



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Estado de desarrollo *ex-situ* de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), keule (*Gomortega keule* (Mol.) Baillon) y belloto del sur (*Beilschmiedia berteriana* (Gay) Kosterm.) en Valdivia**

Patrocinante: Sr. Juan E. Schlatter W.

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


**ALAMIRO GASPAR NAVARRETE GUERRA**

VALDIVIA  
2006

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		<b>Nota</b>
Patrocinante:	Sr. Juan Schlatter	6,0
Informante:	Sr. Víctor Gerding	5,7
Informante:	Sr. Carlos Le-Quesne	6,0

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.



---

Sr. Juan Schlatter V.

A mis padres por su gran apoyo para lograr este objetivo, a mi familia que de una u otra forma me dieron su respaldo y amigos que hicieron mucho más grata esta aventura.

## ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. Introducción	1
2. Marco teórico	2
2.1 Quillay	2
2.1.1 Descripción de la especie	2
2.1.2 Distribución natural	2
2.1.3 Características climáticas	2
2.1.4 Características de suelo	3
2.2 Keule	3
2.2.1 Descripción de la especie	3
2.2.2 Distribución natural	3
2.2.3 Características climáticas	4
2.2.4 Características de suelo	4
2.3 Belloto del sur	5
2.3.1 Descripción de la especie	5
2.3.2 Distribución natural	5
2.3.3 Características climáticas	5
2.3.4 Características de suelo	5
2.4 Fundamentos para el diagnóstico	5
2.4.1 Clima	6
2.4.2 Suelo	6
2.4.3 Metodología y contribución del análisis de suelo	7
2.4.4 Metodología y contribución del análisis foliar	8
2.4.5 Evaluación del crecimiento de los árboles y vigor de la copa	8
3. Diseño de investigación	9
3.1 Caracterización del área de estudio (Arboretum)	9
3.1.1 Características macroclimáticas	9
3.1.2 Clima local	9
3.1.3 Suelos	10
3.2 Especies a evaluar	10
3.3 Metodología	11
3.3.1 Comparación climática	11
3.3.2 Geomorfología y suelos	12
3.3.3 Flora acompañante y grado de competencia Inter e intraespecífica	12
3.3.4 Características de las especies	12
3.3.5 Análisis foliar	12
3.3.6 Análisis fustal	14

4.	Resultados	16
4.1	Comparación climática	16
4.2	Características del suelo	19
4.3	Flora acompañante y grado de competencia	21
4.4	Características dasométricas y aspecto general de las especies	22
4.5	Estado nutritivo de los árboles	23
4.6	Análisis fustal en Keule	25
5.	Discusión	28
6.	Conclusiones	31
7.	Bibliografía	32

#### Anexos

1	Abstract y keywords	
2	Registros de precipitaciones, temperaturas y número de heladas por mes para Valdivia, durante el período 1995-2001. Estación Isla Teja y registros de precipitaciones y temperaturas promedio para Ovalle, Santiago, Los Angeles, Constitución, Concepción y Panimavida	
3	Descripción series de suelo Correltúe y Valdivia	
4	Procedimiento en análisis químico en suelos, foliar, madera y corteza	
5	Características morfológicas y físicas del suelo	
6	Características químicas de suelo	
7	Información dasométrica de especies	
8	Resultados de medición anillos, densidad de la madera y tasas de crecimiento obtenidos en keule	
9	Fotografías de rodela de keule	

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Registro meteorológico en el período 1995 – 2001	9
Cuadro 2. Características de especies	10
Cuadro 3. Comparación climática entre área de estudio y zonas de distribución natural	16
Cuadro 4. Resultados análisis químico de suelos en calicata N° 1, <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	19
Cuadro 5. Resultados análisis químico de suelos en calicata N° 2, <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	19
Cuadro 6. Resultados análisis químico suelos en calicata N° 1 , <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	20
Cuadro 7. Resultados análisis químico de de suelos en calicata N° 2 , <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	20
Cuadro 8. Resultados análisis químico de suelo superficial (0-20 cm), <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	21
Cuadro 9. Resultados del análisis químico del suelo superficial (0-20 cm), <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	21
Cuadro 10. Características dasométricas de las especies analizadas, <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	22
Cuadro 11. Porcentaje de árboles por categorías para formas del fuste y vitalidad de la copa de las especies analizadas, <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	23
Cuadro 12. Resultados análisis foliar en quillay, <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	24
Cuadro 13. Resultados análisis foliar en keule 1, <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	24
Cuadro 14. Resultados análisis foliar en keule 2, <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	24
Cuadro 15. Análisis químico de madera y corteza en keule, <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	25
Cuadro 16. Resultados del análisis foliar en belloto del sur, <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	25
Cuadro 17. Densidad de la madera de keule, <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	26
Cuadro 18. Tasas promedio de crecimiento medio anual para keule <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Ubicación área de estudio y esquema de ubicación de las especies en el <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	11
Figura 2	Quillay, vigor bajo	13
Figura 3	Quillay, vigor intermedio	13
Figura 4	Quillay, vigor alto	13
Figura 5	Belloto del sur, vigor bajo	14
Figura 6	Belloto del sur, vigor alto	14
Figura 7	Keule, sector 1	15
Figura 8	Keule, sector 2	15
Figura 9	Diagramas ombrotérmicos para las zonas de distribución natural de quillay en comparación a Valdivia	17
Figura 10	Diagramas ombrotérmicos para la zona de distribución natural de belloto del sur (Panimavida) y keule (Constitución y Concepción), comparados con Valdivia	18
Figura 11	Perfil calicata nº 1, <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	20
Figura 12	Perfil calicata nº 2, <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	20
Figura 13	Tasas de crecimiento medio anual y crecimiento corriente anual para el promedio de los tres árboles, <i>Arboretum</i> , Universidad Austral de Chile	26
Figura 14	Grafico tasas de crecimiento radial en keule, árbol 1	27
Figura 15	Grafico tasas de crecimiento radial en keule, árbol 2	27
Figura 16	Grafico tasas de crecimiento radial en keule, árbol 3	27

## RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVE

Quillay (*Quillaja saponaria*), keule (*Gomortega keule*) y belloto del sur (*Beilschmiedia berteroana*) son especies que se distribuyen en forma natural en la zona central de Chile, el primero desde Ovalle en el norte hasta Collipulli, keule se localiza en bosquetes en zonas cercanas a Constitución y Concepción y belloto del sur en un valle cercano a Linares.

En el Arboretum de la Universidad Austral de Chile fueron establecidas estas tres especies, de las cuales en la actualidad existen 75 árboles de quillay de 19 años, 22 de keule de 29 años y 25 de belloto del sur con 27 años. Todos se encuentran agrupados en pequeños rodales de cada especie.

Los objetivos de este estudio fueron determinar el estado de desarrollo de las especies mencionadas, en el *Arboretum* de la Universidad Austral de Chile, Valdivia, compararlo con el que presentan en el rango de distribución natural y diagnosticar si logran adaptación ex - situ o si enfrentan limitaciones y de qué índole.

A través de bibliografía se realizó la caracterización de las zonas de distribución natural de las especies, luego se caracterizó el área de estudio en su clima y suelo, y los árboles fueron evaluados a través de análisis foliar y de las variables de crecimiento diámetro y altura. Además se calificó la forma del fuste y el estado de la copa. En keule se realizó análisis fustal a tres árboles.

Entre los resultados obtenidos destaca el mal desarrollo en que se encuentra quillay que posee una altura promedio de 2,7 m. Muchos de los árboles han disminuido fuertemente la densidad de su copa. Belloto del sur logra 2,8 m de altura promedio, copas bastante densas pero muy achaparradas y abundantes hojas e incluso ramas completas con necrosis. Keule ha alcanzado un mayor crecimiento en altura con 8,4 m promedio, sin embargo ya se observan signos de pérdida de coloración y densidad en las copas.

Las condiciones climáticas en Valdivia son mucho más abundantes en precipitaciones que las áreas de origen, lo que causa mayor humedad en el suelo. Las temperaturas en general son menores. El suelo en el área de estudio presenta niveles muy elevados de saturación de aluminio y bajo contenido de bases, condición que por lo general no se encuentra en las zonas de origen. En la zona centro norte el aluminio muy pocas veces alcanza niveles tóxicos y el contenido de bases es más elevado. Esto afecta sin duda el vigor de los árboles y especialmente al sistema radicular.

El estado nutritivo de los árboles muestra algunas limitaciones entre las que se puede mencionar que en quillay los niveles de cobre y cinc son bastante bajos, en keule es bajo el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, cobre y cinc y en belloto del sur son fósforo, calcio y magnesio, los que se encuentran en niveles críticos.



En síntesis, las especies presentan cierta desadaptación climática (exceso de humedad), lo que las hace más susceptibles a limitaciones del suelo (alta saturación de aluminio, bajo nivel de fósforo y bases), agravado por una alta competencia de herbáceas (quillay y belloto del sur).

El manejo de la vegetación para mejorar la condición de las plantaciones debe considerar un riguroso control de malezas y fertilizaciones.

Palabras clave: Quillaja saponaria, Gomortega keule, Beilschmiedia berteroana, desarrollo ex - situ.

## 1. INTRODUCCIÓN

El paisaje de la zona central del país experimentó una transformación del bosque esclerófilo en forma de una degradación a matorrales de distintos tipos y calidades o un reemplazo por actividades agrícolas y pecuarias. Lo anterior ha significado un gran cambio, que en algunos casos puede ser de muy difícil recuperación y en otros de modificación irreversible, especialmente en lo relacionado a especies en peligro de extinción, lo que puede llevar a importantes pérdidas en biodiversidad de la flora y fauna existentes.

Una especie forestal presenta variaciones de crecimiento bajo diferentes condiciones de clima y suelo, las cuales pueden ser más o menos favorables de acuerdo a los requerimientos de ésta y a la combinación que exista en una zona determinada, ya que una especie no responde a alguno de los factores en forma independiente.

Para conocer si una especie está creciendo *ex - situ* en forma adecuada, con respecto a las zonas de distribución natural, y cuáles son los factores que están influenciando las características de este crecimiento, es necesario además de conocer los parámetros descriptores, identificar las características climáticas (macroclima y clima local), características físicas y químicas del suelo y el estado nutricional de la planta.

*Quillaja saponaria* Mol. (quillay), *Gomortega keule* (Mol.) Baillon (keule) y *Beilschmiedia berteroana* (Gay) Kostermans (belloto del sur), en orden latitudinal de norte a sur, han sido establecidos en el *Arboretum* de la Universidad Austral de Chile por distintos motivos: quillay como especie característica del mediterráneo con un período seco mayor a cinco meses; belloto del sur y keule como especies raras que deben ser resguardadas fuera de su sitio natural. Estas tres especies pertenecen al bosque esclerófilo de la zona central.

En el presente trabajo se evalúa la adaptación a un sitio del *Arboretum*, Isla Teja, Valdivia, de las especies quillay, keule y belloto del sur.

Los objetivos específicos del trabajo son:

- a) Determinar el estado de desarrollo actual de quillay, keule y belloto del sur, ubicados en el *Arboretum* de la Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- b) Comparar el estado de desarrollo actual de las tres especies, con aquel en su rango de distribución natural.
- c) Diagnosticar si el desarrollo que presentan *ex-situ* es adecuado o con limitaciones.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Quillay

#### 2.1.1 Descripción de la especie

Especie perteneciente a la familia Rosaceae (Lagos, 1998). Se presenta como un árbol o arbusto que alcanza entre 20 y 30 m de altura y 1,5 m de DAP en suelos profundos y planos (Vita, 1974). La semilla es de 5 a 7 mm de largo y de 1 a 2 mm de ancho. Perteneciente al tipo forestal Esclerófilo y está entre las especies de mayor importancia y amplia distribución en el país (INFOR, 2000). Florece entre octubre y enero. Es una especie intolerante, por lo que puede ser desplazada por otras más tolerantes, como *Cryptocaria alba* o *Peumus boldus*, cuando éstos se encuentran en condiciones más favorables de humedad.

#### 2.1.2 Distribución natural

La especie se distribuye entre los 30°30' S y los 38° S en Chile, esto es desde Ovalle, en la IV Región de Coquimbo, a Collipulli en la IX Región de la Araucanía. Se presenta tanto en las laderas de exposición norte como en las de exposición sur. En la Cordillera de la Costa se presenta solamente en pendientes hacia el interior del Llano Central y no en lugares expuestos directamente al mar. En general la especie se encuentra en altitudes desde los 100 metros sobre el nivel del mar en la Cordillera de la Costa hasta los 1500 m s.n.m. en la Cordillera de los Andes (INFOR, 2000)

#### 2.1.3 Características climáticas

La distribución de la especie abarca condiciones climáticas diversas. Se adapta a climas secos y áridos, pero también se encuentra en lugares temporalmente frescos y húmedos, con presencia de nieves y heladas.

En el extremo septentrional de su distribución (Ovalle, IV Región), el clima se caracteriza por presentar 10 meses de sequía y 150 mm anuales de precipitación, y en el extremo meridional (Collipulli, IX Región) presenta tres meses de sequía y 1.500 mm anuales de precipitación (Estévez, 1994).

Sobre los 800 mm anuales de precipitación se observa que el quillay se encuentra preferentemente en laderas de exposición norte y en suelos de mayor sequedad. En cambio con 300 mm de precipitación anual, se observa en laderas de exposición sur y con menos de 250 mm, en llanos con aportes hídricos externos (INFOR, 2000).

En la zona de quillayes de Peteroa el Instituto Forestal ha realizado mediciones de las tasas de crecimiento. Esta zona está en el distrito agroclimático 87,2, que corresponde según Santibáñez y Uribe (1990), al tipo Templado Mesotermal Inferior Estenotérmico Mediterráneo Semiárido, el que presenta temperaturas máximas

promedio en enero de 30,1°C y una mínima promedio en julio de 4°C y la temperatura media anual es de 13,9°C. Se registra una media de 12 heladas por año y la precipitación promedio anual es de 837 mm. Los excedentes hídricos se presentan entre mayo y agosto con un total de 454 mm y el déficit hídrico alcanza los -911 mm. El período seco es de siete meses.

#### *2.1.4 Características de los suelos*

Según Vita (1974), es una especie adaptada para vivir en sitios pobres, secos y cálidos. Crece bien en suelos degradados, con pendiente y asoleados, aunque su mayor desarrollo lo alcanza en suelos profundos y planos.

Las áreas donde se encuentra la especie corresponden generalmente al coluvio de la Cordillera de los Andes y a suelos graníticos depositacionales y de lomajes y cerros de la Cordillera de la Costa. En esta última ubicación, la especie está presente en casi todas las posiciones fisiográficas (INFOR, 2000)

## **2.2 Keule**

### *2.2.1 Descripción de la especie*

Especie perteneciente a la familia de las Gomortegáceas, endémica de Chile, con un sólo género y una sola especie. Árbol siempreverde de 20 m de altura, 60 cm de diámetro y frondoso. Su fruto es una drupa oval, carnosas, lisas y amarillentas de 4-5 cm de diámetro. Florece en mayo y durante gran parte del año produce flores y frutos (Muñoz, 1973).

### *2.2.2 Distribución natural*

Maldonado (1990), ubica su distribución en la Cordillera de la Costa, entre el sur del río Maule en los 35°46'40'', y el paralelo 37°40'50'' latitud sur en la Cordillera de Nahuelbuta.

En la región del Maule (VII Región), se ha registrado la presencia de la especie en nueve lugares diferentes, todos de pequeña extensión y la mayoría muy cercanos entre sí. Estos sectores se encuentran en las áreas costeras de Pelluhue y Curanipe entre los 35°46'40'' y los 36°00'30'' S (Maldonado, 1990).

Por otro lado, en la VIII Región, la Corporación Nacional Forestal identificó mediante prospecciones la existencia de seis sectores con keule. Todos ellos corresponden a pequeños remanentes del bosque natural y sus superficies no exceden las 3,5 hectáreas. Los sectores se ubican cercanos a Tomé, Lirquén, y el sur-este de Concepción (Maldonado, 1990).

Entre los sectores de ubicación el rango de altitud en que se encuentra la especie va desde los 130 m s.n.m. en las cercanías de Tomé, hasta los 520 m s.n.m. en Caramavida .

### *2.2.3 Características climáticas*

En general el clima que corresponde al área de distribución del keule, es el clima templado cálido con estaciones secas y lluviosas semejantes, donde la influencia marítima determina una amplitud térmica moderada y gran uniformidad higrométrica.

Al ubicar la distribución de la especie en los distritos agroclimáticos de Santibáñez y Uribe (1990), en la VII Región correspondería al distrito agroclimático 7,1, el cual es clasificado como Templado Infratermal Homotérmico Mediterráneo Semiárido, el que presenta temperaturas máximas promedio en enero de 24° C y una mínima promedio en julio de 6° C y la temperatura media anual es de 14° C Novoa y Villaseca (1989). No se registran heladas y la precipitación promedio anual es de 837 mm. Los excedentes hídricos se presentan entre mayo y septiembre con un total de 482 mm y el déficit hídrico alcanza los -780 mm. El período seco es de siete meses.

En la VIII Región el clima característico para keule se encuentra en el distrito agroclimático 8,2, clasificado como Templado Mesotermal Inferior Estenotérmico Mediterráneo Subhúmedo, el que presenta temperaturas máximas promedio en enero de 23,9° C y una mínima promedio en julio de 5,9° C y la temperatura media anual es de 12,7° C. Se registra una media de dos heladas por año y la precipitación promedio anual es de 1.134 mm. Los excedentes hídricos se presentan entre mayo y septiembre con un total de 696 mm y el déficit hídrico alcanza los -605 mm. El período seco es de cinco meses.

### *2.2.4 Características de los suelos*

Los suelos en que crece la especie son en general de topografía montañosa, a veces ondulada o en quebradas. Se encuentra en suelos pardo-rojizos a pardo-oscuros, correspondientes en su mayoría de los casos a los clasificados en las series San Esteban y Curanipe (Maldonado, 1990). La suelos pertenecientes a la serie San Esteban, de origen granítico, son de posiciones altas, sobre superficie rocosa, con drenaje externo rápido, drenaje interno medio y son altamente susceptibles a erosión. La serie Curanipe está conformada por suelos de posiciones intermedias, principalmente terrazas marinas onduladas a quebradas por lo que el material de origen son sedimentos marinos. El drenaje externo es medio a rápido y el drenaje interno es bueno.

## 2.3 Belloto del sur

### 2.3.1 Descripción de la especie

Especie perteneciente a la familia Lauraceae. Árbol de hasta 25 m de altura y 40 a 60 cm de diámetro, de tronco ramificado y follaje siempreverde, corteza grisácea, agrietada longitudinalmente y de aproximadamente 5 mm de espesor. La copa es cónica y globosa, de ramas gruesas, cilíndricas, café oscuras y glabras (Muñoz, 1973). Su fruto es una drupa globosa, de color verde – amarillo cuando está maduro y 2,8 cm de diámetro. Florece entre julio y agosto. Según Reyes (1997), el belloto del sur es una especie endémica catalogada en peligro de extinción por la fuerte disminución del número de sus individuos.

