pauta:

- Localización del o los rodales a muestrear.
- Selección del individuo a cosechar.
- Escalamiento del árbol y corte de ramas con frutos.
- Recepción de ramas y prelimpieza de frutos en terreno.
- Rotulado y sellado de bolsas almacenadoras de semillas.
- Envío del material colectado al Laboratorio de Semillas del Instituto Forestal en Concepción.

Previo a la extracción de las semillas, las ramillas con los frutos fueron extendidas en el suelo para orearlas y secarlas, proceso en el cual se abren los frutos y se facilita la extracción de las semillas. Posteriormente cada lote fue envasado en una bolsa plástica, termosellada, etiquetada con la identificación del árbol, y almacenado en refrigerador a una temperatura de 3 a 4°C.

3.1.3 *Viverización de las semillas*

La viverización se realizó en dependencias del Centro de Producción y Experimentación Forestal (CEFOR SA), ubicado en la salida norte de la ciudad de Valdivia.

Todas las prácticas de viverización, considerando como tal los tratamientos pregerminativos, siembra y cuidados culturales de las plantas en los invernaderos, se especifican en la metodología de este estudio, proporcionada por CEFOR SA.

En la Figura 2 se aprecia la distribución de las bandejas semilleras dentro del vivero, las cuales fueron colocadas por orden de siembra. Las etiquetas representan el código único familiar.



Figura 2. Distribución de las bandejas semilleras dentro del invernadero, los letreros blancos indican las familias correspondientes

3.2 Método

Los parámetros a medir en este análisis se dividen en dos grandes grupos: Análisis físico de las semillas y análisis de germinación propiamente tal.

3.2.1 Análisis físico de las semillas

En el análisis físico de la semilla se analizaron dos parámetros, los cuales son:

Número de semillas por kilo. Para la determinación del número de semillas por unidad de peso, la norma ISTA (International Seed Testing Association) exige que la muestra de trabajo corresponda a semilla pura, para determinar así el número de semillas constituidas y con capacidad germinativa potencial, eliminando semillas atrofiadas, semillas de otra especie, materia inerte u otras anomalías (International Seed Testing Association (ISTA), 1996).

En la determinación de este parámetro se usó una muestra de semillas tomadas al azar de cada una de las 425 familias de Coigüe, pudiendo calcular con esto el número de semillas por kilo por familia y promedio por procedencia. Las mediciones de peso se realizaron bajo la metodología establecida por la norma ISTA, pero con algunas modificaciones respecto a la cantidad de semilla a pesar, esto, debido a que la cantidad de semilla en algunas familias no alcanzó a constituir la muestra que establece la norma (cuatro réplicas de 100 semillas por lote).

La metodología en la toma y pesaje de la muestra de semillas fue la siguiente. Se tomaron al azar y pesaron por separado, en gramos, tres réplicas de 100 semillas de cada lote familiar.

Para calcular el número de semillas por kilo se promedió el peso de las tres réplicas y se extrapoló este valor al número de semillas por kilo. Los resultados del pesaje se expresaron en gramos y tabularon con tres decimales.

Además para éste parámetro se observó la variación que tienen los valores dentro de una zona de procedencia.

Peso individual de la semilla. Para la determinación de éste parámetro se utilizó la misma muestra de número de semillas por kilo. Una vez obtenido el número de semillas por kilo por procedencia, mediante regla de tres, se obtuvo el peso individual de las semillas por procedencia.

En la Figura 3 se aprecia la pesa de precisión de tres decimales utilizada para el pesaje de las semillas.



Figura 3. Pesa utilizada para el análisis físico de las semillas; a la izquierda se muestra la pesa propiamente tal, con un grupo de semillas; a la derecha un acercamiento del área de lectura de la información.

3.2.2 Parámetros germinativos

Debido a la escala del ensayo y la poca cantidad de semilla disponible en algunas familias, no se pudieron desarrollar las pruebas de germinación en las condiciones que establece el ISTA, en lo que respecta a condiciones ambientales, equipos y cantidad de semilla a probar. En este caso, los controles de germinación no se realizaron en laboratorio, sino *in situ*, en condiciones de invernadero y sobre las bandejas de siembra. En el Anexo 2 se presenta la Calendarización de la siembra en bandejas semilleras para coigüe.

Las semillas antes de la siembra, fueron sometidas a un tratamiento de remojo por 48 horas en agua con ácido giberélico, para separar las semillas inviables de las viables y para romper la latencia típica de las semillas de coigüe. Posterior a las 48 horas de remojo, se procedió a la siembra en bandejas semilleras de 286 cavidades con un volumen por cavidad de 10 cc. Las semillas fueron puestas de a dos por cavidad, en un sustrato de corteza de pino compostada, mezclada con Osmocote, fertilizante de lenta entrega (formulación química 9 – 45 – 15), para ayudar al desarrollo de las plántulas una vez germinadas.

Las bandejas ya sembradas fueron etiquetadas con las respectivas procedencias y llevadas a invernadero donde se controló la germinación diariamente a partir del día sexto, por un período de 35 días.

Teniendo los datos de germinación, se pueden obtener los siguientes resultados:

- Capacidad Germinativa (CG), corresponde al porcentaje de semillas germinadas que han producido plántulas normales en el periodo de evaluación.
- Energía Germinativa (EG), corresponde al máximo cuociente entre el porcentaje de germinación diaria acumulada por el correspondiente número de días.
- Valor de Germinación (VG), corresponde al producto entre la germinación media diaria y el valor máximo, que corresponde al cuociente entre el porcentaje de germinación en el punto de máxima germinación marginal y el número de días transcurridos.

3.2.3 *Parámetros de crecimiento inicial*

Largo de tallo (LT). Una vez terminado los controles de germinación, se comenzó a medir el parámetro de crecimiento inicial, largo de tallo (LT), en ese tiempo las plántulas tenían una edad aproximada de 40 días.

Mediante un muestreo, se calculó el coeficiente de variación para largo de tallo, y al máximo coeficiente de variación obtenido, se le calculó el n muestral.

Largo de Tallo (LT), medida tomada desde la base de la planta (nivel del cuello) hasta el ápice principal, definido como el extremo superior de la yema terminal. Ésta medida se tomó cada 15 días durante dos meses (diciembre 2001 y enero 2002), luego de haber concluido las mediciones de germinación.

Éste parámetro se aplicó a todas las familias germinadas. Mediante un premuestreo en base a la variabilidad de alturas de las plántulas, se consideró como n el máximo coeficiente de variación obtenido del premuestreo, en el parámetro largo de tallo.

La medición se hizo en forma dirigida a las seis primeras plántulas al inicio de la identificación de cada familia. Si alguna familia poseía menos de seis plántulas la medición se hizo a las plántulas existentes.

Diámetro del cuello (DAC). Las mismas plántulas controladas en largo de tallo, fueron utilizadas para obtener el DAC. Este parámetro fue medido cuando las plántulas tenían siete meses (mayo), con un pie de metro digital se midió el cuello de la plántula, que es el punto donde se diferencia la raíz con el tallo.

3.3 Análisis de datos

3.3.1 Análisis físico de las semillas

Para el análisis físico de las semillas, se utilizaron los parámetros número de semillas por kilo y peso individual de las semillas.

Número de semillas por kilo. Para la determinación de este parámetro, los valores obtenidos del pesaje de las semillas (véase 3.2.1), fueron promediados por zona de procedencia, así se obtuvieron 14 valores los cuales fueron comparados entre sí y latitudinalmente. Se presenta un cuadro resumen con los resultados, y una gráfica donde se muestra la variación geográfica de éste parámetro.