### 2.3.2 Distribución natural

Habita en el valle de Putagán y en Longaví (Muñoz, 1973). Sin embargo, de acuerdo a Reyes (1997), su distribución original se extendía entre la VI Región (34°04' S–70°37' O) y la VIII Región (36°43' S–72°22' O), estas ubicaciones presentan alturas de aproximadamente 200 y 1400 m s.n.m. respectivamente. Actualmente se le encuentra en cuatro localidades de las regiones VII y VIII, siendo la del sector de Hornillos (fundo Las Minas), 55 km al este de Linares, la que presenta menor intervención de carácter antrópico.

### 2.3.3 Características climáticas

Está ubicado en el distrito agroclimático 87,3, de Santibáñez y Uribe (1990), que corresponde al tipo Templado Mesotermal Inferior Estenotérmico Mediterráneo Subhúmedo, el que presenta temperaturas máximas promedio en enero de 29,3° C y una mínima promedio en julio de 3,3° C y la temperatura media anual es de 13,1° C. Se registra una media de 19 heladas por año y la precipitación promedio anual es de 1.051 mm. Los excedentes hídricos se presentan entre mayo y septiembre con un total de 611 mm y el déficit hídrico alcanza los –820 mm. El período seco es de seis meses.

### 2.3.4 Características de los suelos

Se encuentra en suelos pertenecientes a las series Linares y Putagán, los que en general son suelos de posiciones bajas, planos a ligeramente ondulados, su origen es aluvial de materiales andesíticos y basálticos. La capacidad de uso de estos suelos varía entre las clases III y VI (Reyes, 1997).

## 2.4 Fundamentos para el diagnóstico

Diversos estudios han demostrado que el desarrollo de una especie forestal depende de múltiples factores ambientales. Según Gerding y Schlatter (1995), en Chile central y sur el principal factor que influye en la productividad de *Pinus radiata*

es el régimen de agua, el que depende de variables climáticas y propiedades físicas del suelo, destacando las condiciones climáticas como el factor principal. A nivel local, sin embargo, destaca el suelo como el factor determinante en el desarrollo, a través de sus características morfológicas y físicas (Bonelli y Schlatter, 1995).

De acuerdo a lo anterior el diagnóstico debe empezar con la evaluación del clima, para posteriormente continuar con el análisis de suelo, dando prioridad a las características estructurales seguidas de las químicas.

#### 2.4.1 Clima

El clima se puede definir por la ubicación latitudinal. El país muestra un aumento de las precipitaciones anuales de norte a sur, así también de la humedad relativa del aire, frecuencia e intensidad de las heladas y la disminución de la temperatura promedio, del período libre de heladas y del período seco. La gradación anterior es complementada por la variación en el sentido oeste – este y altitudinal (m s.n.m.). En el sentido oeste – este (mar a cordillera) aumenta el número de heladas y disminuye el período libre de heladas y con el aumento de la altitud se incrementan las precipitaciones y disminuye la temperatura (Schlatter *et al.* , 2003).

#### 2.4.2 Suelo

**Espacio arraigable:** el espacio arraigable se refiere según Schlatter *et al.* (2003), al espesor de suelo que puede ser explorado por el sistema radicular de las plantas. La profundidad efectiva es la que está directamente relacionada con el volumen arraigable, y se obtiene descontando a la profundidad fisiológica el volumen de las piedras y gravas.

**Régimen de aire:** se considera que cuando menos de un 20 % de los poros del suelo están ocupados por aire el crecimiento de las plantas se inhibe drásticamente (Brady, 2000). Las características de la estructura del suelo deben permitir un intercambio de oxígeno adecuado dentro del suelo, y entre el suelo y la atmósfera y así mantener el funcionamiento normal de los procesos de oxidación y reducción necesarios para solubilizar los nutrientes que las plantas necesitan.

**Régimen de agua:** de acuerdo a Dorronsoro (2003), las variaciones climáticas estacionales, y concretamente las precipitaciones son las que hacen variar la cantidad de agua en el suelo. Los umbrales más importantes a considerar con respecto al contenido de humedad son la capacidad de campo, que se refiere al máximo contenido de humedad que puede retener el suelo contra la fuerza de gravedad y el punto de marchitez permanente, que se refiere a la humedad retenida por el suelo con tal tensión que no puede ser utilizada por las plantas. La diferencia entre los dos factores mencionados es la cantidad de agua que está disponible y que puede ser absorbida por el sistema radicular. También cabe mencionar que cuando decrece el tamaño de las partículas del suelo aumenta la superficie específica y por lo tanto hay mayor capacidad de retención de agua.

**Régimen de calor:** la temperatura del suelo está directamente relacionada con la temperatura del aire atmosférico de las capas próximas al suelo. La temperatura del suelo, como la del aire, está sometida a cambios estacionales y diurnos. Estas oscilaciones se van amortiguando hacia los horizontes profundos. La distribución de la temperatura con la profundidad constituye el perfil térmico (Dorronsoro, 2003)

Estudios realizados en el área de Valdivia por Arntz *et al.* (1969), muestran que la temperatura del suelo entre junio y septiembre es menor a 10 °C, pero en general mayor de 8 °C. El régimen de temperaturas de los suelos de Valdivia se puede considerar méxico según Soil Taxonomy, es decir con temperatura media anual del suelo mayor a 8 °C pero menor a 15 °C, determinado a 50 cm de profundidad (Luzio, 1982).

**Régimen de elementos nutritivos:** según Marschner (1995), la concentración de los nutrientes minerales en la solución del suelo varía ampliamente, dependiendo de factores como humedad del suelo, profundidad, pH, capacidad de intercambio catiónico, potencial redox, cantidad de materia orgánica del suelo, actividad microbiana, estación del año y aplicación de fertilizantes. Brady (2000) menciona que en suelos con partículas más finas aumenta la adsorción de elementos químicos.

La función principal de los elementos nutritivos tales como nitrógeno, fósforo y azufre es que son constituyentes de proteínas y ácidos nucleicos. Otros como magnesio y micronutrientes (excepto cloro), funcionan como constituyentes de estructuras orgánicas, predominantemente de enzimas. Potasio y probablemente cloro actúan principalmente en la osmoregulación, en la mantención del equilibrio electroquímico de la célula y sus compartimentos y en la regulación de la actividad enzimática (Marschner, 1995).

#### *2.4.3 Metodología y contribución del análisis de suelo*

Para el análisis morfológico del suelo y la recolección de muestras, se debe confeccionar una calicata suficientemente grande para realizar estas actividades en forma adecuada y con comodidad. En suelos profundos esta debe tener una profundidad mínima de 1 a 1,2 m (Schlatter *et al.* , 2003). La profundidad a la que se realice el análisis está condicionado por la profundidad que alcanza el sistema radicular, sin embargo las raíces finas se concentran principalmente en los horizontes superiores, por lo cual no es necesario muestrear suelo a mayor profundidad (Bowen y Nambiar, 1984). Según este último autor, el análisis de suelo mide la cantidad de nutrientes que el suelo puede suministrar, el que puede ser cuantificado antes de realizar la plantación y así determinar si existe una adecuada disponibilidad de nutrientes de acuerdo a los requerimientos de ésta.



#### 2.4.4 Metodología y contribución del análisis foliar

La recolección del follaje según Schlatter *et al.* (2003), debe considerar: a) las muestras deben pertenecer solo a una especie, b) es recomendable realizarla desde mediados de verano hasta fines de marzo, c) separar muestras del último periodo vegetativo de los periodos anteriores, d) obtener muestras separadas a diferente altura en el árbol y de exposiciones opuestas y e) cada muestra debe contener entre 300 a 400 g de follaje fresco.

El análisis foliar identifica el nivel nutritivo en los tejidos más sensibles de la planta, donde se realiza la fotosíntesis, por lo que a través de este se pueden detectar deficiencias nutritivas que estén presentándose.

Según Bowen y Nambiar (1984), el follaje de diferente edad por lo general posee diferentes contenidos de nutrientes, siendo el del último período vegetativo el que posee las mayores concentraciones de elementos móviles y la menor variabilidad entre árboles. Con respecto a la variabilidad estacional, existe una tendencia a que el nivel de nutrientes sea más estable en las estaciones de otoño e invierno.

#### 2.4.5 Evaluación del crecimiento de los árboles y vigor de la copa

La altura y el diámetro son las características dendrométricas más importantes de los árboles. El crecimiento de un árbol individual generalmente se expresa en diámetro o en área basal, sin embargo, cuando además se desea evaluar la calidad del sitio el crecimiento en altura es una variable de interés. Según Chapman y Meyer (1949), el crecimiento en diámetro a 1,3 m desde el suelo (DAP), es adoptado como un estimador del crecimiento en diámetro del resto del fuste y del crecimiento en volumen del árbol.

La pérdida de vigor de la copa y la coloración del follaje generalmente reflejan algún problema nutritivo o el efecto de otros agentes externos. Roloff (1993) desarrolló un sistema de clasificación de copas, que permite distinguir árboles de acuerdo a su actual vigor y calidad del follaje en cuatro categorías:

- Exploración: Una copa vigorosa, densa y verde en su totalidad
- Degeneración: Copa con una menor densidad y las hojas presentan algún grado de decoloración.
- Estancamiento: Existe una fuerte disminución en la densidad de la copa, las hojas generalmente ubicadas sólo en el extremo de las ramas y con alto grado de decoloración.
- Resignación: La copa prácticamente ha disminuido en su totalidad, presentando hojas sólo algunas ramas.

### 3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Caracterización del área de estudio

El área de estudio, se localiza en el *Arboretum* de la Universidad Austral de Chile, Isla Teja, Valdivia, entre los predios Parque Municipal SAVAL y el fundo Teja Norte (39° 39' S y 74° 04' O). Se caracteriza por presentar lomajes fuertemente ondulados y elevaciones que oscilan entre los 9 y los 60 m s.n.m. (Huber, 1995).

##### 3.1.1 Características macroclimáticas

El clima de la Región de Los Lagos es templado lluvioso, con un régimen de precipitaciones distribuidas a lo largo de todo el año y ausencia de períodos secos largos; sin embargo al igual que en otras regiones presenta variaciones por efecto del relieve. En este caso por la presencia de las Cordilleras de la Costa y de Los Andes se producen significativas diferencias de precipitaciones, ya que en el lado occidental de la Cordillera de la Costa se producen abundantes precipitaciones, que disminuyen por efecto orográfico hacia la Depresión Intermedia y nuevamente aumentan hacia la precordillera andina y lado occidental de Los Andes (Inzunza, 2003).

##### 3.1.2 Clima local

Según Huber (1995), corresponde al clima del tipo templado húmedo, con una cierta influencia mediterránea, que se manifiesta por una fuerte disminución estival de las precipitaciones. Se caracteriza por la presencia de vientos predominantes del norte y el oeste.

En el cuadro 1 se presentan antecedentes meteorológicos generales para el área de estudio, que corresponden a información obtenida de la estación meteorológica ubicada en la Isla Teja, perteneciente a la Universidad Austral de Chile (detalle de registros en anexo 2).

Cuadro 1. Registro meteorológico en el período 1995-2001\*

Variables	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Precipitación total anual (mm)	2.100	1.570	2.620	1.390	2.080	2.710	2.250
Temperaturas máximas promedio mensual (°C)	17,9	16,3	16,8	16,9	19,0	16,7	17,9
Temperaturas mínimas promedio mensual (°C)	6,0	5,4	9,1	8,3	7,3	7,1	7,8
Número de heladas anuales	-	-	7	8	13	20	9

\* Universidad Austral de Chile, Instituto de Geociencias, Isla Teja

El régimen de humedad actual se caracteriza por abundantes precipitaciones, las cuales se concentran entre los meses de abril y septiembre con un promedio anual de 2.100 mm.

La temperatura promedio anual corresponde a 12,3° C, siendo la mínima media mensual en julio de 7,6° C y la máxima media mensual en enero de 16,9° C. las heladas se concentran de julio a septiembre.

### 3.1.3 Suelos

Son suelos desarrollados a partir de ceniza volcánica distribuida vía eólica y aluvial, depositada principalmente sobre el complejo de rocas metamórficas del tipo micaesquistos de la Cordillera de la Costa.

Pertenece a una zona transicional entre las series Correltúe y Valdivia (anexo 3). La serie Correltúe se caracteriza por ser intermedia entre trumao y rojo arcilloso, producto de sedimentos volcánicos sobre roca metamórfica. La serie Valdivia, también es constituida por cenizas volcánicas, pero más recientes, las que descansan sobre sedimentos marinos llamados canagua, que corresponden a una toba más o menos cementada con clastos alterados (CIREN, 2001).

## 3.2 Especies a evaluar

Las especies que se evalúan (cuadro 2 y figura 1), corresponden a quillay, keule y belloto del sur, las que poseen una edad de 19, 27, y 29 años respectivamente. El origen de las plantas proviene de la zona central, donde éstas se encuentran en forma natural y para el caso de belloto del sur fue obtenido de la Región Metropolitana.

Cuadro 2. Características de especies

Variable	Especies		
	Quillay	Keule	Belloto del sur
Nº individuos	75	22	25
Distancia entre hileras (m)	2,5	3	2
Distancia sobre hilera (m)	2	2,5	2
Superficie (m <sup>2</sup> )	560	242	250
Año plantación	1985-1986	1973-1975	1977
Origen	Los Angeles, Provincia Bio-Bio	Quebrada Honda, Tomé, Provincia de Concepción	Las Condes, Santiago
Manejo	Desmalezado	Desmalezado	Desmalezado

La plantación fue realizada en casillas, para las cuales se cultivó un área de aproximadamente 20 x 20 cm, en la cual fueron colocadas las plantas. Posterior a la plantación sólo se ha realizado desmalezado en forma manual.

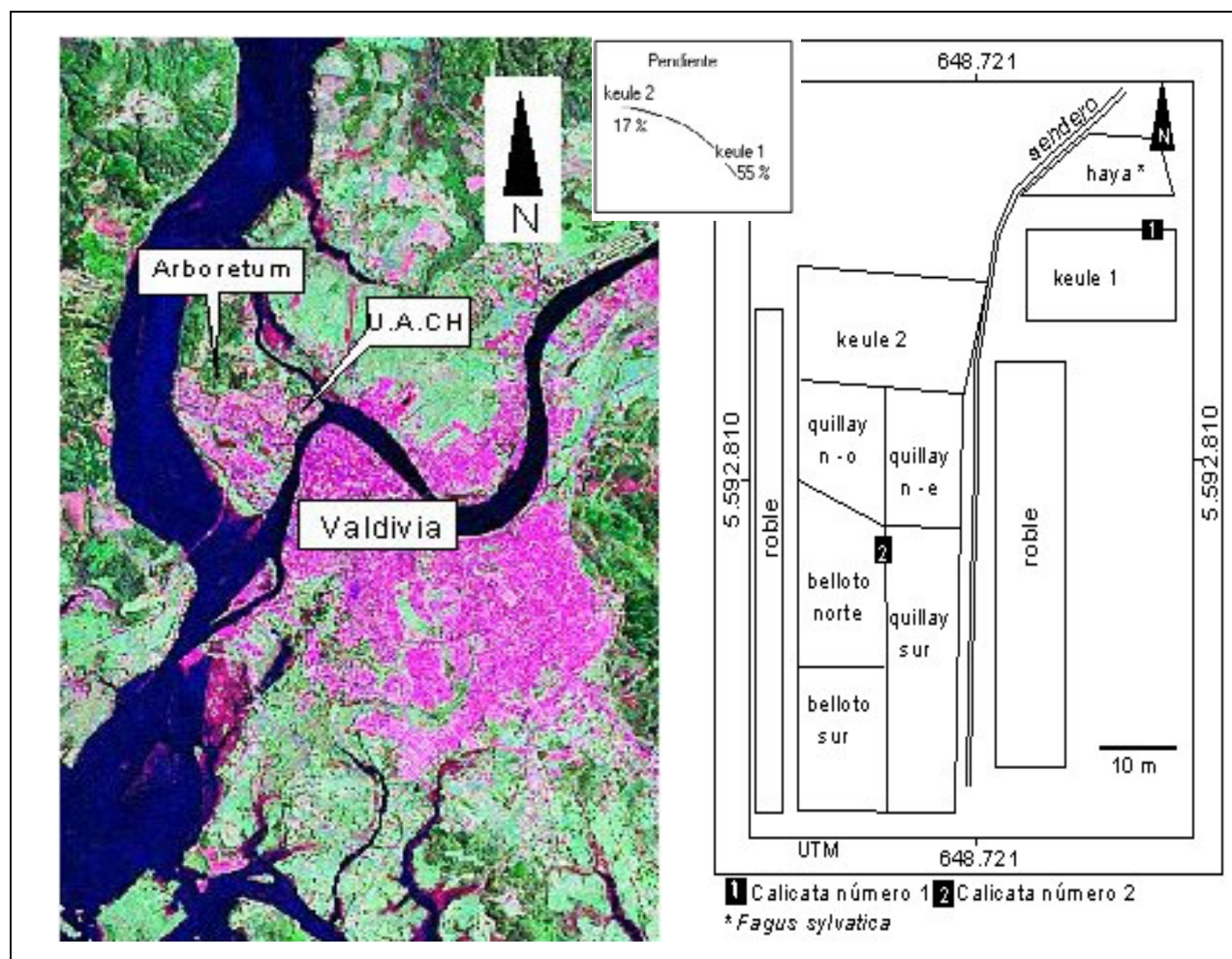


Figura 1. Ubicación del área de estudio y esquema de ubicación de las especies en el Arboretum, Universidad Austral de Chile.

### 3.3 Metodología

Las mediciones, muestreo de suelos y foliar para las tres especies se realizaron durante mayo del año 2004.

#### 3.3.1 Comparación climática

Se realizó la comparación entre las condiciones climáticas del área de distribución natural y el área de estudio, ésta se basa en los promedios de precipitaciones anuales, distribución de precipitaciones a través del año, temperaturas medias

máximas mensuales, temperaturas medias mínimas mensuales, número de heladas anuales y longitud del período seco.

### 3.3.2 Geomorfología y suelos

En el sitio se realizó una descripción del paisaje circundante y las características topográficas del lugar (Schlatter *et al.*, 2003). El suelo fue analizado en sus características físicas a través de dos calicatas, que fueron ubicadas una en la parte más baja dónde se ubica keule 1, y la otra en la parte más alta de la ladera, sector dónde se ubica quillay y belloto del sur (figura 1). Las variables que se midieron en los perfiles del suelo fueron: profundidad de horizontes, estructura, consistencia, textura, color y N<sup>o</sup> raicillas por decímetro cuadrado (formulario en anexo 5). En ambas calicatas se extrajeron muestras de suelo para análisis físico y análisis químico nutritivo por horizonte. Además en cada una de las divisiones que se presentan en la figura 1, se recolectó una muestra mezcla de suelo superficial (0 – 20 cm), provenientes de submuestras obtenidas de cinco puntos (los elementos obtenidos en análisis químico-nutritivo se presentan en el anexo 6).

### 3.3.3 Flora acompañante y grado de competencia inter e intraespecífica

El grado de competencia interespecífica se definió por el porcentaje de cobertura de especies herbáceas que existe sobre el suelo, además se identificó las principales especies componentes. Los criterios para definir si existe competencia intraespecífica son los siguientes: a) existencia de traslapo entre ramas y sombreado de copa baja, b) defoliación por sombra y estrés y c) posición sociológica (dominante, codominante o suprimido) y posición en el rodal (interior o bordes). También se realizó una caracterización de las especies que se ubican alrededor de los rodales, para lo cual se identificó, y se midió la distancia a la que se encuentran del rodal, posición geográfica con respecto al rodal y la altura que presentan.

### 3.3.4 Características de las especies

En quillay y belloto del sur se midió la altura y el diámetro a cinco centímetros sobre el nivel del suelo en todos los individuos. Además se calificó la forma del fuste y vitalidad de la copa, y para el caso de keule, en todos los árboles se midieron y se calificó respectivamente las variables antes mencionadas, a excepción del diámetro, que en este caso fué medido a la altura del pecho (DAP). Para forma se calificó a los árboles con fuste recto (1), fuste recto hasta un 60 % de la altura total (2) y fuste recto en menos de un 60 % de la altura total (3). La vitalidad de la copa se calificó como exploración (1), degeneración (2) y estancamiento – resignación (3), según Roloff (1993).

### 3.3.5 Análisis foliar

Para la caracterización del estado nutritivo de las especies se realizó análisis químico del follaje (proceso y elementos se mencionan en el anexo 4). Para efectos de

muestreo y posterior análisis, quillay se subdividió en categorías de acuerdo al grado de vigorosidad general que presentan los árboles, las cuales son las siguientes:



Vigor bajo: Árboles que alcanzan muy poca altura y una copa disminuida que presenta características de estancamiento o resignación (figura 2)

Vigor intermedio: Árboles de altura intermedia dentro del rodal, con copa que presenta características de degeneración (figura 3).

Vigor alto: Árboles de mayor altura, con copa de exploración, de acuerdo a Roloff (1993) (figura 4).

Figura 2. Quillay, vigor bajo.



Figura 3. Quillay, vigor intermedio.



Figura 4. Quillay, vigor alto.

Belloto del sur fue clasificado en dos categorías: vigor alto (figura 6), que está definida por los árboles de mayor altura, y vigor bajo que está compuesto por los individuos de menor altura (figura 5).



Figura 5. Belloto del sur, vigor bajo



Figura 6. Belloto del sur, vigor alto

Para la obtención de muestras de quillay y belloto del sur se eligieron cinco árboles de cada categoría, de cada árbol se extrajo ramillas de la mitad inferior y superior de la copa en forma separada, posteriormente se mezclaron las submuestras con hojas pertenecientes al último periodo vegetativo, y de periodos anteriores correspondientes a los cinco árboles.

En keule de sector 1 (figura 7), se extrajeron muestras de la parte alta, media y baja de la copa de los árboles cortados para análisis fustal, separando hojas del último periodo vegetativo, de las hojas pertenecientes a periodos anteriores. También se recolectó dos muestras mezcla de keule 2 (figura 8), correspondientes a hojas obtenidas de la parte media de la copa, del último periodo vegetativo y de periodos anteriores.

### 3.3.6 *Análisis fustal*

Para el caso específico de keule se aprovecharon tres individuos extraídos del grupo keule 1 que correspondían a la posición sociológica codominante: dos ubicados en el borde y uno en el centro del rodal. Los árboles presentaron alturas totales de 12,3, 10,05 y 11,12 m y los DAP correspondían a 15,01, 20,53 y 18,35 cm respectivamente. El objetivo del raleo fue disminuir la densidad existente, liberando

de competencia a los árboles residuales, lo que les permitirá un mejor desarrollo. Los árboles extraídos fueron utilizados para realizar análisis fustal, el que consistió en a) voltear los árboles, b) medición de la altura total, c) marcación de secciones en que se extrajeron rodela (base del fuste, 1,3 m desde la base y las siguientes cada un metro), d) extracción de dos rodela de 5 cm de espesor en cada sección del árbol, de las cuales una fue destinada para la medición de anillos de crecimiento y la otra para determinar densidad básica de la madera.

Una vez obtenidas las rodela, se determinó la densidad básica de la madera hasta los 5,3 m de altura en cada árbol, que consistió en la medición del volumen a través del método de inmersión en agua. Posteriormente las rodela divididas en secciones mas pequeñas fueron secadas a 105° C durante 36 horas, para después obtener el peso de cada una de ellas.

Con las otras rodela pares se realizó la medición del ancho de anillos de crecimiento, considerando el diámetro total de cada rodela con y sin corteza para estimar a través de un programa computacional (Anatal) área basal, altura y volumen por árbol, datos que se presentan en anexo 8 . En las rodela utilizadas para densidad de la madera, también se determinó el contenido de nutrientes en dos muestras mezcla. Una de ellas consideró muestras desde la base del fuste hasta los 3,3 m y la otra entre los 3,3 m y 5,3 m. Debido a que los árboles cortados poseían características similares, el análisis químico para ese afecto se realizó en las muestras mezcla resultante de la unión de los tres árboles, separando madera y corteza.



Figura 7. Keule, sector 1



Figura 8. Keule, sector 2



## 4. RESULTADOS

### 4.1 Comparación climática

La comparación climática entre los sitios ubicados en las zonas de distribución natural de las especies y la ubicación en el *Arboretum* se presenta resumido en el cuadro 3 y en detalle en anexo2.

Cuadro 3. Comparación climática entre área de estudio y zonas de distribución natural

Localidad	Variables					
	Pp (mm)	Tº máxima (º C)	Tº mínima (º C)	Tº promedio anual (º C)	Nº heladas por año	Ps meses
Valdivia	2.100	16,9	7,7	12,3	10	1 - 2
Ovalle	126*	19,6*	Quillay 11,2*	15,3*	0 <sup>1</sup>	11 <sup>1</sup>
Santiago	370*	20,0*	8,1*	14,0*	14 <sup>1</sup>	8 <sup>1</sup>
Los Angeles	1.300*	20,6*	8,2*	13,7*	14 <sup>1</sup>	5 <sup>1</sup>
Constitución	960*	18,2*	Keule 10,1*	13,9*	0 <sup>1</sup>	7 <sup>1</sup>
Concepción	1.320*	18,0*	9,1*	13,0*	2 <sup>1</sup>	5 <sup>1</sup>
Panimavida*	1.060*	20,4*	belloto del sur 7,6*	13,4*	19 <sup>1</sup>	6 <sup>1</sup>

Fuente: \*Fuenzalida, (1966) ; <sup>1</sup> Santibañez y Uribe (1993)

Pp (mm) : Precipitaciones anuales

Tº máximas (º C) : Temperaturas máximas promedio mensual

Tº mínimas (º C) : Temperaturas mínimas promedio mensual

Tº promedio anual (º C) : Temperatura promedio anual

Nº heladas por año : Número de heladas por año

Ps meses : Meses de período seco

Las precipitaciones en Valdivia (cuadro 3), superan a todas las demás localidades, como mínimo en un 50 %, produciéndose la mayor diferencia con Ovalle, donde éstas alcanzan aproximadamente un 5 % de las caídas en Valdivia. La temperatura promedio en Valdivia es 2 a 3 ºC inferior. Con respecto a las temperaturas máximas, es en estas donde se produce la diferencia más marcada con valores en Valdivia que son inferiores entre 2,7 y 3,7º C a las que se presentan en las zonas de distribución natural.

Las heladas no son una constante, especialmente en el caso de quillay, que en Ovalle no presenta heladas y más al sur (Santiago y Los Angeles) se registran en promedio 14 heladas al año. Las áreas donde se ubica keule presentan muy pocas heladas al año (ninguna en Constitución y dos en Concepción). En cambio, en Panimavida (Linares), área de belloto del sur, estas alcanzan a 19 en el año. Un factor que es constante, al igual que las precipitaciones, es el período seco, el cual

para Valdivia es como máximo de dos meses, siendo en todas las zonas superior a los cinco meses.

Los diagramas en las figuras 9 y 10 reflejan en forma gráfica las diferencias existentes en cuanto a precipitaciones y temperaturas registradas en las diversas zonas geográficas.

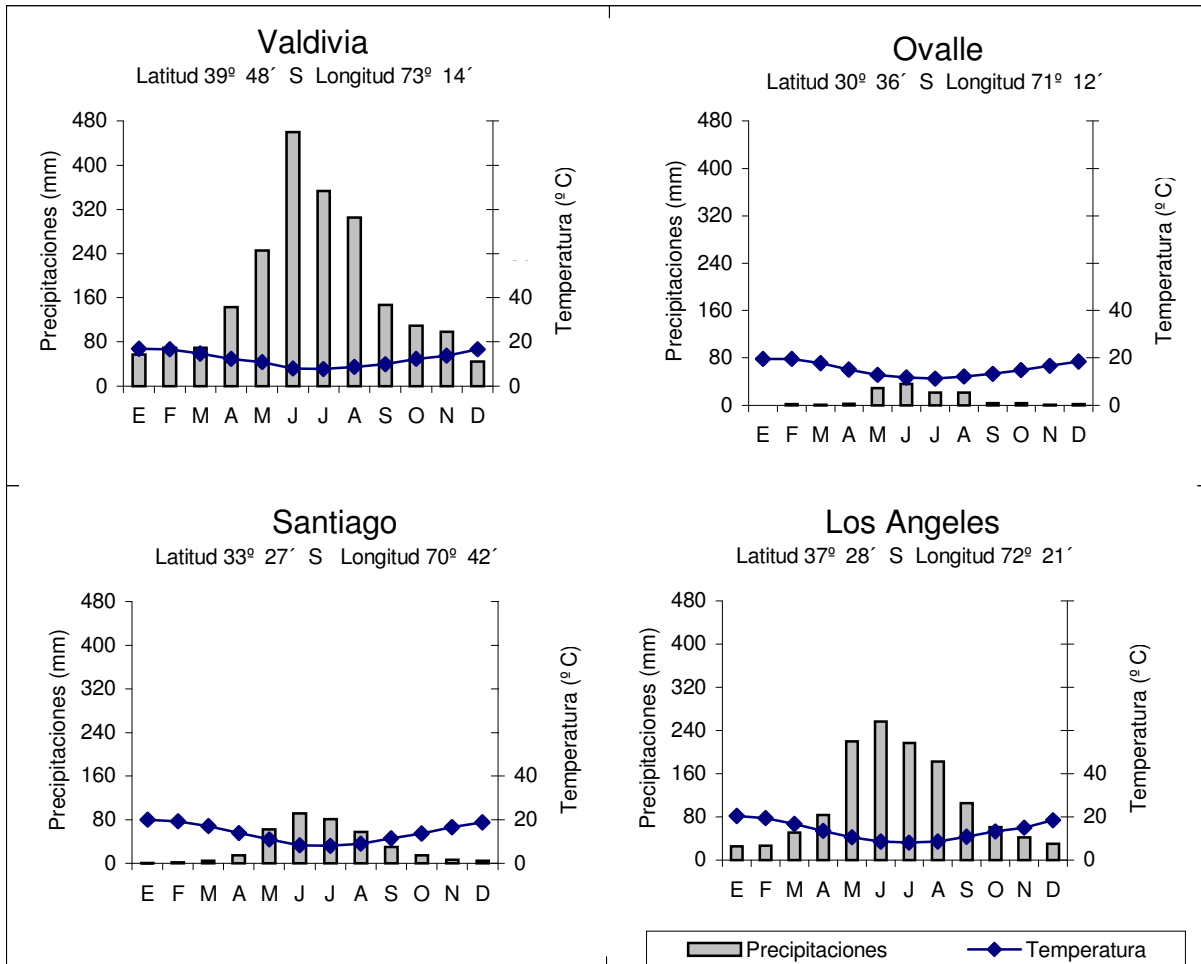


Figura 9. Diagramas ombrotérmicos para las zonas de distribución natural de quillay en comparación a Valdivia

Las precipitaciones son muy superiores en Valdivia, destacando valores muy altos en invierno. Las temperaturas promedio son menores y un período seco prácticamente inexistente. En la figura 9 se puede apreciar con claridad, la diversidad de condiciones climáticas en las cuales está presente quillay, iniciándose en la zona norte con Ovalle, donde el periodo seco prácticamente se extiende durante todo el año, hasta Los Angeles con precipitaciones mas abundantes y una reducción del periodo seco a cinco meses.

En la figura 10 se puede apreciar que Panimavida es la ubicación que presenta la mayor oscilación de temperaturas durante el año. Constitución y Concepción poseen bajas oscilaciones de temperaturas debido a que están muy cerca del mar.

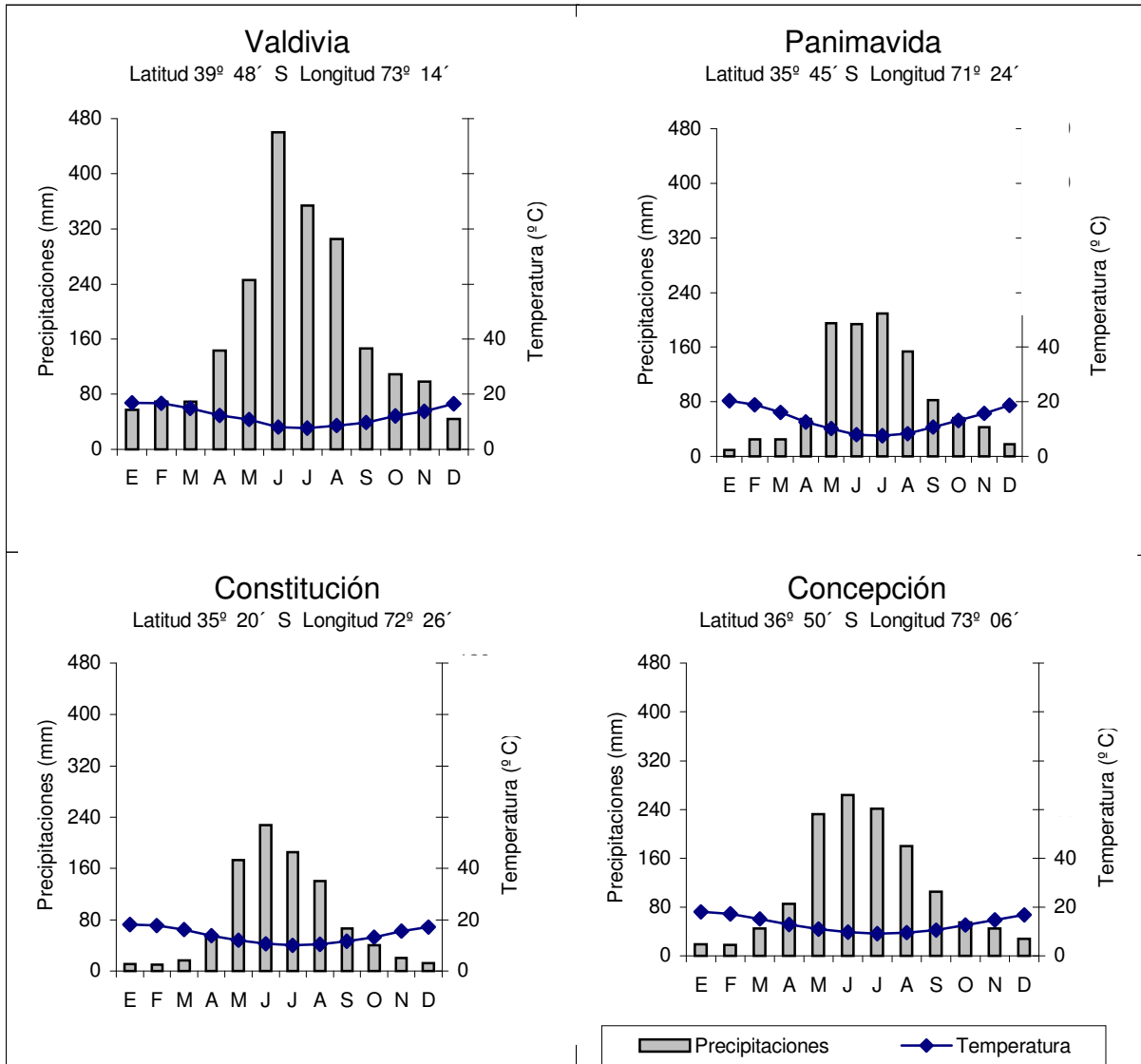


Figura 10. Diagramas ombrotérmicos para la zona de distribución natural de belloto del sur (Panimavida) y keule (Constitución y Concepción), comparados con Valdivia

Al igual que lo señalado para quillay, Valdivia posee niveles de precipitación muy superiores a los sitios con belloto del sur y keule, duplicando a estos sitios en los meses invernales y aumentando aún más esta diferencia durante el verano.

## 4.2 Características del suelo

En los cuadros 4, 5 y anexo 6 se muestran los resultados del análisis químico para los perfiles de suelo en las dos calicatas confeccionadas (figuras 11 y 12). Cabe destacar los bajos niveles de fósforo disponible en las dos calicatas y los valores bastante elevados de aluminio, ya que especialmente en los horizontes superiores este sobrepasa los 2.000 mg/kg. Los niveles más altos de aluminio están en los horizontes A y AB en la calicata N° 1 y en los horizontes A1, A2 y AB en la calicata N° 2, coincidiendo estos horizontes en la profundidad. Entre las dos calicatas, la mayor diferencia que se observa es en la suma de bases, siendo marcadamente superior la calicata N° 2 hasta los 30 cm de profundidad. A mayor profundidad la suma de bases disminuye drásticamente en los dos perfiles. Esto implica que los árboles deben desarrollar su sistema radicular principalmente en esta zona para aprovechar la mayor disponibilidad de bases entrando a competir fuertemente con las especies herbáceas.