En cada zona de procedencia se calculó el coeficiente de variación, para determinar la variación existente dentro de la procedencia, la cual se presenta mediante gráfica y cuadros.

Peso Individual de la semilla. Para la determinación de éste parámetro los valores obtenidos del pesaje de las semillas (véase 3.2.1), mediante regla de tres se obtuvo el peso individual de la semilla, y los valores fueron promediados por zona de procedencia, realizando lo mismo que en número de semillas por kilo.

3.3.2 Parámetros germinativos

Los parámetros germinativos se calcularon como se señala en el punto 3.2.2, y su análisis fue mediante comparación entre zonas de procedencia con la latitud, mediante gráficas y cuadros.

3.3.3 Parámetros de crecimiento inicial

Los parámetros de crecimiento inicial utilizados fueron: largo de tallo y diámetro de cuello.

Largo de tallo (LT). Con las mediciones ya realizadas (Véase 3.2.3), los datos fueron comparados entre zonas de procedencias (los promedios por procedencia)

y la variación de este parámetro a medida que aumenta la latitud, mediante tablas y gráficas.

Diámetro de cuello (DAC). Los datos obtenidos son promediados por procedencia y se compara la variación a medida que aumenta la latitud, además se obtiene mediante una gráfica la relación existente entre DAC y altura (LT).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Análisis físico de las semillas

Se realizó un análisis geográfico de los parámetros, número de semillas por kilo y peso individual de las semillas. Los resultados se presentan como promedios por procedencia.

4.1.1 Número de semillas por kilo

El rango geográfico donde se realizó la colecta de semillas va desde los 35°10' (Los Queñes) a los 43°50' (Melinka), lo que representa una amplia distribución (más de ocho grados), esto favorece la diferenciación de los caracteres adaptativos de la especie a lo largo de gradientes ambientales.

La variación del número de semillas por kilo varía desde 420.216 a 1.111.111, en las procedencias de Los Queñes y Melinka respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resumen del Número de semillas por kilo en las 14 procedencias de coigüe, ordenadas de menor a mayor latitud

Zona de procedencia	Número de semillas por kilo
11-a***	420.216
12-a***	459.557
1-c*	468.298
2-c*	742.175
13-a***	715.753
8-d**	837.261
3-c*	647.831
9-d**	951.901
10-d**	689.655
14-a***	698.207
4-c*	698.978
16-a***	589.403
5-c*	868.558
6-c*	1.111.111

*. Cordillera de la Costa

**.. Depresión Intermedia

***. Cordillera de los Andes

El peso de las semillas reflejado en el número de semillas por kilo, aumenta a menor latitud, esto concuerda con Donoso (1994), en que las semillas de una especie tiende a aumentar de peso en la medida que aumenta la probabilidad a lo largo de su distribución, de quedar expuestas a la sequedad después que han germinado. La

plántula tiene una mayor exigencia de nutrientes en condiciones de sequedad, por esto desarrolla rápidamente una raíz profunda y extensa que le permita obtener agua y nutrientes que se encuentran a mayor profundidad. En cambio en situaciones de latitudes mayores las semillas son de menor peso lo que implica menor tamaño, por la existencia de mayor cantidad agua disponible, no siendo necesario almacenar gran cantidad de tejido en la semilla, pues el embrión lo puede obtener del sitio con facilidad, por lo tanto el árbol no gasta tanta energía en formar semillas grandes como las de latitudes menores, si no que forma semillas más pequeñas.

En la Figura 4 se observa la variación del número de semillas por kilo en procedencias de coigüe. Se aprecia una pendiente positiva y creciente hacia el sur, lo que concuerda con Ordóñez (1987) y Donoso (1994); o sea, a medida que aumenta la latitud, la semilla de coigüe va disminuyendo su peso y por consiguiente su tamaño, esto se aprecia en la curva general (en la Figura 5 se puede observar este fenómeno con mayor claridad); ahora, si se observa las procedencias por separado (Cordillera de los Andes, Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia), se aprecia que las procedencias costeras y de los Andes presentan una marcada disminución de peso a medida que aumenta la latitud, en cambio las procedencias de la Depresión Intermedia, presentan una dispersión irregular, lo que difiere con lo anteriormente expuesto. Aunque, probablemente este fenómeno se debe a la falta de procedencias para ese sector (lo que hace la muestra poco representativa), o a comunidades discretas que presenten características atípicas para este carácter (altura, humedad, exposición, etc).

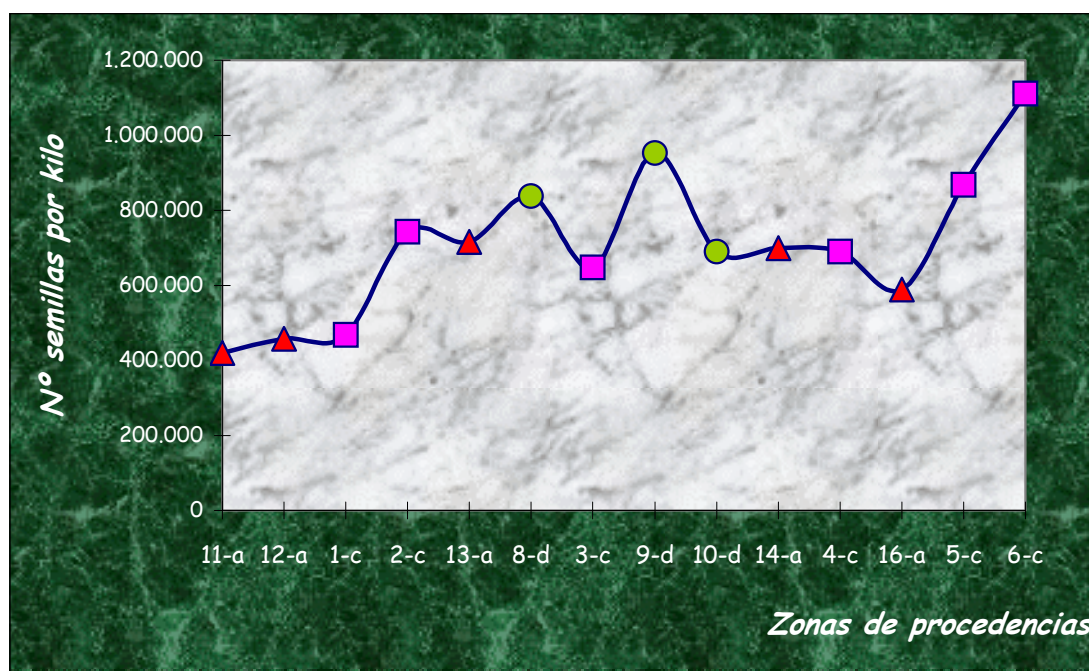


Figura 4. Variación del número de semillas por kilo en procedencias de coigüe, ordenadas de menor a mayor latitud. (▲ representan las procedencias de la Cordillera de los Andes, ■ representan las procedencias de la Cordillera de la Costa y ● las procedencias de la Depresión Intermedia).

Los estudios de Donoso y Ordóñez siguen la tendencia obtenida en este estudio, pero la diferencia más notoria, es que en este estudio las procedencias y los puntos de muestreo son significativamente mayores, por ende una mayor exactitud en los resultados obtenidos.

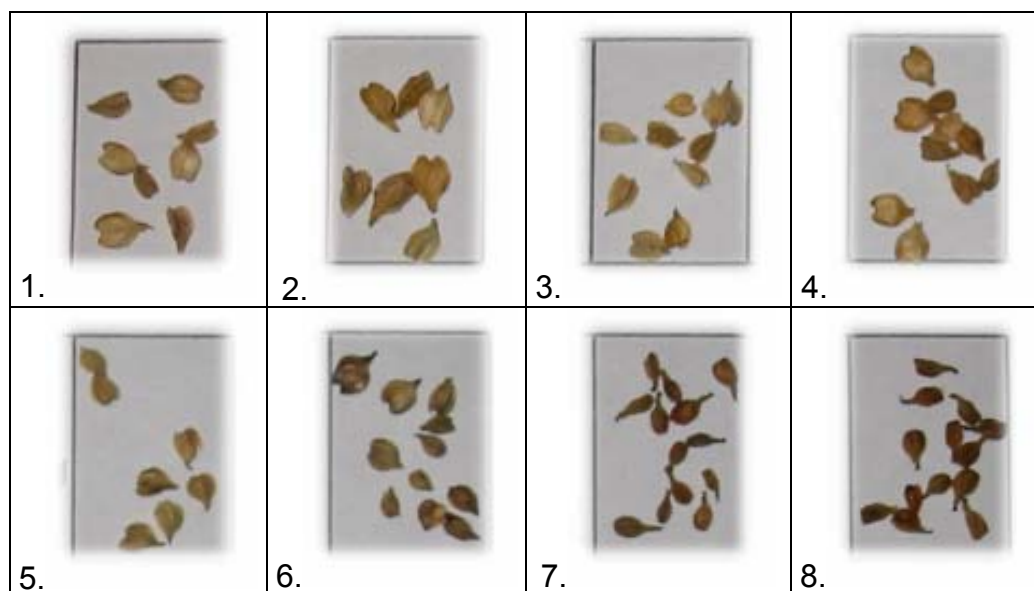


Figura 5. Semillas de coigüe dispuestas en un gradiente latitudinal. [la foto 1. corresponde a la procedencia de más al Norte (Los Queñes), llegando a la foto 8, la cual corresponde a la procedencia de más al Sur (Melinka)].

Como se aprecia en la Figura 5, existe una disminución de tamaño a medida que aumenta la latitud, presentando también un leve cambio de coloración; este oscurecimiento de las semillas se hace más evidente desde las procedencias ubicadas en la Décima Región hacia el sur.

Al respecto, Donoso (1995), se refiere al número de semillas por kilo en roble, el cuál tiende a aumentar a medida que aumenta la latitud y disminuir a medida que aumenta la altitud, pues, a mayor altitud, ocurre el mismo efecto de sequedad y falta de nutrientes que en latitudes menores, lo que produce, que los individuos produzcan semillas más pesadas.

El coeficiente de variación entre zonas de procedencia, para el número de semillas por kilo, se presentan en el Cuadro 3, en el cuál se puede observar que las diferencias son notorias en algunas procedencias.

Las zonas que presentan menor variación son las de la Cordillera de la Costa y Las de la Depresión Intermedia.

Cuadro 3. Coeficiente de Variación para el parámetro número de semillas por kilo, valor obtenido dentro de la zona de procedencia, los valores se encuentran ordenados de menor a mayor variación.

Zona de procedencia	Coeficiente de Variación (%)
6-c	11,743
3-c	15,568
1-c	17,130
10-d	17,442
9-d	18,498
2-c	22,913
8-d	23,256
13-a	23,460
11-a	24,255
5-c	24,596
16-a	25,654
4-c	31,082
14-a	32,145
12-a	37,994

En la Figura 6 se muestra el coeficiente de Variación para el parámetro número de semillas por kilo entre zonas de procedencias y, como éste varía latitudinalmente.

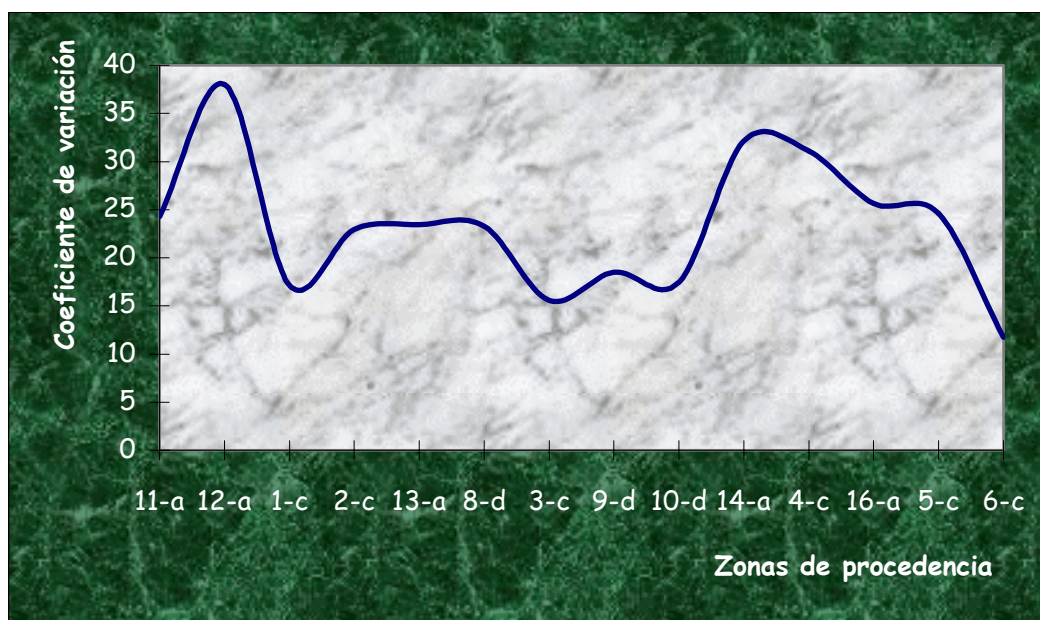


Figura 6. Variación latitudinal del coeficiente de variación para el parámetro número de semillas por kilo entre zonas de procedencias de coigüe, ordenadas de menor a mayor latitud

De la Figura 6 se desprende que no existe una tendencia clara de distribución de éste estadígrafo, aunque se podría observar una homogenización a medida que

aumenta la latitud, sin considerar las zonas de procedencia de la Cordillera de los Andes, las cuales presentan una mayor variación comparada con las de la Cordillera de la Costa y la Depresión Intermedia.

Esta variación se podría explicar de dos maneras: la primera es que la especie tiene una variación natural para este parámetro entre individuos, en el mismo rodal o bosque, y que esta variación natural varíe según latitud, altitud, exposición u otro factor. La otra opción es que las zonas de procedencias abarcaron mucha extensión y podrían existir ecotipos dentro de la zona de procedencia lo que da como resultado esta variación.

4.1.2 *Peso individual de la semilla*

Este parámetro está muy relacionado con el número de semillas por kilo, por lo tanto el comportamiento de éste, debería tener la misma tendencia, aunque en forma inversa (Figura 7), la pendiente de la curva es negativa, decreciente a medida que aumenta la latitud (al contrario de lo que pasaba con el número de semillas por kilo), lo que indica la disminución del peso de las semillas a mayor latitud.

A medida que aumenta la latitud, la semilla se hace más liviana, porque no necesita tanto tejido embrionario, pues el medioambiente puede proveer los nutrientes y agua necesaria para un buen desarrollo inicial de la plántula.