Cuadro 4. Resultados análisis químico de suelos en calicata N° 1, Arboretum Universidad Austral de Chile

Horizonte (cm)	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Ct %	Nt %	C/N	P Olsen (ppm)	Al	Cu	Zn
							Acetato de amonio pH 4,8 – DTPA		
							mg/kg	ppm	
A (0 - 15)	5,52	4,73	12,33	0,73	16,9	3,2	2120	6,0	2,3
AB (15 - 24)	5,44	4,71	10,77	0,64	16,8	2,4	2230	5,7	1,2
BA (24 - 45)	5,69	5,47	6,23	0,37	17,0	2,2	1360	2,8	0,1
B1 (45 - 90)	5,89	5,66	4,67	0,32	14,7	2,2	1320	2,4	0,1
B2 (> 90)	5,83	5,58	4,40	0,30	14,9	2,4	1190	2,5	0,1

Cuadro 5. Resultados análisis químico de suelos en calicata N° 2, Arboretum Universidad Austral de Chile

Horizonte (cm)	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Ct %	Nt %	C/N	P Olsen (ppm)	Al	Cu	Zn
							Acetato de amonio pH 4,8 – DTPA		
							mg/kg	ppm	
A1 (0 - 6)	5,55	4,63	15,57	0,88	17,6	3,2	2620	6,3	7,1
A2 (6 - 14)	5,58	4,52	12,43	0,73	17,0	3,0	2820	5,6	1,1
AB (14 - 30)	5,52	4,79	10,70	0,61	17,6	2,4	2380	5,3	0,6
BA (30 – 60)	5,65	5,77	3,57	0,24	14,8	3,2	1130	1,5	0,1
B (>60)	5,54	5,70	1,86	0,16	11,9	3,2	880	2,3	0,1

En los cuadros 6 y 7 se pueden observar los porcentajes de saturación de aluminio, que en los primeros horizontes supera el 10 %, lo cual se considera tóxico para muchas especies, además de una suma de bases muy baja, especialmente después de los primeros 10 cm de profundidad.

Cuadro 6. Resultados análisis químico de suelos en calicata N° 1 , Arboretum Universidad Austral de Chile

Horizonte	Suma de bases (cmol+/kg)	Saturación aluminio (%)
A	3,04	12,3
AB	1,04	27,1
BA	0,31	1,80
B1	0,34	1,60
B2	0,36	1,60

Cuadro 7. Resultados análisis químico de suelos en calicata N° 2, Arboretum Universidad Austral de Chile

Horizonte	Suma de bases (cmol+/kg)	Saturación aluminio (%)
A1	5,33	10,9
A2	1,47	33,8
AB	0,79	24,6
BA	0,23	2,30
B	0,41	1,40



Figura 11. Perfil calicata n° 1, Arboretum Universidad Austral de Chile

A  
 A1 —  
 AB —  
 A2 —  
 AB BA  
 —  
 B1 —  
 BA —  
 B2 —  
 B



Figura 12. Perfil calicata n° 2, Arboretum Universidad Austral de Chile

Los resultados del análisis de suelo superficial presentados en los cuadros 8 y 9 arrojan resultados similares a los obtenidos en los perfiles, con bajos niveles de fósforo disponible y muy altos niveles de aluminio extraíble, incluso sobrepasando las 3.000 ppm. La excepción está en keule 1, en el cual la suma de bases es algo mejor y el porcentaje de saturación de aluminio baja considerablemente con respecto a los otros sectores muestreados, sin embargo igual son valores bastante altos.

Cuadro 8. Resultados análisis químico de suelo superficial (0-20 cm)  
Arboretum, Universidad Austral de Chile

Lugar extracción	pH H <sub>2</sub> O	PH KCl	Ct %	Nt %	C/N	P Olsen (ppm)	Al	Cu	Zn
							Acetato de amonio pH 4,8 – DTPA		
							mg/kg	(ppm)	
Quillay Sur	5,17	4,67	11,73	1,26	9,3	2,0	3.230	6,2	1,4
Quillay N- O	5,16	4,68	12,30	1,30	9,5	2,6	2.930	6,0	1,4
Quillay N-E	5,16	4,80	10,47	1,25	8,4	2,0	2.800	5,4	1,1
Belloto Sur	5,44	4,63	12,30	1,38	8,9	3,6	3.080	6,0	1,7
Belloto Norte	5,15	4,60	10,83	1,23	8,8	2,2	3.260	6,5	1,7
Keule 1	5,16	4,70	12,17	0,70	17,4	3,2	1.910	6,4	2,8
Keule 2	5,27	4,67	12,13	0,72	16,9	3,6	2.660	5,2	0,8

Las muestras mezcla superficiales, distribuidas en el área, refuerzan los resultados determinados de una saturación de aluminio muy alta y una suma de bases muy baja, lo que explica las dificultades del sistema radicular fino y los procesos de absorción nutritiva. Con respecto al nitrógeno destacan las elevadas cantidades existentes en el sector de quillay y belloto del sur, lo cual puede ser una condición puntual, ya que los horizontes superiores de la calicata n<sup>o</sup> 2 y las muestras obtenidas en keule 2, que es un área inmediata, no presentan valores de esas características.

Cuadro 9. Resultados del análisis químico del suelo superficial (0-20 cm)  
Arboretum, Universidad Austral de Chile

Lugar extracción	Suma de bases (cmol+/kg)	Saturación aluminio %
	Acetato de amonio pH 4,8 – DTPA	
Quillay Sur	1,04	35,19
Quillay N- O	1,33	30,02
Quillay N-E	1,01	25,46
Belloto Sur	1,81	22,64
Belloto Norte	1,80	35,82
Keule 1	3,25	11,63
Keule 2	0,64	49,41

### 4.3 Flora acompañante y grado de competencia inter e intraespecífica

Quillay, keule 2 y belloto del sur presentan un 100 % de cobertura herbácea, entre las cuales se distinguen las siguientes especies: *Taraxacum officinalis*, *Hypochoeris radicata* y *Dactylis glomerata*. Con respecto a la competencia intraespecífica, quillay, keule 2 y belloto del sur poseen espacio suficiente para el desarrollo

lateral. Al este y oeste de estos rodales se encuentran hileras de roble, a aproximadamente 10 m de distancia y poseen una altura de 25 m. En el caso de keule 1 no hay presencia de cobertura herbácea o sotobosque, pero si se observa competencia intraespecífica, ya que hay traslapeo entre ramas, muerte de hojas de la parte inferior de la copa y en general los individuos que se encuentran en el interior del rodal presentan copas menos vigorosas que los ubicados en el borde o están en los estratos codominante o suprimido. Al sur de este rodal se encuentran distintas especies arbóreas cuya altura no los sobrepasa. Al norte se ubica un rodal de haya (*Fagus sylvatica*) a 10 m de distancia y que alcanza una altura de 15 m.

#### 4.4 Características dasométricas y aspecto general de las especies

Las variables dasométricas se presentan en el cuadro 10 y corresponden a los valores máximos, mínimos, promedio y desviaciones estándar para alturas, diámetro a la altura del cuello (DAC) y diámetro a la altura del pecho (DAP). Los valores obtenidos en cada uno de los árboles se encuentran en anexo 7.

Cuadro 10. Características dasométricas de las especies analizadas, Arboretum Universidad Austral de Chile

Variables	N	Máx.	Mín.	Promedio	Desviación estándar
quillay					
Altura (m)	79	7,2	0,5	2,7	1,7
DAC (cm)	79	17,0	1,0	5,6	3,7
keule 1					
Altura (m)	20	14,1	6,3	10,4	1,8
DAP (cm)	20	36,5	6,5	19,0	6,5
keule 2					
Altura (m)	5	11,3	3,6	8,4	2,9
DAP (cm)	5	35,0	8,5	22,2	9,4
belloto del sur					
Altura (m)	22	6,4	1,5	2,8	1,0
DAC (cm)	22	18,5	2,8	8,3	4,9

El crecimiento de quillay, presenta una tasa media anual en altura de 14 cm y en diámetro a nivel del suelo de 0,29 cm. Sin embargo hay una gran heterogeneidad en los crecimientos, dónde se encuentran árboles con sólo 50 cm de altura y 1 cm de DAC, en contraste con los de mayor tamaño que sobrepasan los 7 m de altura.

Keule 1 presenta una tasa de crecimiento promedio anual de 39 cm, siendo esta la mayor con respecto a los otros rodales en estudio. Keule 2 posee la mejor tasa de crecimiento en diámetro (DAP), sin embargo como se muestra en anexo 7 hay individuos muy poco desarrollados que no han sido capaces de aprovechar la condición de muy baja densidad que presenta el rodal, situación que se observa claramente en la figura 8.

Belloto del sur alcanza en promedio 2,8 m de altura con una tasa de crecimiento medio anual de 9,6 cm. El promedio en diámetro (DAC) es de 8,3 cm y el crecimiento medio anual es de 0,28 cm.

El cuadro 11 muestra el número de árboles presentes en cada categoría de forma del fuste y vitalidad de la copa. Para el caso de forma del fuste, Keule es la única especie que presenta individuos rectos y ningún individuo en que la rectitud del fuste sea inferior a un 60 % del largo total. Quillay y belloto del sur poseen fustes muy irregulares, donde la mayor parte de sus individuos están en la categoría 3.

Cuadro 11. Porcentaje de árboles por categorías para formas del fuste y vitalidad de la copa de las especies analizadas, Arboretum, Universidad Austral de Chile .

Variables	Área de estudio				
		Quillay (%)	Keule (%)		Belloto del sur (%)
			1	2	
Forma del fuste	Recto (1)	0	40	20	0
	Rectitud > 60 % (2)	15	60	80	5
	Rectitud < 60 % (3)	85	0	0	96
Vitalidad de la copa	Exploración (1)	14	30	40	27
	Degeneración (2)	38	70	40	68
	Estancamiento-resignación (3)	48	0	20	5

A través de la vitalidad de la copa las tres especies están reflejando problemas, ya que la mayor parte se encuentra en las categorías dos y tres, las que se refieren a copas poco densas y con decoloración. El caso más crítico es quillay, el que presenta más de la mitad de sus individuos en la categoría tres, con muchos de ellos prácticamente sin hojas.

#### 4.5 Estado nutritivo de los árboles

El cuadro 12 muestra los resultados obtenidos en el análisis foliar realizado en quillay. Los valores en general se encuentran en los rangos marginal y satisfactorio, lo que indicaría que no existen graves problemas nutricionales.

Una excepción a lo mencionado anteriormente, son los bajos niveles de cobre y zinc, que podrían explicar en parte el desarrollo de esta especie, ya que estos elementos inciden sobre las tasas de crecimiento, especialmente cinc que estimula la formación de sustancias del crecimiento. También se puede hacer mención a los contenidos de fósforo que en ninguna de las categorías alcanza niveles satisfactorios, sino marginales. Aún así la relación N/P puede ser considerada adecuada.



Cuadro 12. Resultados análisis foliar en quillay, Arboretum Universidad Austral de Chile

Vigor	Clase copa	Elementos mayores (%)						Elementos menores (ppm)					(%)
		N	P	N/P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Cenizas
Alto	Alta	1,46	0,11	13,3	1,00	0,62	0,50	48	185	3,3	7	49	4,7
Alto	Baja	1,45	0,11	13,2	0,92	0,69	0,52	47	174	3,2	7	58	4,5
Intermedio	Alta	1,49	0,13	11,5	1,00	0,52	0,55	49	188	3,2	7	50	4,2
Intermedio	Baja	1,31	0,08	16,4	0,78	0,59	0,55	55	213	3,0	7	69	4,0
Bajo	Alta	1,34	0,12	11,2	0,81	0,50	0,59	41	233	2,6	6	45	4,2
Bajo	Baja	1,28	0,12	10,7	0,88	0,47	0,54	86	240	3,2	12	55	4,1

En los árboles de diferente vigor se observan algunas tendencias, como son la disminución de nitrógeno, potasio, calcio y cobre en los de menor vigor, sin embargo estos presentan mayores contenidos de fósforo, magnesio, fierro y manganeso.

En los cuadros 13 y 14 se presentan los resultados del análisis foliar en keule, el que en todas las muestras analizadas arroja valores críticos en nitrógeno, fósforo, potasio, cobre y zinc, no existiendo una marcada diferencia entre hojas pertenecientes a diferentes alturas en la copa. La ampliación de la relación N/P entre hojas nuevas y antiguas en la copa intermedia y baja indica insuficiente abastecimiento de fósforo, elemento que se encuentra en un nivel crítico en el follaje.

Cuadro 13. Resultados análisis foliar en keule 1, Arboretum Universidad Austral de Chile

Copa	Tipo Hojas	Elementos mayores (%)						Elementos menores (ppm)					(%)
		N	P	N/P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Cenizas
Alta	Nueva	0,88	0,08	11,0	0,18	0,55	0,19	39	258	4,3	7,5	29	2,4
Alta	Antigua	0,75	0,06	12,5	0,13	0,64	0,23	60	298	3,8	5,7	44	2,6
Intermedia	Nueva	0,90	0,07	12,9	0,17	0,59	0,20	35	240	3,8	7,4	32	2,2
Intermedia	Antigua	0,73	0,04	18,3	0,11	0,77	0,24	59	331	3,2	5,2	44	2,9
Baja	Nueva	0,79	0,06	13,2	0,19	0,46	0,19	36	218	3,7	8,2	29	2,0
Baja	Antigua	0,65	0,04	16,3	0,11	0,77	0,30	53	306	1,8	6,1	49	5,0

Cuadro 14. Resultados análisis foliar en keule 2, Arboretum Universidad Austral de Chile

Tipo Hojas	Elementos mayores (%)						Elementos menores (ppm)					(%)
	N	P	N/P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Cenizas
Nueva	1,08	0,08	13,5	0,21	0,44	0,17	30	191	3,0	8,4	33	2,2
Antigua	0,73	0,05	14,6	0,21	0,41	0,17	36	391	2,5	6,0	48	3,1

Al comparar los rodales, keule 1 arroja menores contenidos de nitrógeno, fósforo, y potasio y keule 2 tiene menos calcio, magnesio, cobre y zinc. Con respecto a la

madera (cuadro 15) fósforo y cobre presentan igual contenido a diferente altura. La corteza, mantiene contenidos iguales a diferente altura en fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Cuadro 15. Análisis químico de madera y corteza en keule, Arboretum Universidad Austral de Chile

	Altura (m)	Elementos mayores (%)						Elementos menores (ppm)					(%)
		N	P	N/P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Cenizas
Madera	< 3,3	0,13	0,004	36,1	0,05	0,05	0,02	24	10	2,4	2,2	2	0,3
Madera	> 3,3	0,14	0,004	40,4	0,07	0,04	0,03	29	5	2,4	2,4	5	0,4
Corteza	< 3,3	0,30	0,020	15,0	0,12	0,37	0,09	132	95	5,2	3,8	23	1,6
Corteza	> 3,3	0,36	0,020	18,0	0,12	0,37	0,09	114	97	5,6	4,2	25	1,8

En el cuadro 16 se presentan los resultados del análisis foliar realizado en belloto del sur. En este caso el único elemento que presenta una concentración baja es fósforo, aunque no es una condición crítica. Nitrógeno está en niveles marginal a satisfactorio, condición que en general se observa en los demás elementos.

En esta especie, nitrógeno, potasio y calcio tienden a disminuir a menor vigor de los árboles similar a lo encontrado en quillay, con la excepción de cobre que en belloto aumenta.

Cuadro 16. Resultados del análisis foliar en belloto del sur, Arboretum Universidad Austral de Chile

Vigor	Tipo Hojas	Elementos mayores (%)						Elementos menores (ppm)					(%)
		N	P	N/P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Cenizas
Alto	Nueva	1,66	0,14	11,9	0,81	0,26	0,11	50	102	5,7	19	20	2,7
Alto	Antigua	1,32	0,10	13,2	0,31	0,61	0,20	42	251	4,2	12	41	2,8
Intermedio	Nueva	1,54	0,13	11,8	0,83	0,29	0,14	41	82	5,7	14	21	2,8
Intermedio	Antigua	1,35	0,10	13,5	0,41	0,58	0,21	53	187	4,7	10	32	3,0
Bajo	Nueva	1,48	0,14	10,6	0,75	0,25	0,12	52	111	7,5	16	20	2,5
Bajo	Antigua	1,49	0,12	12,4	0,60	0,39	0,16	50	202	5,4	13	28	2,6

#### 4.6 Análisis fustal en keule

En el cuadro 17 se presentan los resultados de densidad promedio de la madera en los tres árboles de keule, esta es bastante baja, siendo los mayores valores encontrados de  $0,41 \text{ g/cm}^3$  en la base; desde 1,3 m la se mantiene relativamente constante.

Cuadro 17. Densidad de la madera de keule, Arboretum, Universidad Austral de Chile

Altura muestra	Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> )
0,3	0,41
1,3	0,38
3,3	0,37
4,3	0,37
5,3	0,38

Según figura 13, el crecimiento medio anual en diámetro se mantuvo en aumento hasta los 17 años, desde esta edad se mantuvo constante hasta los 23 años, dónde empezó a disminuir. El crecimiento corriente anual alcanza el máximo valor a los 11 años. En forma gráfica se presenta en las figuras 14, 15 y 16 como ha sido el crecimiento radial del diámetro en cada uno de los árboles. El crecimiento promedio anual en altura va en aumento desde el primer año que fue de 26 cm, hasta el año 18 con 44,7 cm. El crecimiento medio anual del volumen se ha mantenido creciente hasta alcanzar 4,4 cm<sup>3</sup> por árbol a la fecha de este estudio.