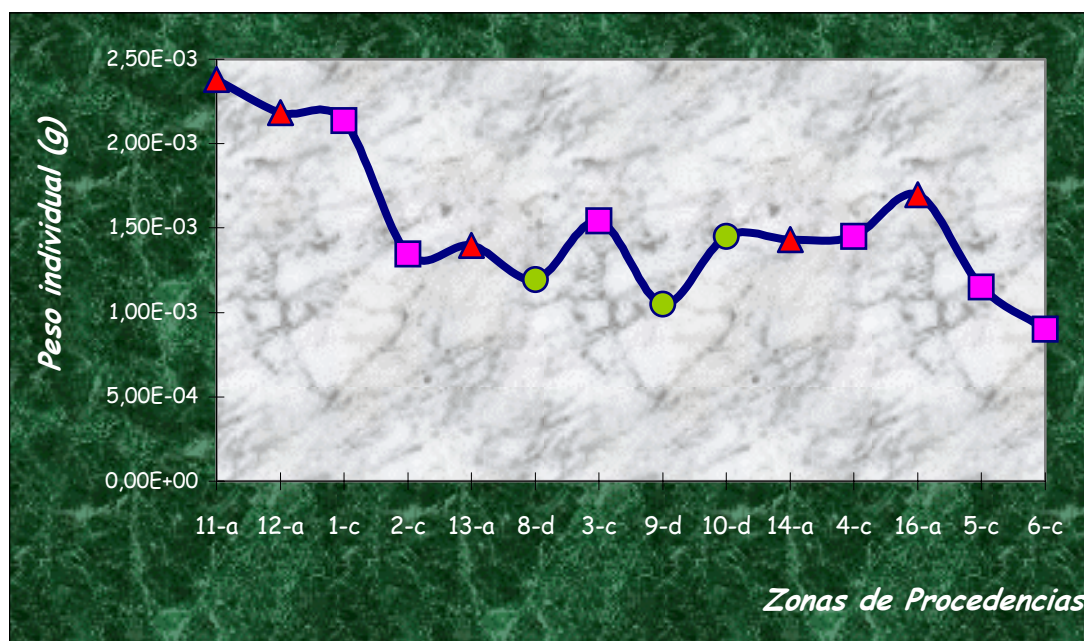


Figura 7. Variación del peso individual de las semillas de coigüe por procedencia. (▲ las procedencias de la Cordillera de los Andes, ■ representan las procedencias de la Cordillera de la Costa y ● las procedencias de la Depresión Intermedia).

El comportamiento de las procedencias de los Andes y de la Costa presentan una buena correlación latitud – peso ($r^2 = 0,49$), en cambio las procedencias de la Depresión Intermedia presentan una distribución irregular, siguiendo una leve tendencia de aumentar el peso a medida que aumenta la latitud, esto probablemente se debe al reducido número de procedencias de éste sector, o a comunidades discretas que presenten características atípicas para este carácter (altura, humedad, exposición, etc).

4.2 Parámetros germinativos

Los resultados obtenidos se presentan en porcentaje en el Cuadro 4, el cual es el resumen promedio por zona de procedencia.

En la Figura 8 se aprecia la germinación para una familia representativa de todas las procedencias de coigüe. Se aprecia un ascenso rápido en los primeros trece días, para luego presentar leves oscilaciones, y una disminución paulatina. Esta disminución paulatina que comienza el día 24, representa la mortalidad de las plántulas, la cual se produce por factores externos (temperatura, sequedad, humedad etc.), o propio de la procedencia (poca adaptabilidad al lugar de germinación).

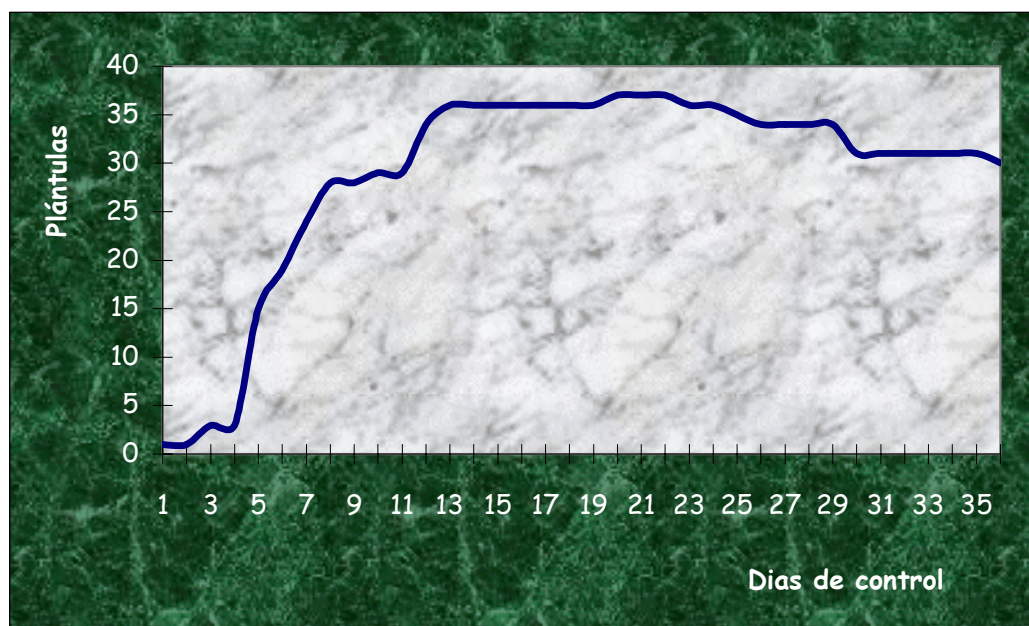


Figura 8. Curva de germinación para una familia de las procedencias de coigüe.

En la Figura 9 se aprecian las curvas de capacidad germinativa, energía germinativa y valor de germinación para las procedencias de coigüe, en la cual se pueden identificar oscilaciones marcadas para los tres parámetros, y una disminución también para los tres parámetros a medida que aumenta la latitud. Ambas curvas

siguen patrones similares entre ellas, lo que indica una buena correlación (mediante regresión lineal se obtuvo un r^2 de 0,938; 0,840 y 0,830 para los parámetros CG – EG, CG – VG y EG – VG respectivamente, lo que corrobora la buena asociación entre éstos parámetros).

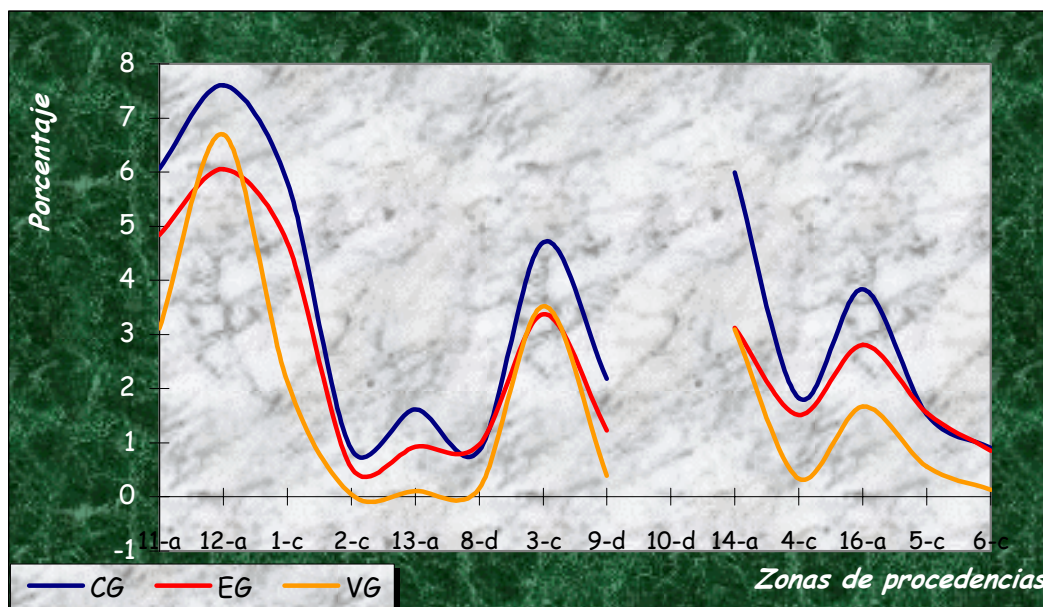


Figura 9. Variación de la Capacidad Germinativa, Energía germinativa y Valor de Germinación en procedencias de coigüe, ordenadas de menor a mayor latitud.

En el Cuadro 4 se aprecian los valores de los tres parámetros germinativos para las zonas procedencia de coigüe. Se observa que el valor más alto alcanzado por los parámetros es en la zona de procedencia 12-a (37°30' latitud sur), lo cual indica buena germinación (comparados con las otras zonas de procedencia).

Se desprende del Cuadro 4 que las procedencias con mayores y menores valores en los parámetros germinativos son 11-a (35° a 36° latitud sur por la Cordillera de Los Andes) y 2-c (37° a 38° latitud sur por la Cordillera de la Costa).

En todas las procedencias las curvas de Capacidad Germinativa y Energía germinativa son muy similares, esto indica que las procedencias que entregaron un alto valor de Capacidad Germinativa, fueron, las que germinaron más rápido (EG).

Las procedencias de la Cordillera de los Andes presentan los valores más altos en los tres parámetros, disminuyendo de norte a sur, aunque en la procedencia 13-a (Reserva Malleco, Malalcahuello; Lago Colico y Parque Nacional Huerquehue) se observa quiebre en la tendencia de estos parámetros, para volver a la tendencia observada, en la zona de procedencia 14-a (sur de la Región de la Araucanía y Norte de la Región de Los Lagos) hacia el sur.

Cuadro 4. Capacidad Germinativa, Energía germinativa y Valor de Germinación en procedencias de coigüe, ordenadas de menor a mayor latitud.

Zona de Procedencia	CG	EG	VG
11-a	6,064	4,839	3,114
12-a	7,606	6,049	6,691
1-c	5,817	4,698	2,126
2-c	0,882	0,537	0,044
13-a	1,620	0,928	0,108
8-d	0,861	0,966	0,160
3-c	4,708	3,376	3,516
9-d	2,183	1,224	0,390
10-d	---*	---*	---*
14-a	5,993	3,126	3,090
4-c	1,822	1,507	0,335
16-a	3,831	2,813	1,666
5-c	1,520	1,557	0,557
6-c	0,904	0,853	0,129

*no hubo germinación para esta procedencia.

Las procedencias de la Cordillera de la Costa también presentan una disminución en los parámetros germinativos a medida que aumenta la latitud con oscilaciones más notorias que las procedencias de los Andes. Las procedencias 2-c y 3-c (Novena y Décima Región norte), presentan oscilaciones marcadas, disminuyendo en 2-c y aumentando bruscamente en 3-c para mantener un descenso sostenido en los parámetros a medida que aumenta la latitud.

Las procedencias de la Depresión Intermedia, no presentan gran número, por lo cual la tendencia no es significativa, aunque presentan una baja en el valor de los parámetros comparados con las de la Cordillera de los Andes y de la Costa, y en una zona de procedencia no hubo germinación alguna.

Las curvas separadas por zona (Cordillera de los Andes, Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia) se presentan en el Anexo 3.

Apreciando el Anexo 3-A se podría decir que se trataría de dos ecotipos distintos, pues la disminución tan abrupta en la zona de procedencia 13-a y la elevación subsiguiente hacia el sur, propone esa conclusión, lo que se podría corroborar con un estudio más exhaustivo, otra hipótesis en juego sería que la tendencia forma un cline latitudinalmente, y que en la zona de procedencia 13-a (38° latitud sur aproximadamente) se forme un ecotipo distinto, producto de algún factor medioambiental o edáfico

En el Anexo 3-B la tendencia de las curvas también hace pensar de la existencia de dos ecotipos y concuerda con las procedencias de la Cordillera de los Andes, este fenómeno se produce alrededor de los 38°30', en el cual se aprecia una disminución acentuada de los parámetros.

En las procedencias ubicadas en la Depresión Intermedia (Anexo 3-C) por haber sólo tres zonas de procedencias, no existe una tendencia clara, por lo cual se tendría que aumentar los puntos de muestreo en éstas áreas para tener una visión más clara, o disminuir las áreas que abarca cada zona, para que sean más representativas.

Medina (2000), presenta algo similar en procedencias de raulí en la misma latitud ($38^{\circ}30'$), pero a diferencia de las procedencias de coigüe, los resultados de los parámetros hacia el norte presentaban valores altos, y en el punto en cuestión los valores disminuían abruptamente. En el caso de las procedencias de coigüe la curva sufre un quiebre repentino en esa área, para luego aumentar, aunque con valores inferiores de los evidenciados al norte de ese punto. Para corroborar esta hipótesis se tendría que realizar un estudio mas acabado de estos parámetro y para esa área específica.

Donoso (1979), en un análisis de poblaciones andinas de roble, encontró dos ecotípos de ésta especie en el paralelo 38° latitud sur, uno con alta germinación producto de una buena respuesta a la estratificación (norte), y el ecotipo sur con una baja respuesta a la estratificación, por consiguiente una baja germinación.

Sobre la base de lo expuesto por éstos dos autores, y por los resultados de germinación obtenidos en éste estudio, se podría inferir que entre los paralelos 38 y 39° latitud sur, existen condiciones ambientales o edáficas, que causa un quiebre en los valores de los parámetros de germinación en coigüe y en las otras especies mencionadas, produciendo dos ecotípos, uno al norte de los 38° latitud sur y otro al sur, esta hipótesis se tendría que argumentar con un estudio más acabado (de orden genético), para obtener un resultado determinante.

Un resumen de los resultados obtenidos para el análisis físico y para los parámetros de germinación se presenta en el Anexo 4. Se puede observar un resumen por punto de muestreo.

La capacidad germinativa obtenida para las zonas de procedencia es baja, no alcanzando el 8% (varía entre 0,8 a 7,2%), estudios relacionados, como el de Medina (2000), en raulí, obtiene una capacidad germinativa que varía entre 19 a 92%, lo que difiere enormemente con lo obtenido en coigüe. Otro estudio realizado por Ordóñez (1987), en coigüe con distintos tipos de tratamientos pre-germinativos, obtiene una capacidad germinativa de 13,1%.

Con relación a lo anterior, Donoso (2002), obtiene la capacidad germinativa para las especies coigüe, roble y raulí, previa estratificación en arena húmeda, los valores de CG para las especies son de 24,5% para coigüe, 65,11% para roble y 84,7% para raulí. En el estudio de Donoso, la CG en coigüe en relación al obtenido en el presente estudio es muy elevada, una posible explicación es la estratificación en arena húmeda.

4.3 Parámetros de crecimiento inicial

4.3.1 Largo de Tallo (LT)

Las mediciones comenzaron una vez concluida la germinación, cuando las plántulas tenían alrededor de 45 días. En la Figura 10 se aprecian plántulas de coigüe con cinco meses de edad, cuando todos sus controles habían concluido.