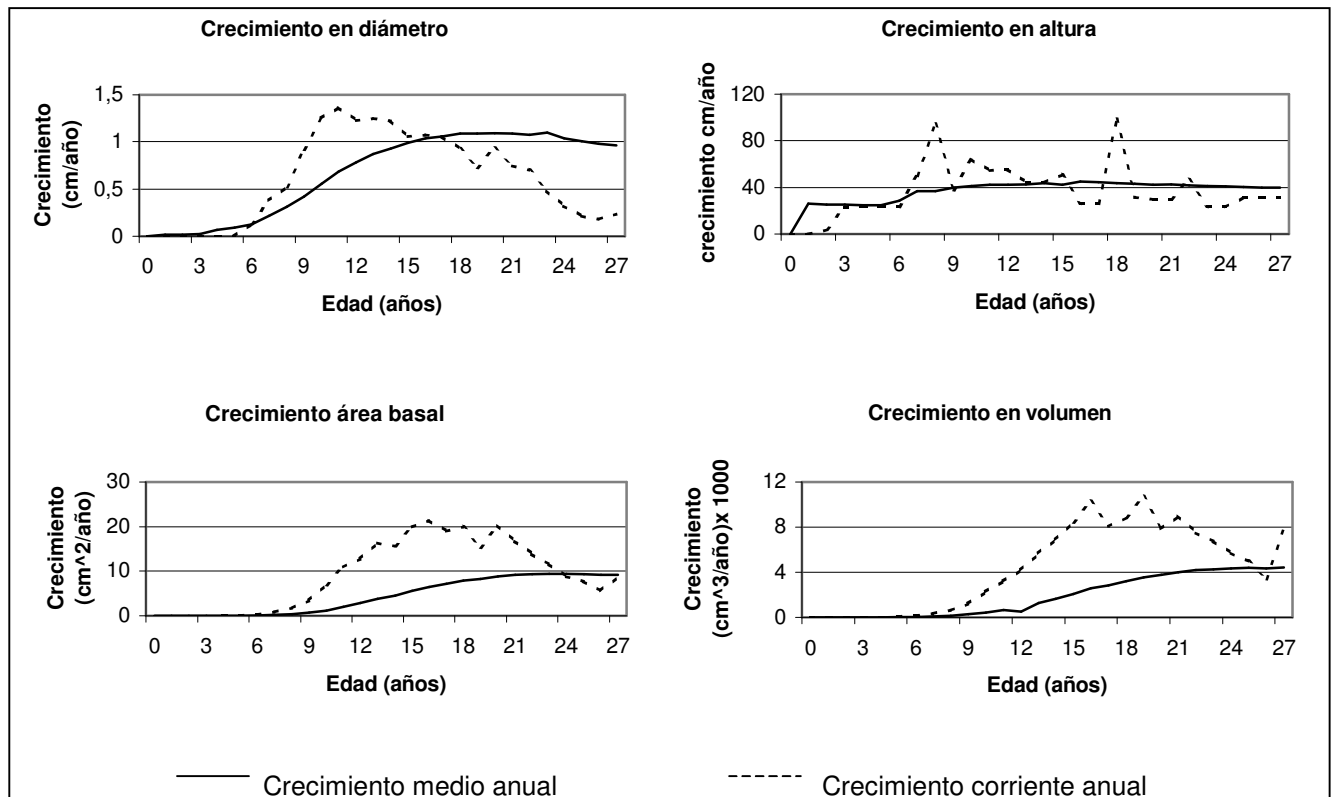


Figura 13. Tasas de crecimiento medio anual y crecimiento corriente anual para el promedio de los tres árboles de keule, Arboretum, Universidad Austral de Chile

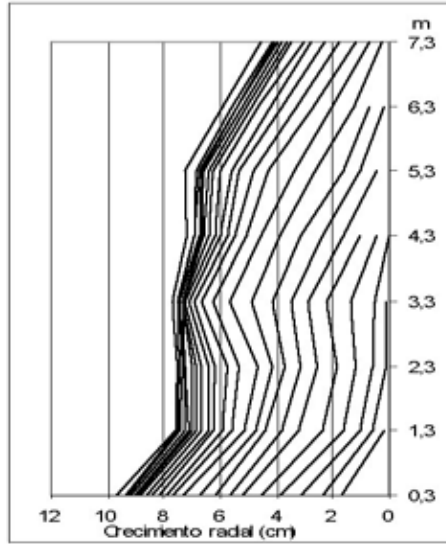


Figura 14. Grafico tasas de crecimiento radial en keule, árbol 1

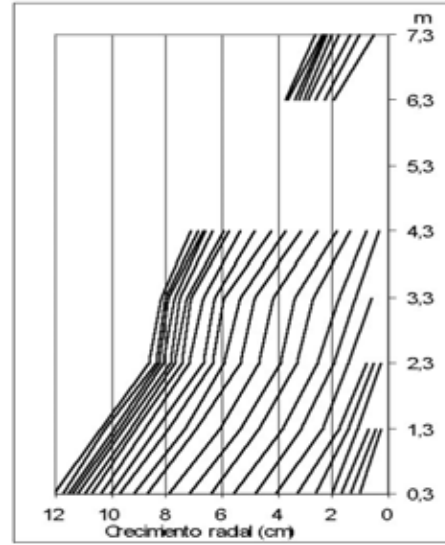


Figura 15. Grafico tasas de crecimiento radial en keule, árbol 2

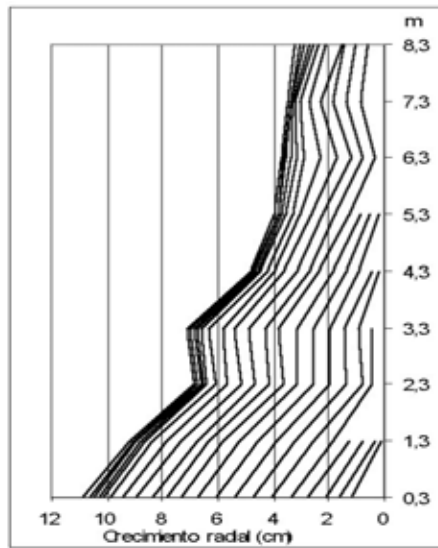


Figura 16. Grafico tasas de crecimiento radial en keule, árbol 3

## 5. DISCUSIÓN

**Quillay** : Esta especie presenta una gran heterogeneidad en los crecimientos alcanzados en altura y en diámetro, con un 15 % de los individuos que alcanzan alturas superiores a los 5 m, pero también hay un 48 % que no sobrepasa 2 m de altura. Considerando el crecimiento medio anual en altura y diámetro obtenido en el área de estudio, estas tasas no difieren significativamente de las que ha presentado en Curicó, dónde el crecimiento en altura alcanza los 14 cm al año y en diámetro 0,5 cm (INFOR, 2000). En la zona central, especialmente en la Región Metropolitana en suelos profundos y planos esta logra alturas y diámetros muy superiores a los alcanzados en las ubicaciones antes mencionadas.

Los fustes poseen muy malas características morfológicas, con el 84,9 % de los árboles sin ningún grado de rectitud y de los restantes no hay ninguno que pueda ser calificado como recto. Las copas en general son muy poco vigorosas con un 48,2 % en la categoría de estancamiento - resignación, lo que indica individuos estresados. En el estado nutricional se puede observar que los elementos en niveles críticos son cobre, cinc y fósforo que se encuentra en cantidades marginales. Las diferencias que se pueden mencionar como más marcadas entre las categorías de vigorosidad es en los contenidos de nitrógeno, potasio y calcio, los que disminuyen en los árboles menos vigorosos.

**Keule**: Esta especie es la que presenta las mejores tasas de crecimiento entre las evaluadas, pero se puede observar la disminución de la densidad y decoloración del follaje en gran parte de los individuos desde hace algunos años. Se determinó que el 70 % en keule 1 y el 40 % en keule 2 ya se encuentran en la categoría de degeneración, lo cual está indicando que no se encuentra en las condiciones adecuadas, lo que no solo puede ser atribuido a la competencia intraespecífica, sino que también se puede deber a algún problema radicular generado principalmente por las elevadas cantidades de aluminio. Si se compara a los rodales, keule dos fue plantado a igual densidad que keule 1, sin embargo presenta una mayor cantidad de individuos con muy escaso crecimiento, lo cual puede ser atribuido a la diferencia que hay entre ellos, que se refiere a la alta presencia de especies herbáceas. La alta competencia explica la desaparición de muchos árboles de este rodal. Las tasas de crecimiento que arrojó el análisis fustal muestran una fuerte disminución en los últimos 10 años, pudiendo estimarse que será muy difícil que logre dimensiones cercanas a las que se mencionan para las áreas de distribución natural con árboles adultos de 20 m de altura y 60 cm de DAP.

El crecimiento alcanzado contrasta con las bajas cantidades de algunos elementos en el follaje, como son: nitrógeno, fósforo, potasio, cobre y zinc. Debido al mayor crecimiento logrado en los primeros años de la plantación, se podría deducir que estas deficiencias se han acentuado más en los últimos años y por lo tanto se requiere la rápida implementación de medidas correctivas, principalmente fertilizaciones, para que la plantación se pueda mantener con éxito.

Cabe hacer notar que en la madera nitrógeno está en concentraciones que duplican a las que presentan maderas de especies de rápido crecimiento como *Pinus radiata* y en la corteza potasio está en un nivel muy bajo, alcanzando sólo a ser la mitad de la concentración que está presente en pino.

En la madera los elementos que presentan niveles menores a valores encontrados en *Pinus radiata* (Schlatter , 1986), son: fósforo, fierro, manganeso y zinc a excepción de nitrógeno que duplica los contenidos encontrados en pino. En la corteza en general los contenidos son parecidos, siendo potasio el único elemento que se presenta más bajo.

Keule se desarrolla sobresuelosde origen graníticoy sedimentos marinos, generalmente ricos en potasio (Delmastro *et al*, 1981), lo que explica el bajo contenido de este elemento en Valdivia, donde los suelos en general presentan baja disponibilidad de él.

**Belloto del sur:** Esta especie alcanza muy poca altura, con sólo algunos individuos que sobrepasan los 4 m, lo cual es muy poco, considerando que la plantación ya posee 28 años y que en las zonas de origen esta alcanza 25 m de altura. Aunque por naturaleza esta especie posee tendencia a ramificarse, en este caso los fustes presentan una excesiva ramificación, incluso en la mayoría se bifurcan desde el suelo. En esta especie destaca la gran diferencia entre árboles vigorosos y otro grupo mas numeroso con escaso crecimiento y copas achaparradas con muerte de ramas y brotes, lo cual no fue atribuido directamente a algún agente externo, ya que en estas sólo se encontraron hongos oportunistas que han atacado los árboles debilitados. El debilitamiento se puede explicar por el bajo contenido de calcio y magnesio, agregando a ello el bajo abastecimiento de calcio y toxicidad de aluminio en el suelo.

Aunque se trate de una plantación todavía joven, estos valores distan mucho de los alcanzados en la zona de distribución natural, donde se señalan alturas de 25 m y 50 cm de diámetro para árboles adultos.

Esta especie es la menos afectada en su abastecimiento nutritivo, aún cuando los niveles de calcio y magnesio son bajos para una latifoliada, que en general están sobre 0,5 y 0,15 % respectivamente en las hojas nuevas.

Clima: Como característica principal el clima en Valdivia genera condiciones de mayor humedad que en las áreas de origen de las especies. Con respecto a la ubicación más septentrional de distribución de quillay (Ovalle), Valdivia presenta 1.660 % más de precipitaciones y con respecto a la ubicación más meridional un 160 %. Las diferencias con la distribución de keule y belloto del sur también son bastante marcadas, mientras en las primeras hay aproximadamente 1.000 mm anuales, en Valdivia 2.100 mm. La temperatura promedio anual en Valdivia es menor en al menos 0,7 °C, con respecto a Concepción. En las demás localidades esta diferencia aumenta.

Suelo: El factor que se observa como principal limitante, es el elevado nivel de aluminio extraíble e intercambiable, especialmente en el suelo superficial, dónde se encuentra un alto porcentaje del sistema radicular. Junto a lo anterior cabe destacar que elementos fundamentales como son fósforo y la suma de bases se encuentran en niveles bajos, a diferencia de los suelos en las zonas de origen donde la suma de bases generalmente supera 8 cmol+/kg. En general los elementos nutritivos presentan contenidos satisfactorios en el horizonte A, pero en este horizonte existe una alta competencia con las raíces de las especies herbáceas, las cuales en quillay, keule 2 y belloto del sur tienen un 100 % de cobertura sobre el suelo, afectando indudablemente el desarrollo de los árboles.

En síntesis las condiciones climáticas en Valdivia son considerablemente más húmedas que en las áreas de origen de las especies. Esto aunque los suelos poseen buen drenaje, genera un mayor contenido de humedad que en las zonas de distribución natural, donde las especies se desarrollan en ambientes más secos. Además hay que agregar la mayor lixiviación que se produce en estos suelos debido a la gran cantidad de precipitaciones, lo que se refleja en una muy baja suma de bases, y elevados niveles de aluminio extraíble e intercambiable, lo que probablemente está afectando al sistema radicular, ya que en las zonas de distribución natural rara vez alcanza niveles superiores a un 10 %, nivel que indica el inicio de una toxicidad de aluminio provocando un inadecuado abastecimiento de cobre y zinc aunque estos se encuentren en cantidades suficientes en el suelo. El desarrollo de las especies analizadas se restringe aún más por la alta densidad de especies herbáceas existentes, lo que significa competencia por los escasos elementos nutritivos. Esto último indica la conveniencia de mejorar el control de malezas, además de mejorar el estado nutritivo del suelo, principalmente a través de un aumento de la suma de bases.

## 6. Conclusiones

La especie *Quillaja saponaria* (quillay) presenta un desarrollo poco vigoroso, con muchos árboles en mal estado que tienden a morir. Lo anterior es atribuible a una desadaptación climática, y al estado nutricional del suelo, fuertemente lixiviado, pobre en bases y con una alta saturación de aluminio, todo agravado por una fuerte competencia de una densa cubierta herbácea.

*Gomortega keule* (keule) se encuentra en mejores condiciones de vigor que quillay y belloto del sur, aunque bastante alejada del potencial de crecimiento que se observa en su hábitat natural. Está empezando a evidenciar problemas a nivel del follaje, lo que puede ser en parte respuesta a la competencia intraespecífica, pero que es agravada aún más con los elevados niveles de aluminio y baja disponibilidad de nitrógeno, fósforo y débil proporción de bases en el suelo.

*Beilschmiedia berteroana* (belloto del sur) refleja claramente que las condiciones en Valdivia no le son favorables por el escaso crecimiento que se ha logrado y las características de los fustes y copas. Los elementos más deficitarios en el follaje son calcio y magnesio, que junto a los elevados niveles de aluminio del suelo están influyendo en su escaso desarrollo.

El estado de desarrollo de estas especies no es consecuencia de la acción de un factor, sino que es la conjugación de varios de ellos, empezando por el clima más húmedo y de menor temperatura al de su lugar de origen; luego el suelo con su alta deficiencia en bases y elevados niveles de aluminio; también la competencia interespecífica, es decir la competencia ejercida por especies herbáceas mejor adaptadas al sitio.

La mantención y el mejoramiento de estas especies en el Arboretum de Valdivia requiere intensificar el manejo del medio, con un mejor control de malezas y una mejora de las condiciones químico – nutritivas del suelo a través de medidas de fertilización y enmiendas para elevar la reacción del suelo.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Arntz, J. , Delmastro, R., Schlatter, J. 1969. Influencia de un rodal de *Pinus radiata* D. Don. sobre algunos factores ecológicos en comparación al campo abierto. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales 201 P.
- Bonelli, C., Schlatter, J. 1995. Caracterización de suelos rojo arcillosos de la zona centro – sur de Chile. Actas Simposio IUFRO para Cono Sur Sudamericano, Manejo nutritivo de plantaciones forestales. Valdivia, Chile. 25 – 30 abril de 1995. Valdivia, (Chile). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Pp. 39 - 60
- Bowen, G. ; Nambiar, E. 1984. Nutrition of plantation forest. Academic Press. Florida (Estados Unidos). 515 p.
- Brady, N. ; Weil, R. 2000. Elements of the nature and properties of soils. Prentice Hall. New Jersey (U.S.A.). 547 p.
- Chapman, H .; Meyer, W. 1949. Forest mensuration. New York (U.S.A.). McGraw – Hill. 522 p.
- CIREN. 2001. Descripción de suelos, materiales y símbolos; Estudio agrológico X Región. Centro de Investigación de Recursos Naturales. Santiago, Chile. 178 p.
- Delmastro,R.,Díaz-Vaz, J., Schlatter, J.1981. Variabilidad de las características tecnológicas hereditarias del *Pinus radiata* (D. Don). Informe nº 3. Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI/76/003. Serie técnica, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 186 p.
- Dorronsoro, C. 2003. Introducción a la edafología.  
<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema00/progr.htm> (25/05/2004)
- Estévez, R. 1994. Caracterización del rebrote en cepas de quillay (*Quillaja saponaria* MOL.), fundo El Toyo, Región Metropolitana. Tesis Ing. Forestal. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 134 p.
- Fuenzalida, H. 1966. Climatología. Capitulo III. En: Corporación de Fomento de la Producción. Geografía Económica de Chile. Santiago (Chile). Editorial Universitaria. Pp. 31 – 44

- Gerding, V., Schlatter, J. 1995. Variables del sitio de importancia para la productividad de *Pinus radiata* D. Don en Chile. En: Actas Simposio IUFRO para Cono Sur Sudamericano, Manejo nutritivo de plantaciones forestales. Valdivia, Chile. 25 – 30 abril de 1995. Valdivia, (Chile). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Pp. 159 – 180
- Huber, H. 1995. El Arboretum de la Universidad Austral de Chile: Área de investigación y educación forestal. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 79 p.
- INFOR. 2000. Monografía de Quillay. Santiago (Chile). LOM ediciones. 73 p
- Inzunza, J. 2003. Meteorología descriptiva.  
<http://www.udec.cl/~jinzunza/meteo/cap15.pdf> (17/04/2004)
- Luzio, N. 1982. Taxonomía de suelos. Un sistema básico de clasificación de suelos para hacer e interpretar reconocimientos de suelos. SMSS Technical Monograph Nº 5, Soil Survey Staff, Soil Conservation Service, USDA, U.S.A. 265 p.
- Maldonado, C. 1990. Caracterización del hábitat de *Gomortega keule* (Mol.) Baillon en su rango de distribución y algunos antecedentes de su reproducción sexuada. Tesis Ing. Forestal. Chillán, Chile. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales. 124 p.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of higher plants. Segunda Edición. Academic Press. California (Estados Unidos). 862 p.
- Muñoz, P., C. 1973. Chile: Plantas en extinción. Editorial Universitaria. Santiago (Chile). 247 p.
- Novoa, R. ; Villaseca, S. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. Ministerio de Agricultura. 221 p.
- Reyes, C. 1997. Estudio de germinación y descripción anatómica de belloto del sur (*Beilschmiedia berteriana* (Gay) Kosterm.). Tesis Ing. Forestal. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 71 p.
- Roloff, A. 1993. Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemässigten Breiten. Sauerländers Verlag, Frankfurt am Main. 258 p.
- Santibañez, F. Uribe, J. 1993. Atlas Agroclimático de Chile. Regiones Sexta, Séptima, Octava y Novena. Fondo de Investigación Agropecuaria, Corporación de Fomento de la Producción. Santiago (Chile). Ministerio de Agricultura. 99 p.

Schlatter, J. E. 1986. Mantención de la productividad de sitio para plantaciones de *Pinus radiata* D. Don.; Determinación del contenido de elementos nutritivos en la biomasa, hojarasca y suelos. Valdivia (Chile). Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 11 p. (serie técnica de divulgación restringida)

Schlatter, J. E., Grez, R., Gerding, V. 2003. Manual para el reconocimiento de suelos. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia (Chile). 114 p.

Vita, A. 1974. Algunos antecedentes para la silvicultura del quillay (Quillaja Saponaria MOL.) Boletín Técnico Facultad de Ciencias Forestales (Universidad de Chile) (28): 19-31

## **ANEXOS**

**Anexo 1**  
Abstract y keywords

**State of development ex-situ of quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), keule (*Gomortega keule* (Mol.) Baillon) and belloto del sur (*berteroana* Beilschmiedia (gay) Kosterm.) in Valdivia**

Quillay, keule and belloto del sur are native species in the central zone of Chile, the first between Ovalle in the north, to Collipulli, in the south; keule survives in isolated stands near the coast from Constitución to Concepción and belloto del sur close to Linares.