Figura 10. Plántulas de coigüe con cinco meses de edad, luego de haber realizado todos los controles.

Luego de las mediciones de crecimiento inicial; concluido los tres meses y medio de edad de las plántulas, se presenta en el Cuadro 5 el resumen de la altura al final del control, y en la Figura 11 todas las alturas de las plántulas, promedio por procedencia, controladas cada 15 días.

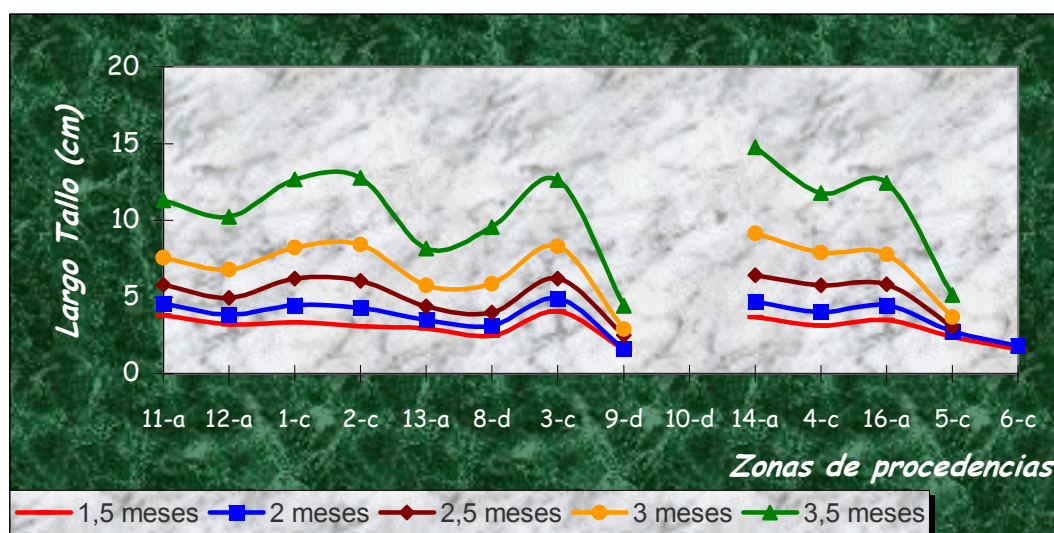


Figura 11. Variación geográfica del crecimiento inicial en altura, medido en intervalos de edades, en plantas de procedencias de coigüe, ordenadas de menor a mayor latitud.

El crecimiento en altura tuvo un crecimiento irregular entre procedencias, habiendo una disminución notoria en la procedencia 9-d, disminuyendo a más de la mitad comparado con las otras procedencias. Las procedencias de latitudes mayores (5-c y 6-c) presentan una disminución de crecimiento a medida que aumenta la latitud. Esto se puede deber al tamaño de la semilla, pues a mayor latitud, el tamaño de ésta va disminuyendo, y puede ser factor determinante en el crecimiento en altura de las plántulas.

Efectivamente un análisis de correlación arrojó un r^2 de 0,395, lo cual indica que existe una ligera correlación entre éstas variables, o sea que a medida que aumenta el tamaño de la semilla, el desarrollo inicial de la plántula es mayor comparado con las de semillas más pequeñas (Figura 12). Es decir, el mayor tamaño del embrión y la mayor reserva nutritiva en las semillas grandes, producen plántulas de mayor desarrollo, tanto aéreo como radicular, y que dicha influencia se prolonga hasta que salen las hojas verdaderas, o hasta que se acaben las reservas nutritivas de la semilla.

Comparando la Figura 11 con la Figura 9, o sea el crecimiento inicial del tallo, con los parámetros germinativos, se puede ver que las semillas con los menores valores en germinación tienen también los menores valores en crecimiento. Un análisis de correlación entregó un r^2 de 0,444, lo cual indica una asociación entre éstos parámetros con el crecimiento inicial del tallo. O sea a mayor capacidad germinativa, mayor es el crecimiento inicial de las plántulas.

Cuadro 5. Largo de tallo (LT) en plántulas de procedencia de coigüe a los 3 meses y medio de edad.

Zona de procedencia	Largo de Tallo (cm)
1-c	12,648
2-c	12,775
3-c	12,618
4-c	11,774
5-c	5,145
6-c	0,000
8-d	9,550
9-d	4,433
10-d	0,000
11-a	11,305
12-a	10,233
13-a	8,158
14-a	14,751
16-a	12,443

La tendencia de que a mayor tamaño de la semilla mejor desarrollo inicial en las procedencias de coigüe, concuerda con lo señalado por Ipinza *et al.*, (2000), los cuales detectan el mismo fenómeno en raulí.

Las procedencias septentrionales de la Cordillera de la Costa presentan un mejor desarrollo inicial que las procedencias de la misma latitud de la Cordillera de los Andes; lo contrario ocurre en las procedencias meridionales, o sea las procedencias de la Cordillera de los Andes presentan un mejor desarrollo inicial que las de la Cordillera de la Costa en la misma latitud. Con lo anteriormente expuesto, se podría inferir que la altura es un factor determinante en el desarrollo inicial de las plantas.

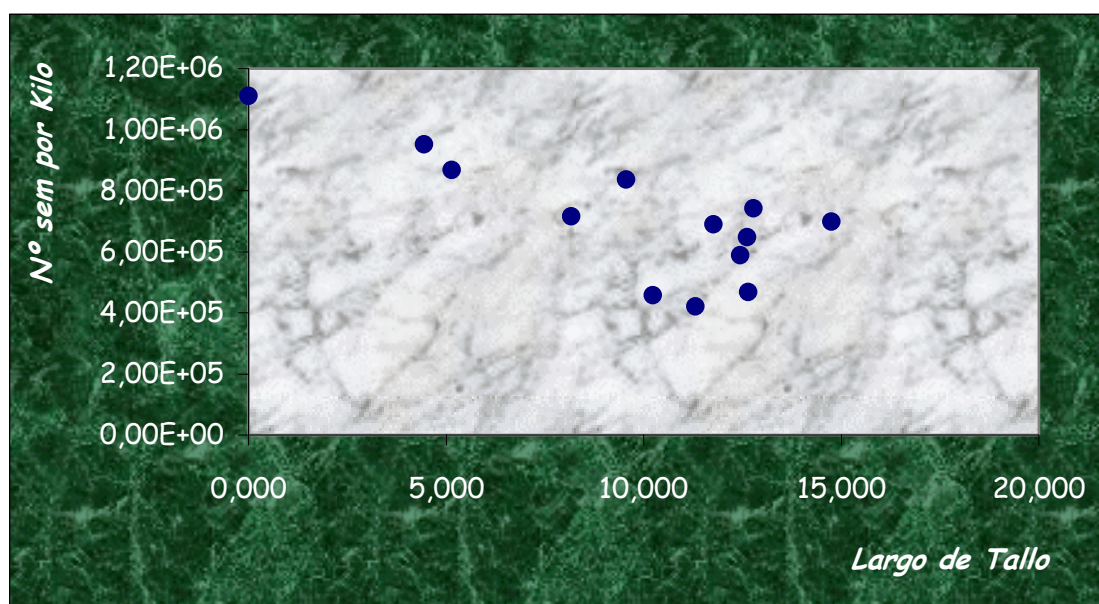


Figura 12. Relación entre número de semillas por kilo y el largo de tallo, en procedencias de coigüe

En la Figura 12 se puede apreciar una tendencia inversa en el número de semillas por kilo y largo de tallo, o sea que a medida que la semilla se hace más pesada, aumenta desarrollo inicial de las plántulas, lo cuál concuerda con lo anteriormente expuesto.