These three species were established in the *Arboretum* of the Universidad Austral de Chile, Valdivia, with currently 75 trees of quillay (19 years old), 22 of keule (29 years old) and 25 bellotos del sur (27 years old), all together in small groups from each species.

The objectives of this study were to assess the growth of this species in his ex-situ condition in the *Arboretum*, to compare it with their natural distribution and to distinguish if they are adapted in their ex - situ condition or if they suffer limitations.

The natural distribution of the species was characterized through bibliography. The *Arboretum* site was characterized in their climate and soil conditions, and the trees were evaluated through foliar analysis and their growth: diameter and height; stem form and crown vigorosity; analysis also stem ere carried out for Keule.

Quillay to have a height range of 0,5 – 7,2 m, but many of the trees have diminished hardly the foliar density of its crown. Belloto del sur achieves 1,5 – 6,4 m of height, quite dense crown but very shrub - like and abundant leaves and even complete branches with necrosis. Keule become higher with 3,6 – 14,1 m, nevertheless the foliage loss coloration intensity and density in the last 3 – 5 years.

The climatic conditions in Valdivia are marginal for the species: high precipitations produces high humidity in the soil; temperature in general is lower. The soil in the *Arboretum* shows high levels of aluminum and low base saturation, a different condition as in their habitat. Where aluminum don't reaches toxic levels in the soil and wide the base saturation is higher. This differences affects the vigor of the trees, through the root system that may be damaged by this way.

The nutritional status of the trees shows some limitations: quillay show low levels of copper and zinc, keule is low in nitrogen, phosphorus, potassium, copper and zinc and belloto del sur low in phosphorus, calcium and magnesium.

In synthesis, the species reveal certain climatic desadaptación caused by excess of humidity and lower temperatures so they are more susceptible to soil limitations as high aluminum saturation and low phosphorus and base saturation level, aggravated by high weed competence.

It is recommendable to improve the site conditions with a rigorous control of weeds and with fertilizations if the objective is to conserve the species in good conditions in the Arboretum.

**Key words:** *Quillaja saponaria* Mol., *Gomortega keule* (Mol.) Baillon, *Beilschmiedia berteriana* (Gay) Kostermans), growth ex - situ.

## **Anexo 2**

Registros de precipitaciones, temperaturas y número de heladas por mes para Valdivia, durante el período 1995-2001, proporcionados por el Instituto de Geociencias de la Universidad Austral de Chile y registros de precipitaciones y temperaturas promedio para Ovalle, Santiago, Los Angeles, Constitución, Concepción y Panimavida.



Pluviometría mensual en Valdivia (mm)

	Ener.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1995	77,2	8,9	52,4	188,6	208,8	535,7	363,8	367,4	79,1	143,8	51,6	4,8	2082,1
1996	28,8	51,2	108,7	141,4	287	124,1	208,4	288,1	71,9	122,5	109,3	32	1573,4
1997	67,2	112,8	8,8	256,5	238,1	557,3	494,5	259,9	176,5	233,9	145,9	64,8	2616,2
1998	23,9	6,5	45,6	127,3	195,7	230,6	244,5	266,2	110	27,4	56,8	59,1	1393,6
1999	30,0	45,9	109,2	45,9	244,4	421,2	244,9	454,6	265,4	45,8	105,4	67,3	2080,0
2000	31,7	219	84,2	145,5	181,9	934,8	333,1	239	214,9	133,1	125,8	70,3	2713,3
2001	143	39,6	76,6	97,6	361,2	417,1	588,3	261,6	107,3	54,8	94,1	9,5	2250,7

Pluviometría mensual para área distribución de especies (mm)

	Ener.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Ovalle 1931- 1960	-	1,8	1,1	2,9	28,7	35,7	21,7	21,7	4,0	3,2	0,7	1,8	123,3
Santiago 1901-1960	1,0	1,5	4,4	14,2	62,6	91,6	80,7	57,9	30,3	14,7	6,4	4,8	370,1
<b>Los Angeles</b> 1921-1960	25,2	26,5	50,9	83,6	220,0	256,4	217,5	182,5	105,4	61,3	42,9	30,9	1303,1
<b>Constitución</b> <b>1930-1960</b>	10,9	10,3	16,6	55,5	173,1	227,2	185,6	140,6	66,7	40,1	20,4	12,8	959,8
<b>Concepción</b> <b>1901-1960</b>	19,5	18,4	44,5	85,5	232,2	264,2	242	180,3	105,5	55	45,1	27,9	1320,1
Panimavida 1938-1949	9,6	25	25,3	55,1	195,1	193,4	208,9	153,7	82,7	56,5	43	18,1	1066,4

Fuente: Fuenzalida, 1966

Temperatura promedio mensual en Valdivia (°C)

	Ener.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Promedio
1995	16,2	16,6	14,1	12,8	10,2	8,1	6	7,4	9,1	11,8	13,8	17,9	12,0
1996	16,3	15,9	15,4	11	12,5	5,4	8,7	9,1	10,3	11,8	13,3	16,3	12,2
1997	16,8	15,7	16,1	13,6	11	9,1	8,8	8,3	10,1	11,2	13,8	15,8	12,5
1998	16,9	18,8	15,2	12,7	12,4	8,8	8,3	8,8	9,5	12,4	13,7	16,6	12,8
1999	19	16,8	14,6	12,2	9,7	7,3	6,9	9,5	10,2	12,8	14,7	16,2	12,5
2000	16,7	16,1	13,8	12	10,3	8,9	7,1	8,8	8,8	12,5	13,2	15,3	12,0
2001	16,2	17	14,4	11,3	10,1	8,6	7,8	9,1	10,6	13	13,4	17,9	12,5

Temperatura promedio mensual para área distribución de especies (°C)

	Ener.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Promedio
Ovalle 1912-1940	19,6	19,6	17,7	15,1	12,9	11,7	11,2	12,1	13,2	14,8	16,7	18,4	15,3
Santiago 1861-1965	20	19,3	17,2	13,9	10,9	8,4	8,1	9,1	11,6	13,8	16,5	18,9	14,0
<b>Los Angeles</b> 1936-1950	20,6	19,4	16,7	13,5	10,7	8,6	8,2	8,6	10,8	13,3	15	18,6	13,7
<b>Constitución</b> <b>1930-1946</b>	18,2	17,7	16,2	13,9	12,1	10,7	10,1	10,4	11,7	13,3	15,5	17,2	13,9
<b>Concepción</b> <b>1911-1950</b>	18	17,2	15,1	12,8	11,1	9,7	9,1	9,6	10,6	12,6	14,8	16,9	13,0
Panimavida 1938-1950	20,4	18,9	16,1	12,6	10,2	8	7,6	8,3	10,7	13,2	15,7	18,8	13,4

Temperatura máxima promedio mensual en Valdivia (°C)

	Ener.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Promedio
1995	22,3	24,1	21,1	17,1	14,6	11,4	9,8	12,2	15,3	17,7	20,0	25,4	17,6
1996	23,2	23,1	22,0	16,9	14,8	9,4	12,7	13,3	16,8	17,7	19,0	22,2	17,6
1997	23,0	23,0	23,7	19,0	15,4	12,6	12,4	13,6	15,5	16,2	19,1	21,7	17,9
1998	23,7	27,0	22,5	19,1	16,2	12,1	11,9	13,9	15,7	19,0	19,9	22,7	18,6
1999	26,5	23,8	20,9	18,2	14,1	10,9	10,8	14,1	14,7	19,8	20,8	22,2	18,1
2000	22,7	22,1	20,1	16,8	14,6	12,0	11,3	13,8	14,1	18,7	18,8	21,0	17,2
2001	21,8	23,5	20,8	16,4	14,0	11,3	11,5	13,9	16,3	18,8	18,8	23,0	17,5

Temperatura mínima promedio mensual en Valdivia (°C)

	Ener.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Promedio
1995	10,4	10,2	8,8	9,5	7,0	5,4	3,3	4,1	4,2	7,2	8,2	11,4	7,5
1996	10,1	10,2	10,1	6,9	6,7	9,4	5,7	6,1	5,4	7,4	8,4	10,8	8,1
1997	11,7	9,6	10,3	9,6	8,2	6,6	6,1	5,0	5,8	6,9	9	10,3	8,3
1998	10,4	12,0	9,5	8,0	9,7	6,4	5,5	5,0	4,5	6,8	7,9	10,6	8,0
1999	12,1	11,1	10,1	7,9	6,8	4,6	3,8	6,1	6,9	7,2	9,3	10,2	8,0
2000	10,8	11,0	8,8	8,6	7,3	6,6	4,0	5,3	4,9	7,7	8,2	9,7	7,7
2001	10,8	11,4	9,2	7,6	7,2	6,3	5,0	5,7	6,4	8,1	7,9	11,5	8,1

Número de días con heladas por mes en Valdivia

	Ener.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1997	0	0	0	0	0	0	1	5	1	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	1	1	3	3	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	6	4	2	1	0	0	0
2000	0	0	0	1	0	4	8	5	2	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	2	5	2	0	0	0	0

### **Anexo 3**

Descripción series de suelo Correltúe y Valdivia.

### Serie Correltúe (CTE)

La serie Correltúe es un miembro de la familia fina, mixta, métrica de los Andic Palehumults (Ultisol).

Suelos profundos, desarrollados a partir de cenizas volcánicas antiguas, depositadas sobre el complejo metamórfico, que se encuentra principalmente en la Cordillera de la Costa a una altura de 250 m s.n.m., de textura superficial franco limosa y color pardo oscuro en matices 10YR; de textura franco limosa y color pardo oscuro en matices 2,5YR en profundidad. Suelos de buena permeabilidad y drenaje. La topografía dominante es de cerros con pendientes de 30 a 50 % (CIREN, 2001)

### Serie Valdivia (VAL)

La serie Valdivia es un miembro de la familia media, métrica de los Dunic Hupludands (Andisol).

Suelo moderadamente profundo, desarrollado a partir de cenizas volcánicas, que ocupa una posición de terraza remanente en la depresión de San José, a una altura de 9 a 20 m s.n.m. De textura superficial franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 7,5YR, y de textura franco arenosa y color pardo oscuro en el matiz 7,5YR en profundidad, el substrato corresponde a una toba, depósito de materiales volcánicos de fuerte compactación y mezclada con clastos alterados. Se denomina localmente como Cancagua. La topografía es compleja, suavemente ondulada con 5 a 8 % de pendiente y un buen drenaje (CIREN, 2001)

## **Anexo 4**

Procedimiento en análisis químico de suelos, foliar, madera y corteza

### Análisis de suelo

Elementos	Método
pH H <sub>2</sub> O	En agua destilada
pH KCl	En solución KCl 0,1 N en relación suelo : solución = 1:2,5
Ct (%)	Oxidación con dicromato de potasio, ác. Sulfúrico, determinación colorimétrica
Nt (%)	Digestión Kjeldahl, determinación colorimétrica
P Olsen	Fósforo disponible o extracto Olsen, determinación colorimétrica
Al, Fe, Mn, Cu, y Zn (ppm) Ca y Mg (ppm y meq/100g)	En extracto acetato de amonio a pH 4,8 – DPTA, determinación por absorción atómica
Na y K (ppm y meq /100g)	En extracto acetato de amonio a pH 4,8 – DPTA, determinación por emisión atómica
B (ppm)	En extracto CaCl <sub>2</sub> 0,15 % a ebullición cinco minutos, determinación colorimétrica
S (ppm)	Sulfato en extracto fosfato de calcio, determinación turbidimétrica
Al – KCl	En extracto KCl 1M
Densidad aparente	Método del cilindro
Textura	Tacto

### Análisis foliar

En laboratorio las hojas son lavadas y secadas a una temperatura entre 70° C a 75° C. Posteriormente se trituran, para después realizar la incineración se estas, que consiste en someter las hojas durante siete horas a la temperatura de 500° C, una vez incineradas se determina la proporción de cenizas y después estas son disueltas en una solución al 10 % HCl para determinar en ella todos los elementos a excepción de Nitrógeno.

### Análisis foliar, madera y corteza

Elementos	Método
N (%)	Extracción Kjeldahl, determinación colorimétrica
P (%) y B (ppm)	Extracción con HCl 10 %, determinación colorimétrica
K (%)	Extracción con HCl 10 %, determinación por emisión atómica
Ca y Mg (%), Fe, Mn, Cu, Zn (ppm)	Extracción con HCl 10 %, determinación por absorción atómica

## **Anexo 5**

Características morfológicas y físicas de suelo



Características morfológicas del sitio de ubicación para calicata N° 1  
*Arboretum*, Universidad Austral de Chile

		Nombres: Juan Schlatter – Alamiro Navarrete		Fecha: 23/04/2004	Perfil N° 1
Región X	Provincia Valdivia	Comuna Valdivia	Lugar <i>Arboretum</i>		
Forma del terreno: Terreno bajo, ondulado a quebrado			Posición fisiográfica: Loma o colina		
Ubicación en el relieve: Ladera		Forma de la ladera: Convexo	Forma del contorno: Cóncavo		
Elevación (m s.n.m): 47	Exposición: 140° se	Pendiente: 55%	Drenaje externo:		
Estrato arbóreo: queule – roble – haya		Estratos restantes: Arrayán – teline – quila – helechos – maqui		Uso anterior: agropecuario	

Características morfológicas del sitio de ubicación para calicata N° 2  
*Arboretum*, Universidad Austral de Chile

		Nombres: Juan Schlatter – Alamiro Navarrete		Fecha: 23/04/2004	Perfil N° 2
Región X	Provincia Valdivia	Comuna Valdivia	Lugar <i>Arboretum</i>		
Forma del terreno: Terreno bajo, ondulado			Posición fisiográfica: Loma o colina		
Ubicación en el relieve: Ladera alta		Forma de la ladera: Convexo	Forma del contorno: Recto		
Elevación (m s.n.m): 53	Exposición: Este	Pendiente: 17%	Drenaje externo: Moderado		
Estrato arbóreo: Quillay – belloto del sur		Estratos restantes: Herbáceas		Uso anterior: agropecuario	

Características físicas para calicata N° 1  
*Arboretum*, Universidad Austral de Chile

Horizonte	Profundidad (cm)	Limites Forma y nitidez	Contenido raíces finas raíces/100 cm <sup>2</sup>	Estructura	Consistencia	Textura	Color	Densidad aparente g/cm <sup>3</sup>
A	0 – 15	Gradual ondulado	20 – 50	Grumoso	Friable	Franco limoso	7,5YR 3/2	0,53
AB	15 – 24	Claro ondulado	20 – 30	Sub-poliédrico	Friable	Franco limoso	7,5YR 3/3	0,51
BA	24 – 45	Claro ondulado	10 – 20	Sub-poliedros finos	Friable	Franco areno - limoso	7,5YR 3/3	0,50
B1	45 – 90	Gradual ondulado	5 – 10	Prismático débil	Friable	Franco arcilloso	7,5YR 3/4	0,53
B2	> 90		< 5	Masivo	Muy friable	Franco limoso	7,5YR 4/3	0,49

Observaciones: En los horizontes BA y B1 aparecen restos de carbón

Características físicas para calicata N° 2  
*Arboretum*, Universidad Austral de Chile

Horizonte	Profundidad (cm)	Limites Forma y nitidez	Contenido raíces finas raíces/100 cm <sup>2</sup>	Estructura	Consistencia	Textura	Color	Densidad aparente g/cm <sup>3</sup>
A1	0 – 6	Levemente ondulado	> 50	Grumoso a granular fino	Friable	Franco limoso	5YR 3/2	0,27
A2	6 – 14	Claro ondulado	20 – 50	Granular fino	Friable a firme	Franco limoso	7,5YR 3/2	0,49
AB	14 – 30	Claro ondulado	20 – 30	masivo	Friable	Franco limoso	7,5YR 3/3	0,60
BA	30 – 60	Gradual ondulado	10 – 20	Masivo (agregado fino)	Friable a muy friable	Franco areno limoso	5YR 4/4	0,57
B	> 60		5 – 10	Masivo (sub-poliedros)	Muy friable	Franco limoso	7,5YR 4/4	0,64

Observaciones: Todos los horizontes presentan drenaje interno moderado. Horizonte A1 está compuesto por una masa de raíces y pastos, A2 corresponde a un suelo arado en recuperación, AB es un suelo afectado por intenso sometimiento a laboreo agrícola, BA y B son suelos afectados por fuego, en el que se encuentran restos de carbón y en el cual también se observa un efecto ladrillo. La actividad de lombrices es gradual desde A1 hasta AB.