4.3.2 Diámetro de cuello (DAC)

A las mismas plántulas a las cuales se le midió el largo de tallo, se les midió también el DAC, cuando las plántulas tenían 7 meses.

En la Figura 13 se presentan la variación geográfica del DAC, la cual no presenta una tendencia clara a medida que aumenta la latitud, lo que indica que ésta no afecta de manera determinante a este parámetro. Los mayores valores para éste parámetro se obtienen en las zonas de procedencia de la Depresión Intermedia, en cambio en las otras zonas no existe una clara diferencia (Cordillera de los Andes y Cordillera de la Costa).

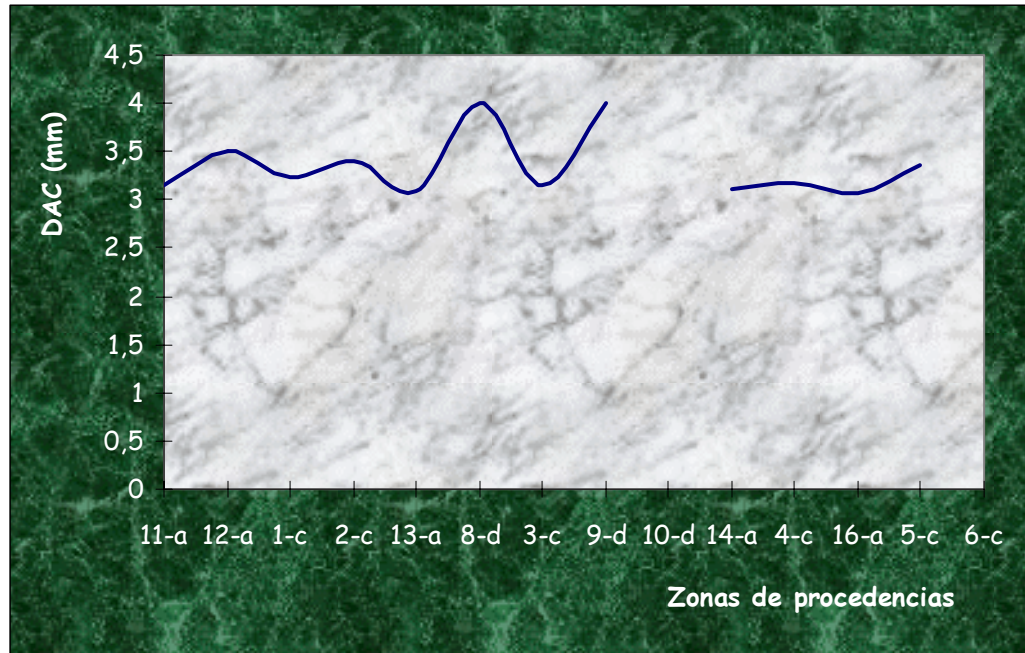


Figura 13. Variación geográfica del diámetro de cuello (DAC) en procedencias de coigüe, ordenadas de menor a mayor latitud.

La relación largo de tallo y DAC se presenta en la Figura 14.

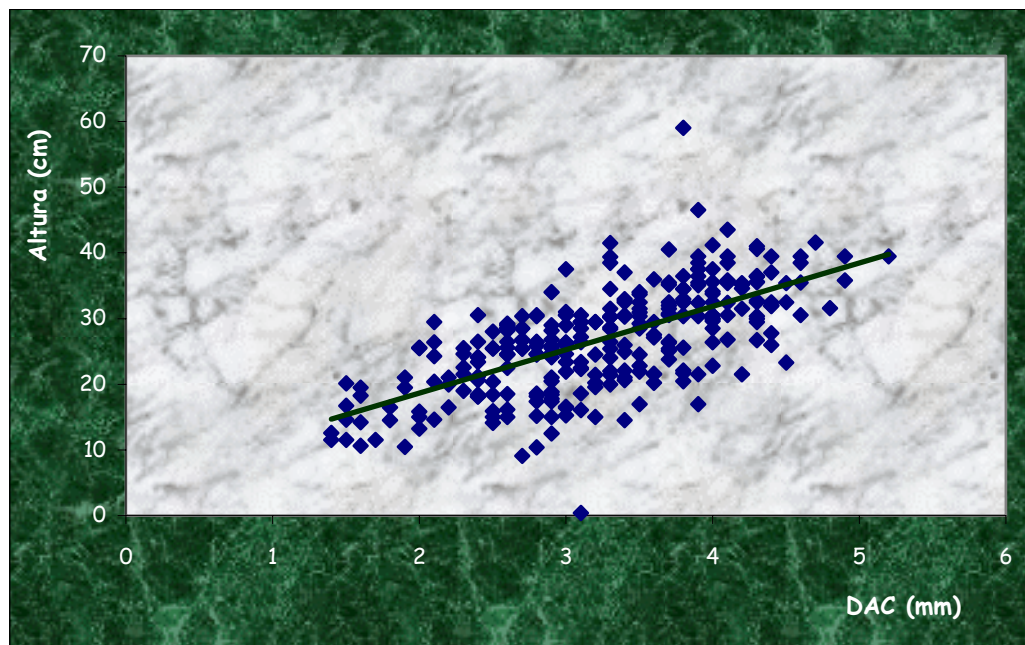


Figura 14. relación entre DAC y Altura de las plántulas de coigüe.

En la Figura 14 se puede observar que la relación entre altura y DAC es directamente proporcional, o sea, a medida que aumenta la altura también lo hace el DAC. Existen algunos valores *outlayers*, pero la tendencia es clara.

5. CONCLUSIONES

El número de semillas por kilo en coigüe, tiende a aumentar, a medida que aumenta la latitud, como producto de la respuesta al gradiente climático existente; en general se aprecia un cline tanto en la Cordillera de los Andes y de la Costa (no siendo éste muy notorio en la Depresión Intermedia), producto a la existencia de ecotipos o a que la muestra no sea representativa. El rango de valores observados varía desde 420.216 a 1.111.111 semillas, en procedencia de Los Queñes y Melinka respectivamente.

Existe una variación significativa dentro de algunas zonas de procedencias en cuanto al parámetro número de semillas por kilo. Esta variación se podría explicar mejor con un análisis genético, ya que existen dos posibilidades. La primera es que coigüe presente una variación natural en éste parámetro, influenciado por la latitud, altura, exposición, competencia por la luz, u otros factores. La otra opción es que las zonas de procedencias sean demasiado extensas y existan dentro de ella ecotipos, lo cual provoque esta variación significativa.

La menor y mayor variación se obtiene en conjunto para la Depresión Intermedia y la Cordillera de los Andes respectivamente.

El peso individual de la semilla disminuye a medida que aumenta la latitud, producto de la menor escasez de agua y nutrientes, lo que produce que la semilla contenga menor tejido embrionario, disminuyendo así su peso.

Las procedencias que entregaron un alto valor de Capacidad Germinativa, fueron, las que germinaron más rápido (EG). El análisis de correlación entregó que ambos parámetros presentan una fuerte asociación (r^2 de 0,938).

Coigüe presenta mejores condiciones de germinación en la Cordillera de los Andes, pues los valores más altos en los tres parámetros analizados se obtienen para esa zona, seguido por la Cordillera de la Costa.