## **Anexo 6**

Características químicas de suelo

Resultados del análisis químico de suelos en calicata N° 1  
*Arboretum, Universidad Austral de Chile*

Horizonte	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Ct %	Nt %	C/N	P Olsen (ppm)	Al	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	S	Al- KCl (ppm)		
							Acetato de amonio pH 4,8 – DTPA													
							Mg/kg	( ppm)												
A	5,52	4,73	12,33	0,73	16,9	3,2	2120	45	78	373	95	116	7	6,0	2,3	0,7	9	38		
AB	5,44	4,71	10,77	0,64	16,8	2,4	2230	39	47	102	28	100	3	5,7	1,2	0,5	9	35		
BA	5,69	5,47	6,23	0,37	17,0	2,2	1360	28	9	21	7	120	5	2,8	0,1	0,1	24	1		
B1	5,89	5,66	4,67	0,32	14,7	2,2	1320	26	11	30	6	137	4	2,4	0,1	0,1	22	1		
B2	5,83	5,58	4,40	0,30	14,9	2,4	1190	25	9	28	8	138	4	2,5	0,1	0,0	19	1		

Resultados del análisis químico de suelos en calicata N° 2  
*Arboretum, Universidad Austral de Chile*

Horizonte	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Ct %	Nt %	C/N	P Olsen	Al	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	S	Al- KCl		
							Acetato de amonio pH 4,8 – DTPA											ppm		
							mg/kg	( ppm)												
A1	5,55	4,63	15,57	0,88	17,6	3,2	2620	88	132	586	204	164	41	6,3	7,1	0,8	14	58		
A2	5,58	4,52	12,43	0,73	17,0	3,0	2820	57	68	137	44	84	5	5,6	1,1	0,6	12	67		
AB	5,52	4,79	10,70	0,61	17,6	2,4	2380	42	47	66	19	72	3	5,3	0,6	0,5	10	23		
BA	5,65	5,77	3,57	0,24	14,8	3,2	1130	25	9	13	4	116	1	1,5	0,1	0,1	29	1		
B	5,54	5,70	1,86	0,16	11,9	3,2	880	15	8	38	16	246	4	2,3	0,1	0,4	38	1		

Resultados análisis químico de suelos en calicata N° 1  
*Arboretum, Universidad Austral de Chile*

Horizonte	Na	K	Ca	Mg	Suma de bases	Al-KCl	Saturación aluminio
	Acetato de amonio pH 4,8 – DTPA						%
	(cmol+/kg)						
A	0,20	0,20	1,87	0,78	3,04	0,43	12,25
AB	0,17	0,12	0,51	0,23	1,04	0,38	27,06
BA	0,12	0,02	0,11	0,06	0,31	0,01	1,77
B1	0,11	0,03	0,15	0,05	0,34	0,01	1,61
B2	0,11	0,02	0,14	0,07	0,36	0,01	1,61

Resultados análisis químico de suelos en calicata N° 2  
*Arboretum, Universidad Austral de Chile*

Horizonte	Na	K	Ca	Mg	Suma de bases	Al-KCl	Saturación aluminio
	Acetato de amonio pH 4,8 – DTPA						%
	(Cmol+/kg)						
A1	0,38	0,34	2,93	1,68	5,33	0,65	10,85
A2	0,25	0,18	0,68	0,36	1,47	0,75	33,79
AB	0,18	0,12	0,33	0,16	0,79	0,26	24,58
BA	0,11	0,02	0,07	0,03	0,23	0,01	2,33
B	0,06	0,02	0,19	0,13	0,41	0,01	1,35

## **Anexo 7**

Información dendrométrica de las especies

Información dendrométrica para quillay  
*Arboretum*, Universidad Austral de Chile

Nº	DAC (cm)	Altura (m)	Forma	Vitalidad copa
1	1,0	0,8	3	3
2	1,0	1,0	3	3
3	1,0	1,4	3	3
4	1,0	0,9	3	3
5	1,0	1,2	3	3
6	1,5	0,5	3	3
7	1,5	1,2	3	3
8	1,5	1,2	3	3
9	1,5	1,1	3	3
10	1,5	1,3	3	3
11	1,5	1,2	3	3
12	1,5	0,8	3	3
13	1,5	1,0	3	3
14	1,5	1,1	3	3
15	2,0	0,9	3	3
16	2,0	1,0	3	3
17	2,0	0,9	3	3
18	2,5	1,5	2	3
19	2,5	1,4	3	3
20	2,5	1,0	3	3
21	2,5	2,1	3	3
22	2,5	0,7	3	3
23	3,0	1,4	3	3
24	3,0	1,1	3	3
25	3,0	1,7	3	3
26	3,0	1,5	3	3
27	3,0	1,8	3	3
28	3,0	1,3	3	3
29	3,5	1,6	3	2
30	3,5	2,1	3	2
31	3,8	1,6	3	3
32	4,0	2,2	3	2
33	4,0	2,7	2	2
34	4,0	2,1	3	2
35	4,0	2,2	3	3
36	4,0	1,6	3	3
37	4,0	3,0	3	2
38	4,5	1,7	3	3
39	4,5	2,1	3	2
40	4,5	6,3	2	1
41	4,5	1,2	3	3
42	5,0	2,0	3	2
43	5,0	1,7	3	3

Nº	DAC (cm)	Altura (m)	Forma	Vitalidad copa
44	5,5	2,9	3	2
45	6,0	1,5	3	3
46	6,0	3,3	3	2
47	6,0	2,1	3	2
48	6,0	1,4	3	3
49	6,0	2,6	3	2
50	6,5	3,0	3	2
51	6,5	4,5	3	2
52	6,5	3,9	3	2
53	6,5	2,6	3	3
54	7,5	3,1	3	2
55	7,5	3,4	2	2
56	7,5	4,7	3	1
57	7,5	3,7	3	2
58	8,0	3,5	3	1
59	8,0	2,7	3	2
60	8,0	3,8	3	2
61	8,5	2,1	3	2
62	8,5	4,5	2	2
63	8,5	3,8	3	1
64	9,5	4,8	2	1
65	9,5	5,4	3	2
66	10,0	5,8	3	2
67	10,0	5,3	3	1
68	10,0	5,0	3	2
69	10,0	5,3	3	2
70	10,5	1,9	3	2
71	10,5	4,4	2	1
72	10,5	5,1	2	2
73	11,0	1,4	3	3
74	11,5	5,7	2	1
75	12,0	6,4	2	1
76	13,0	5,2	2	1
77	13,0	6,2	3	2
78	15,0	5,0	3	2
79	17,0	7,2	2	1

Información dasométrica para keule y belloto del sur  
*Arboretum*, Universidad Austral de Chile

Keule 1				
Nº	DAP (cm)	Altura (m)	Forma	Vitalidad copa
1	6,5	6,3	2	2
2	13,5	9,3	2	2
3	14,0	11,2	1	2
4	14,5	9,8	2	2
5	14,7	12,3	2	2
6	15,0	10,2	1	1
7	16,0	11,7	2	1
8	17,5	10,2	1	1
9	17,5	11,2	2	2
10	18,5	8,3	1	2
11	18,5	10,8	2	2
12	19,5	11,5	1	1
13	20,4	10,1	1	1
14	20,5	8,5	2	2
15	21,0	11,2	2	2
16	23,0	8,3	1	2
17	25,0	14,1	2	2
18	30,5	11,0	2	2
19	36,5	12,1	2	2

Keule 2				
Nº	DAP (cm)	Altura (m)	Forma	Vitalidad copa
1	8,5	3,7	2	3
2	21,5	8,9	1	2
3	22,5	9,8	2	1
4	23,5	8,6	2	2
5	35,0	11,3	2	1

Belloto del sur				
Nº	DAP (cm)	Altura (m)	Forma	Vitalidad copa
1	2,7	1,9	3	2
2	3,0	1,7	3	2
3	3,5	1,9	3	3
4	4,0	1,6	3	2
5	4,5	2,1	3	2
6	5,0	2,9	3	2
7	5,0	2,7	3	2
8	5,0	2,1	3	2
9	5,0	2,4	3	2
10	5,3	2,4	3	2
11	6,0	2,6	3	2
12	7,0	2,7	3	2
13	7,0	3,1	3	1
14	8,0	2,1	3	2
15	8,0	2,8	3	1
16	11,0	2,2	3	2
17	12,0	3,8	3	1
18	14,0	6,4	2	1
19	14,0	3,5	3	2
20	16,0	3,0	3	2
21	17,0	3,8	3	1
22	18,5	3,1	3	1



## **Anexo 8**

Resultados de medición anillos, densidad de la madera y tasas de crecimiento  
obtenidos en keule

Ancho anillos en keule, árbol 1 (valores en centímetros)

Años	Rodela (0,3 m)				Rodela (1,3 m)				Rodela (2,3 m)			
	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	E
1	0,10	0,11	0,16	0,11	0,19	0,19	0,20	0,20	0,10	0,10	0,11	0,15
2	0,30	0,31	0,35	0,32	0,40	0,31	0,39	0,35	0,48	0,50	0,52	0,51
3	0,19	0,21	0,20	0,20	0,58	0,42	0,52	0,36	0,51	0,51	0,54	0,63
4	0,29	0,12	0,21	0,12	0,62	0,60	0,56	0,62	0,62	0,58	0,62	0,80
5	0,52	0,39	0,41	0,40	0,85	0,65	0,70	0,91	0,68	0,66	0,71	0,80
6	0,57	0,30	0,48	0,46	0,80	0,78	0,70	0,89	0,57	0,65	0,49	0,75
7	0,90	0,51	0,69	0,60	0,55	0,60	0,70	0,71	0,52	0,52	0,40	0,77
8	0,81	0,69	0,74	0,75	0,51	0,59	0,61	0,40	0,36	0,44	0,30	0,52
9	0,91	0,59	0,85	0,80	0,32	0,40	0,40	0,30	0,56	0,53	0,40	0,80
10	0,71	0,44	0,69	0,80	0,45	0,40	0,50	0,31	0,59	0,68	0,50	0,78
11	0,72	0,35	0,71	0,85	0,41	0,35	0,49	0,40	0,39	0,51	0,38	0,58
12	0,59	0,24	0,31	0,41	0,35	0,22	0,58	0,38	0,32	0,41	0,24	0,60
13	0,80	0,39	0,69	0,47	0,38	0,14	0,45	0,21	0,27	0,28	0,11	0,40
14	0,76	0,31	0,75	0,52	0,31	0,05	0,32	0,25	0,21	0,25	0,12	0,40
15	0,59	0,20	0,77	0,51	0,21	0,05	0,36	0,31	0,11	0,11	0,15	0,40
16	0,25	0,25	0,68	0,29	0,11	0,06	0,28	0,13	0,11	0,08	0,17	0,30
17	0,39	0,20	0,45	0,05	0,05	0,05	0,25	0,26	0,09	-	0,10	0,39
18	0,50	0,26	0,29	0,06	0,05	0,02	0,15	0,31	0,02	-	0,02	0,11
19	0,23	0,11	0,38	0,21	-	-	0,02	0,30	-	-	-	0,08
20	0,20	0,09	0,35	0,11	-	-	-	0,15	-	-	-	0,05
21	0,19	0,09	0,35	0,19	-	-	-	0,10	0,07	0,11	0,11	0,25
22	0,10	-	0,20	0,09	0,08	0,05	0,18	0,10	-	-	-	-
23	0,10	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-
24	0,10	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
25	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	0,69	0,19	0,40	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	11,51	6,35	11,11	8,62	7,22	5,93	8,36	7,95	6,58	6,92	5,99	10,07
Corteza	0,25				0,4				0,21			

- N : Orientación norte de medición de anillos de crecimiento, desde el centro  
S : Orientación sur de medición de anillos de crecimiento, desde el centro  
O : Orientación oeste de medición de anillos de crecimiento, desde el centro  
E : Orientación este de medición de anillos de crecimiento, desde el centro  
- : Dato faltante por imposibilidad de observación

Ancho anillos en keule, árbol 1 (valores en centímetros)

Años	Rodela (3,3 m)				Rodela (4,3 m)				Rodela (5,3 m)				Rodela (6,3 m)				Rodela (7,3 m)			
	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	E
1	0,08	-	0,05	-	0,01	0,05	0,02	0,02	0,42	0,45	0,50	0,40	0,20	0,11	0,15	0,20	0,25	0,25	0,20	0,19
2	0,41	-	0,40	-	0,40	0,40	0,39	0,38	0,48	0,50	0,60	0,60	0,45	0,74	0,50	0,50	0,45	0,45	0,40	0,56
3	0,81	-	-	0,98	0,57	0,65	0,59	0,70	0,51	0,15	0,60	1,20	0,50	0,25	1,05	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45
4	0,80	-	0,90	0,88	0,47	0,37	0,70	0,60	0,69	1,20	0,80	1,35	0,60	1,21	0,70	0,61	0,45	0,95	0,60	0,52
5	0,56	0,32	0,85	0,72	0,80	0,73	0,75	0,80	0,70	1,00	0,90	0,60	0,50	0,64	0,80	0,74	0,60	0,36	0,50	0,48
6	0,90	0,41	1,11	0,18	0,75	0,60	1,05	0,80	0,75	0,75	0,75	1,20	0,50	0,55	0,70	0,65	0,60	0,29	0,50	0,50
7	0,72	0,45	1,09	0,28	0,76	0,65	0,45	1,20	0,60	0,55	0,67	0,45	0,50	0,30	0,50	0,50	0,35	0,25	0,32	0,35
8	0,82	0,40	1,31	0,75	0,74	0,65	0,67	0,40	0,50	0,40	0,69	0,25	0,40	0,45	0,60	0,40	0,65	0,15	0,33	0,35
9	0,56	0,41	1,09	0,89	0,40	0,42	0,68	0,50	0,35	0,25	0,24	0,40	0,45	0,25	0,40	0,40	0,15		0,20	0,30
10	0,61	0,41	0,80	0,51	0,60	0,28	0,50	0,50	0,40	0,15	0,75	0,25	0,30	0,15	0,28	0,30	0,10	-	0,10	0,30
11	0,35	0,29	0,48	0,40	0,08	0,25	0,35	0,25	0,20	0,15	0,40	-	0,25	0,10	-	0,25	0,10	-	-	-
12	0,20	0,28	0,20	0,30	0,04	0,36	0,36	0,33	0,20	0,14	0,20	-	0,25	0,07	-	0,15	0,10	-	-	-
13	0,15	0,12	0,15	0,45	0,13	0,21	0,24	0,24	-	0,16	0,10	-	0,15	0,09	-	0,15	0,08	-	-	-
14	0,05	0,11	0,15	0,25	-	0,18	0,23	0,23	-	0,05	0,10	-	0,10	0,08	-	0,06	0,72	0,25	0,55	0,30
15	0,05	0,10	0,08	0,10	-	0,10	0,17	0,24	-	0,10	0,10	-	0,15	-	-	0,19	-	-	-	-
16	0,05	0,02	0,05	0,02	-	0,05	0,10	0,19	-	0,10	-	-	0,30	0,11	0,57	0,30	-	-	-	-
17	-	0,02	-	0,02	-	0,05	-	0,12	0,45	0,10	0,15	1,10	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	0,05	-	0,02	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	0,02	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	0,06	0,35	0,10	0,26	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	0,15	0,15	0,15	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	7,27	3,54	8,86	7,01	6,10	6,25	7,51	7,62	6,25	6,10	7,55	7,80	5,60	5,10	6,25	5,90	5,10	3,45	4,20	4,30
Corteza	0,31				0,4				0,5				0,4				0,4			

Ancho anillos en keule, árbol 2 (valores en centímetros)

Años	Rodela (0,3 m)				Rodela (1,3 m)				Rodela (2,3 m)			
	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	E
1	0,30	0,25	0,30	0,30	0,20	0,30	0,10	0,40	0,30	0,25	0,25	0,35
2	0,15	0,20	0,25	0,20	0,20	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,25	0,20
3	0,25	0,17	0,05	0,30	0,45	0,25	0,25	0,15	0,25	0,25	0,20	0,25
4	0,30	0,38	0,35	0,35	0,05	0,35	0,30	0,75	0,55	1,10	0,60	0,50
5	0,30	0,35	0,20	0,35	0,28	0,35	0,40	0,35	0,50	0,30	0,55	0,60
6	0,50	0,35	0,40	0,20	0,50	0,50	0,40	0,20	0,65	0,70	0,55	0,70
7	0,35	0,40	0,40	0,20	0,54	0,60	0,50	0,60	0,70	0,80	0,65	0,80
8	1,15	0,45	0,60	0,30	0,73	0,70	0,80	0,70	0,55	0,60	0,55	0,70
9	0,65	0,75	0,75	0,45	0,60	0,70	0,80	0,75	0,70	0,80	0,80	0,75
10	0,80	0,65	0,75	0,75	0,85	0,85	0,90	0,80	0,65	0,60	0,70	0,75
11	0,75	0,70	0,85	0,80	0,50	0,70	0,80	0,65	0,60	0,50	0,50	0,60
12	0,90	0,60	0,90	0,80	0,70	0,87	0,90	0,70	0,50	0,50	0,45	0,40
13	0,70	0,75	1,10	0,55	0,80	0,83	0,80	0,65	0,45	0,30	0,35	0,30
14	0,80	0,60	1,00	0,85	0,50	0,60	0,45	0,40	0,45	0,50	0,45	0,40
15	0,75	0,70	1,10	0,55	0,35	0,55	0,80	0,60	0,35	0,35	0,35	0,25
16	0,50	0,65	1,00	0,65	0,25	0,50	0,50	0,35	0,30	0,20	0,30	0,15
17	0,45	0,55	0,70	0,50	0,30	0,50	0,55	0,35	0,25	0,20	0,10	0,20
18	0,25	0,55	0,70	0,35	0,30	0,30	0,55	0,22	0,20	0,20	0,20	0,12
19	0,30	0,25	0,60	0,40	0,25	0,20	0,25	0,10	0,20	-	0,18	-
20	0,25	0,25	0,60	0,30	0,15	0,20	0,40	0,13	0,15	-	0,12	-
21	0,20	0,20	0,40	0,30	0,05	0,15	0,30	-	0,18	0,40	0,15	0,23
22	0,15	0,20	-	0,50	0,13	0,15	0,35	-	-	-	-	-
23	0,15	0,20	-	0,30	0,12	-	0,45	-	-	-	-	-
24	0,20	0,20	-	0,25	0,15	0,05	0,50	0,20	-	-	-	-
25	0,10	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
27	0,15	0,35	0,25	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	11,35	10,70	13,25	11,35	8,95	10,35	12,20	9,25	8,68	8,75	8,25	8,25
Corteza	0,55	0,56			0,51	0,5			0,45			

Ancho anillos en keule, árbol 2 (valores en centímetros)

Años	Rodela (3,3 m)			
	N	S	O	E
1	0,60	0,60	0,62	0,55
2	0,65	0,65	0,58	0,50
3	0,60	0,63	0,60	0,65
4	0,85	0,87	0,80	0,90
5	0,65	0,65	0,60	0,85
6	0,65	0,75	0,80	0,90
7	0,70	0,70	0,70	0,80
8	0,55	0,50	0,40	0,60
9	0,55	0,50	0,50	0,57
10	0,45	0,35	0,30	0,40
11	0,65	0,35	0,40	0,38
12	0,50	0,25	0,50	0,30
13	0,30	0,10	0,15	0,20
14	0,20	0,20	0,15	0,25
15	0,20	0,20	0,15	0,24
16	0,30	0,20	0,20	0,21
17	-	-	-	0,10
18	0,25	0,15	0,17	0,10
TOTAL	8,65	7,65	7,62	8,50
Corteza	0,55	0,5		

Años	Rodela (4,3 m)			
	N	S	O	E
1	0,30	0,30	0,30	0,40
2	0,50	0,50	0,45	0,45
3	0,55	0,55	0,60	0,50
4	0,40	0,60	0,60	0,55
5	0,55	0,70	0,70	0,55
6	0,72	0,65	0,70	0,50
7	0,66	0,50	0,55	0,50
8	0,47	0,45	0,60	0,50
9	1,10	0,45	0,40	0,40
10	0,55	0,40	0,65	0,50
11	0,40	0,30	0,50	0,50
12	0,20	0,20	0,35	0,35
13	0,90	0,20	0,35	0,20
14	0,39	0,10	0,25	0,15
15	0,16	0,10	-	0,10
16	-	-	-	0,13
17	0,17	0,10	0,30	0,42
18	-	-	-	-
TOTAL	7,62	6,10	7,30	6,70
Corteza	0,45	0,46		

Años	Rodela (5,3 m)			
	N	S	O	E
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-
13	-	-	-	-
14	-	-	-	-
15	-	-	-	-
16	-	-	-	-
17	-	-	-	-
18	-	-	-	-
TOTAL	6,10	6,60	-	-
Corteza	0,43	0,5	-	-

Años	Rodela (6,3 m)			
	N	S	O	E
1	0,65	0,70	-	0,70
2	0,35	0,35	-	0,35
3	0,40	0,40	-	0,40
4	0,35	0,74	-	0,40
5	0,45	0,26	-	0,47
6	0,45	0,17	-	0,30
7	0,37	0,13	-	0,28
8	0,23	0,10	-	0,15
9	0,25	0,10	-	0,20
10	0,30	0,10	-	0,15
11	0,20	-	-	-
12	0,15	0,03	-	0,20
TOTAL	4,15	3,08	3,10	3,60
Corteza	0,35	0,4		