Entre los paralelos 38 y 39° latitud sur, existen condiciones ambientales o edáficas, que causa un quiebre en los valores de los parámetros de germinación en coigüe, lo que probablemente se trataría de dos ecotipos, uno al norte de los 38° latitud sur con mayor valor en germinación y otro al sur, con valores de germinación menores, esta conclusión preliminar se tendría que comprobar con un análisis genético, para corroborar esta hipótesis.

Las procedencias con mayores y menores valores en los parámetros germinativos son 11 – a (35 a 36° latitud sur por la Cordillera de Los Andes) y 2 – c (37 a 38° latitud sur por la Cordillera de la Costa). Cabe mencionar que en la zona de procedencia 10 – d no se obtuvo germinación.

El crecimiento inicial de las plántulas se ve influenciado por el tamaño de las semillas. El mayor tamaño del embrión y la mayor reserva nutritiva en las semillas grandes, producen plántulas de mayor desarrollo, tanto aéreo como radicular, y que dicha influencia se prolonga hasta que salen las hojas verdaderas, o hasta que se acaben las reservas nutritivas de la semilla.

Las procedencias de la Cordillera de los Andes en la zona norte de la distribución presentan un menor crecimiento inicial, comparado con las de la Cordillera de la Costa en la misma latitud, pero esto se invierte en la zona sur. Con lo anteriormente expuesto, se podría inferir que la altitud, es un factor determinante para el desarrollo inicial de las plantas.

Las semillas que presentan los parámetros germinativos más altos (Capacidad Germinativa, Energía Germinativa y Valor de Germinación), presentan un mejor desarrollo inicial.

No existe una tendencia clara a medida que aumenta la latitud en el parámetro diámetro de cuello, por lo tanto, quizás éste parámetro es afectado por factores genéticos, ya que el medioambiente es controlado en condiciones de vivero.

6. SUMMARY

Evaluation of Geographic Behavior in Seminal an the Initial Growing parameters of the Plants, in Origins of *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.

The general objective of the present work consisted of on the one hand evaluating the behavior of germinations parameters and initial development of the plants, and by another one, making a simple analysis of the geographic variation of these parameters in the 14 origins of Coigüe.

The work material used was seeds from an open pollination seeds from 14 origin, subdivided in 43 points of sampling, which are distributed from 35°10' to 43°50' South latitude.

In the physical analysis of the seeds, it is possible to say that the number of seeds by kilo is increased from north to the south. The variation of the number of seeds by kilo varies from 420,216 to 1,111,111 seeds.

On the basis of the obtained germinations parameters in this study, Coigüe show a better germination at zones of origin of the Cordillera de los Andes, followed by the Cordillera de la Costa and the Depresion Intermedia.

The initial development of the plants is tied to the size of the seed, then, a bigger seed has bigger tissue, which provided food for the seedling to the adequate develops of the root system in the first stage of this development.

Key words: Nothofagus dombeyi, Zones of origins, Number of seeds by kilo, Germination, initial growth.

BIBLIOGRAFIA

- Balocchi, C. y Delmastro, R. 1993. Principios de Genética Forestal. Valdivia (Chile). Universidad Austral de Chile. 179 p.
- Donoso, C. 1979. Variación y tipos de diferenciación en poblaciones de Roble (*Nothofagus obliqua* [Mirb] Oerst.). Bosque 3 (1): 1-14
- Donoso, C.; Escobar, B. y Cortés, M. 1991. Técnicas de Vivero y Plantación para Coigüe (*Nothofagus dombeyi*). Documento Técnico N° 55. Chile Forestal. Junio de 1991. 53 p.
- Donoso, C. 1994. Árboles Nativos de Chile, Guía de reconocimiento. 6^{ta} ed. Valdivia (Chile). Marisa Cúneo Ediciones. 116 p.
- Donoso, C. 1995. Bosques templados de Chile y Argentina; Variación, Estructura y Dinámica. Santiago (Chile). 3^{da} ed. Universitaria. 484 p.
- Donoso, C. 2002. Investigación en Bosques Nativos de Chile. Santiago. CONAF. s.p.
- Gutiérrez, B. 2000. Ganancias Genéticas Esperadas para Producción de Primera Generación de *Nothofagus*. Capítulo 23. In: Ipinza, R. Gutiérrez, B. Emhart, V. Domesticación y Mejora Genética de Raulí y Roble. Valdivia (Chile). Universidad Austral de Chile / Instituto Forestal. pp. 391 – 402
- Instituto Forestal (Chile). Corporación Nacional Forestal (Chile). 1998. Monografía de Coigüe *Nothofagus dombeyi*. Santiago (Chile). FIA, CONAF, INFOR. 113 p.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1996. International Rules for Seed Testing 1996. 6^a Ed. Zürich (Switzerland). Seed Science & Technology, 24. supplement. 335p.
- Ipinza, R. Gutiérrez, B. Medina, A. 2000. Ganancias Genéticas Esperadas para Producción de Primera Generación de *Nothofagus*. Capítulo 20. In: Ipinza, R. Gutiérrez, B. Emhart, V. Variación Genética del Peso y Forma de Semilla, y Crecimiento Inicial de Procedencias Naturales de *N. alpina* y *N. obliqua* en Chile. Valdivia (Chile). Universidad Austral de Chile / Instituto Forestal. pp. 323 – 348
- Ipinza, R., Espejo, J. 2000. Biología reproductiva en *Nothofagus*. In: Ipinza, R. Gutiérrez, B. y Emhart, V. Domesticación y Mejora Genética de Roble y Raulí. Valdivia (Chile). Universidad Austral de Chile / Instituto Forestal. pp. 75-93

- Loewe, V.; Toral, M.; Camelio, M.; Lopez, C. y Urquieta, E. 1998. Potencialidad de Especies y Sitios para una Diversificación silvícola Nacional, Monografía de Coigüe. Santiago (Chile). Neuenschwander & Cruz. 112 p.
- Medina, A. 2000. Determinación del Grado de Control Genético en Parámetros de Calidad y Forma de la Semilla, Parámetros Germinativos y Variables de Crecimiento Inicial para Procedencias de *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oerst. Tesis Ing. Forestal. Valdivia (Chile). Universidad austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 71 p.
- Ordoñez, A. 1987. Germinación de las Tres Especies de *Nothofagus* Siempreverde (Coigües), y Variabilidad en la Germinación de Procedencias de Coigüe común (*Nothofagus dombeyi* [Mirb.] Oerst.). Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 134 p.
- Strausburger, E; Noll, F; Schenck, H. Schimper, A. 1994. Tratado de Botánica. Trad. por María Jesús Fortes Fortes. 8ª ed. Ediciones Omega. 1068 p.

ANEXOS

Anexo 1.
Colecta de semillas de Coigüe total 2001 – 2002.

Anexo disponible en documento impreso.

Anexo 2.

Calendarización de la siembra en bandejas semilleras de Coigüe, los números representan a las familias que fueron sembradas ese día.

Anexo disponible en documento impreso.

Anexo 3.

Variación de los parámetros Capacidad Germinativa, Energía Germinativa y Valor de Germinación, para las zonas de procedencia de Coigüe separadas en Cordillera de los Andes (3 – A), Cordillera de la Costa (3 – B) y Depresión Intermedia (3 – C).

Anexo disponible en documento impreso.

Anexo 4.
Resumen de los parámetros Físicos y germinativos por punto de muestreo,
para Coigüe

Anexo disponible en documento impreso.