Años	Rodela (7,3 m)			
	N	S	O	E
1	0,38	0,60	0,60	0,60
2	0,42	0,45	0,45	0,46
3	0,30	0,40	0,46	0,39
4	0,22	0,40	0,49	0,40
5	0,15	0,25	0,42	0,30
6	0,08	0,18	0,23	0,10
7	0,07	0,02	0,20	-
8	0,08	-	-	-
9	0,10	0,30	0,40	0,35
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-
TOTAL	1,80	2,60	3,25	2,60
Corteza	0,3	0,3		

Años	Rodela (8,3 m)			
	N	S	O	E
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-
TOTAL	3,00	-	-	-
Corteza	0,6			

Ancho anillos en keule, árbol 3 (valores en centímetros)

Años	Rodela (0,3 m)				Rodela (1,3 m)				Rodela (2,3 m)			
	N	S	O	E	N	S	O	E	N	S	O	E
1	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,40	0,40	-	-
2	0,03	0,06	0,03	0,03	0,30	0,30	0,40	0,10	0,32	0,45	-	-
3	0,08	0,05	0,08	0,08	0,30	0,30	0,30	0,60	0,68	0,50	-	-
4	0,12	0,21	0,10	0,20	0,70	0,50	0,50	0,50	0,70	0,45	-	-
5	0,16	0,24	0,12	0,20	0,70	0,70	0,50	0,50	0,70	0,55	-	-
6	0,31	0,30	0,28	0,25	0,70	0,50	0,60	0,60	0,60	0,45	-	-
7	0,31	0,40	0,30	0,35	0,70	0,60	0,60	0,80	0,55	0,60	-	-
8	0,39	0,55	0,40	0,35	0,80	0,70	0,70	0,70	0,55	0,40	-	-
9	0,41	0,65	0,40	0,50	0,70	0,60	0,70	0,70	0,70	0,35	-	-
10	0,61	0,30	1,25	0,55	0,90	0,60	0,60	0,40	0,50	0,45	-	-
11	0,67	0,40	0,70	0,85	0,80	0,60	0,60	0,40	0,60	0,45	-	-
12	0,52	0,80	0,70	0,65	0,60	0,50	0,60	0,50	0,50	0,40	-	-
13	0,40	0,90	0,55	0,80	0,30	0,40	0,50	0,40	0,30	0,25	-	-
14	0,65	0,70	0,45	0,80	1,00	0,40	0,60	0,50	0,10	0,10	-	-
15	0,80	0,70	0,45	0,80	0,60	0,40	0,60	0,50	0,15	0,11	-	-
16	0,80	0,75	0,40	0,75	0,60	0,30	0,50	0,40	0,10	-	-	-
17	0,63	0,45	0,40	0,80	0,40	0,20	0,40	0,20	0,10	0,10	-	-
18	0,47	0,55	0,40	0,65	0,20	0,10	0,20	0,20	-	-	-	-
19	0,60	0,45	0,30	0,90	0,20	0,10	0,10	0,10	-	-	-	-
20	0,65	0,50	0,32	0,80	0,10	-	-	0,10	-	-	-	-
21	0,65	0,50	0,18	0,70	0,10	0,10	0,20	0,10	-	-	-	-
22	0,56	0,25	-	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-
23	0,24	0,20	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
24	0,05	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
25	0,05	-	-	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
27	0,10	0,15	0,32	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	10,35	10,15	8,22	12,90	10,50	7,50	8,80	8,10	7,55	6,01	-	-
Corteza	0,15				0,3				0,35			

Ancho anillos en keule, árbol 3 (valores en centímetros)

Años	Rodela (3,3 m)			
	N	S	O	E
1	0,09	0,10	0,10	0,10
2	0,51	0,52	0,60	0,52
3	0,55	0,48	0,30	0,48
4	0,50	0,50	0,50	0,40
5	0,40	0,55	0,60	0,42
6	0,50	0,60	0,60	0,48
7	0,65	0,70	0,50	0,50
8	0,60	0,60	0,60	0,62
9	0,55	0,60	0,60	0,78
10	0,50	0,55	0,50	0,50
11	0,60	0,50	0,40	0,75
12	0,45	0,50	0,50	0,70
13	0,50	0,40	0,40	0,55
14	0,60	0,30	0,40	0,50
15	0,30	0,35	0,10	0,40
16	0,20	0,15	0,10	0,20
17	0,05	-	0,10	0,15
18	-	0,25	-	0,10
19	0,10	0,05	0,02	0,10
TOTAL	7,65	7,70	6,92	8,25
Corteza		0,5		

Años	Rodela (4,3 m)			
	N	S	O	E
1	0,05	0,07	0,50	-
2	0,40	0,08	0,10	-
3	0,33	0,74	0,50	
4	0,47	0,41	0,50	-
5	0,45	0,45	0,50	-
6	0,40	0,55	0,50	-
7	0,25	0,40	0,50	-
8	0,60	0,30	0,40	-
9	0,45	0,45	0,50	-
10	0,50	0,35	0,20	-
11	0,35	0,25	0,30	-
12	0,20	0,25	0,20	-
13	0,15	0,10	0,10	-
14	0,10	0,15	0,00	-
15	0,08	-	-	-
16	0,04	0,10	0,10	-
17	-	-	-	-
18	-	-	-	-
19	-	-	-	-
TOTAL	4,82	4,65	4,51	4,25
Corteza		0,45		

Años	Rodela (5,3 m)			
	N	S	O	E
1	-	-	-	-
2	0,10	0,12	0,12	0,18
3	0,32	0,33	0,39	0,40
4	0,38	0,33	0,39	0,42
5	0,30	0,47	0,50	0,46
6	0,45	0,50	0,40	0,45
7	0,44	0,43	0,45	0,54
8	0,41	0,47	0,35	0,45
9	0,42	0,50	0,25	0,35
10	0,48	0,15	0,33	0,30
11	0,22	0,10	0,22	0,25
12	0,13	0,12	0,13	0,25
13	0,10	-	0,08	-
14	-	-	0,04	-
15	0,07	0,19	0,10	-
16	-	-	-	-
17	-	-	-	-
18	-	-	-	-
19	-	-	-	-
TOTAL	3,82	3,71	3,75	4,05
Corteza		0,5		

Años	Rodela (6,3 m)			
	N	S	O	E
1	-	-	-	-
2	0,30	-	-	-
3	0,45	-	-	-
4	0,45	-	-	-
5	0,50	-	-	-
6	0,55	-	-	-
7	0,60	-	-	-
8	0,30	-	-	-
9	0,25	-	-	-
10	0,15	-	-	-
11	0,10	-	-	-
12	0,06	-	-	-
TOTAL	3,71	5,25	4,38	5,00
Corteza	0,3			

Años	Rodela (7,3 m)			
	N	S	O	E
1	0,80	0,80	1,00	0,90
2	0,40	0,60	0,55	0,45
3	0,45	0,55	0,45	0,55
4	0,35	0,45	0,40	0,50
5	0,40	0,30	0,30	0,55
6	0,40	0,28	0,25	0,35
7	0,20	0,12	0,15	0,25
8	0,10	0,08	0,10	0,05
9	0,10	0,04	0,10	0,10
10	0,05	0,06	-	0,08
11	0,10	0,06	0,10	0,07
12	-	-	-	-
TOTAL	3,35	3,34	3,40	3,85
Corteza		0,3		

Años	Rodela (8,3 m)			
	N	S	O	E
1	0,60	0,68	0,50	0,50
2	0,41	0,32	0,55	0,48
3	0,41	0,48	0,50	0,32
4	0,28	0,38	0,45	0,65
5	0,35	0,19	0,45	1,30
6	0,15	0,15	0,30	0,20
7	0,08	0,10	0,30	0,25
8	-	0,10	0,30	0,20
9	-	0,20	-	0,20
10	-	0,10	-	-
11	0,07	0,05	0,65	0,10
12	-	-	-	-
TOTAL	2,35	2,75	4,00	2,90
Corteza		0,25		

Ancho anillos en keule, árbol 3  
(valores en centímetros)

Años	Rodela (9,3 m)			
	N	S	O	E
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-
TOTAL	2,80	2,85	-	-
Corteza	0,55	0,53		

Densidad de la madera de keule, Arboretum, Universidad Austral de Chile

Nº árbol	Altura muestra	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
1	0,3	0,41
1	1,3	0,38
1	3,3	0,37
1	4,3	0,37
1	5,3	0,38
2	0,3	0,39
2	1,3	0,39
2	3,3	0,40
2	4,3	0,41
2	5,3	0,40
3	0,3	0,40
3	1,3	0,39
3	3,3	0,40
3	4,3	0,39
3	5,3	0,38



Tasas de crecimiento en árbol 1 de keule a diferentes edades  
*Arboretum*, Universidad Austral de Chile

Edad	Crecimiento medio anual				Crecimiento corriente anual			
	Diámetro (cm)	Area basal (cm <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Diámetro (cm)	Area basal (cm <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,025	0,0030	25	1	0,000009	0,0010	9	0,6
2	0,030	0,0050	23	3	0,000045	0,0025	20	8
3	0,032	0,0065	23	6	0,000068	0,0030	20	20
4	0,038	0,0079	22	11	0,000080	0,0045	20	31
5	0,045	0,0090	22	27	0,000095	0,0080	20	110
6	0,050	0,2000	33	67	0,390000	0,1200	100	300
7	0,140	0,1200	54	130	0,730000	0,8700	200	530
8	0,230	0,3700	51	220	0,940000	2,4000	30	1000
9	0,330	0,8300	50	410	1,200000	5,0000	30	2100
10	0,440	1,6500	48	690	1,550000	9,8000	30	3600
11	0,530	2,6800	52	1000	1,590000	14,0000	100	4800
12	0,590	3,5600	52	140	1,280000	14,0000	50	5600
13	0,620	4,2800	52	1800	1,050000	14,0000	50	7100
14	0,630	4,6700	50	2300	0,710000	10,0000	20	8900
15	0,640	5,2000	48	2800	0,830000	13,0000	20	10000
16	0,650	5,7000	57	3300	0,830000	14,0000	20	11000
17	0,660	6,1400	45	3600	0,760000	14,0000	20	9900
18	0,660	6,4000	44	3900	0,590000	11,0000	20	8200
19	0,650	6,5600	44	4100	0,470000	9,4000	50	7800
20	0,640	6,7000	44	4200	0,460000	9,5000	50	7000
21	0,620	6,7000	47	4300	0,290000	6,2000	100	6000
22	0,610	6,7000	46	4300	0,309000	6,7000	30	4900
23	0,590	6,6000	46	4300	0,260000	5,8000	30	4700
24	0,580	6,7000	45	4300	0,320000	7,2000	30	3200
25	0,570	6,5400	45	4300	0,150000	3,5000	30	3100
26	0,550	6,3800	44	4200	0,100000	2,3000	30	3100
27	0,540	6,3000	44	4400	0,210000	4,9000	30	9900

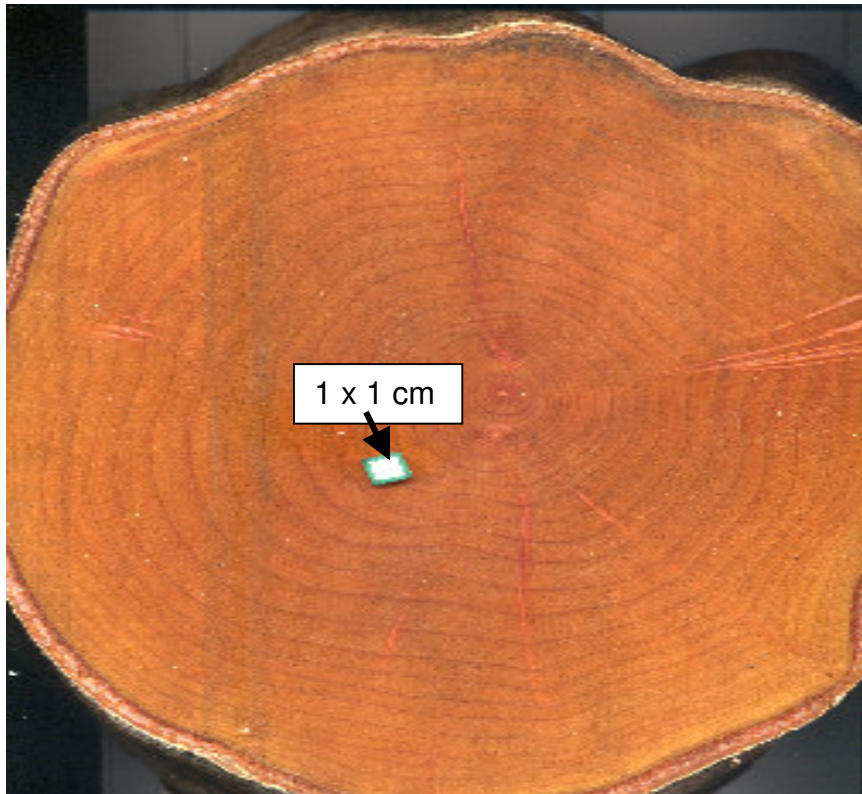
Tasas de crecimiento en árbol 2 de keule a diferentes edades  
*Arboretum*, Universidad Austral de Chile

Edad	Crecimiento medio anual				Crecimiento corriente anual			
	Diametro (cm)	Area basal (cm <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Diametro (cm)	Area basal (cm <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,005	0,0009	31	1	0,00001	0,0050	0,8	7
2	0,007	0,0060	32	6	0,00002	0,0085	33	14
3	0,009	0,0080	33	12	0,00050	0,0450	33	32
4	0,100	0,0400	33	35	0,00060	0,2000	33	130
5	0,140	0,0900	33	53	0,00075	0,3700	33	140
6	0,200	0,2200	33	82	0,00090	0,9700	33	260
7	0,270	0,4500	33	127	0,20000	2,0000	33	440
8	0,310	0,6900	33	200	0,06600	2,7000	33	770
9	0,360	1,0300	33	290	0,80000	4,1000	33	1100
10	0,430	1,6000	39	460	1,10000	7,4000	100	2200
11	0,520	2,5000	39	700	1,30000	13,0000	33	3200
12	0,590	3,5000	38	980	1,20000	16,0000	33	4500
13	0,670	4,9000	38	1400	1,35000	23,0000	33	6600
14	0,710	5,9000	42	1800	1,50000	21,0000	100	7200
15	0,770	7,4000	41	2300	1,00000	29,0000	25	9800
16	0,810	8,8000	40	2800	1,15000	31,0000	25	11000
17	0,820	9,5000	39	3100	1,20000	22,0000	25	9300
18	0,840	10,4000	38	3500	1,10000	28,0000	25	10100
19	0,840	10,9000	37	3800	0,90000	20,0000	20	9900
20	0,840	11,5000	37	4200	1,10000	23,0000	20	10800
21	0,830	11,9000	36	4400	0,90000	19,0000	20	9800
22	0,810	11,8000	35	4600	0,90000	12,0000	20	7500
23	0,890	11,9000	35	4700	0,60000	13,0000	20	8400
24	0,780	11,8000	35	4900	0,30000	9,7000	44	8300
25	0,760	11,8000	35	5000	0,25000	12,0000	44	7200
26	0,740	11,7000	36	5000	0,25000	9,1000	44	3900
27	0,730	11,8000	36	5000	0,26000	14,0000	44	8600

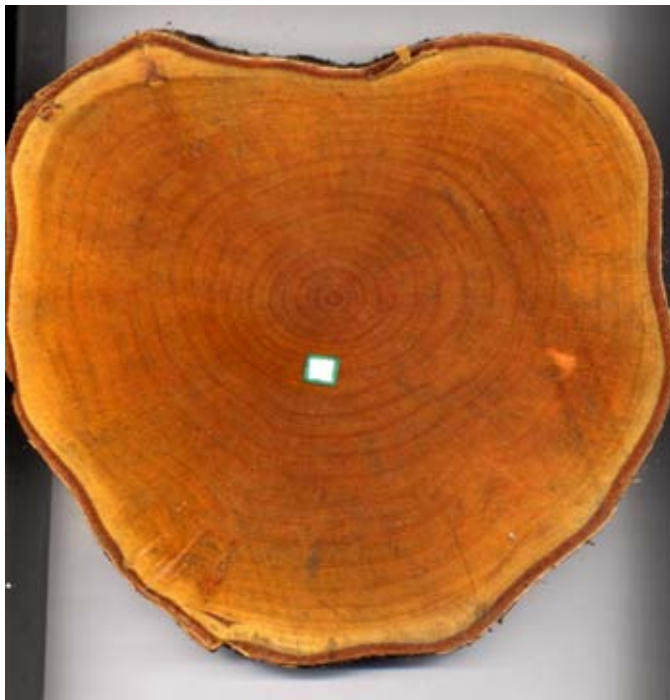
Tasas de crecimiento en árbol 3 de keule a diferentes edades  
*Arboretum*, Universidad Austral de Chile

Edad	Crecimiento medio anual				Crecimiento corriente anual			
	Diámetro (cm)	Area basal (cm <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Diametro (cm)	Area basal (m <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,00002	0,00008	23	0,3	0,00001	0,000070	0,8	0,07
2	0,00002	0,00009	21	0,5	0,00002	0,000085	16	0,90
3	0,00010	0,00025	20	1,0	0,00045	0,000200	17	2,00
4	0,00025	0,00040	19	2,0	0,00055	0,000300	17	7,00
5	0,00030	0,00060	19	4,0	0,00075	0,000580	17	16,00
6	0,00045	0,00080	19	10,0	0,00090	0,000900	17	46,00
7	0,02500	0,00090	23	27,0	0,20000	0,030000	50	140,00
8	0,08300	0,05000	26	48,0	0,55000	0,410000	50	220,00
9	0,15000	0,18000	36	86,0	0,75000	1,330000	130	430,00
10	0,24000	0,48000	36	170,0	1,10000	3,500000	33	1000,00
11	0,32000	0,95000	36	300,0	1,20000	6,000000	33	1600,00
12	0,38000	1,51000	37	460,0	1,20000	8,300000	50	2500,00
13	0,45000	2,26000	38	660,0	1,35000	12,000000	50	3300,00
14	0,52000	3,20000	38	900,0	1,45000	16,000000	33	4600,00
15	0,57000	4,10000	37	1200,0	1,34000	17,900000	33	5400,00
16	0,61000	5,00000	37	1700,0	1,25000	19,200000	33	8900,00
17	0,64000	5,80000	49	1800,0	1,20000	21,000000	250	5100,00
18	0,67000	6,70000	49	2200,0	1,09000	21,000000	50	8200,00
19	0,68000	7,20000	48	2800,0	0,80000	16,500000	20	14500,00
20	0,70000	8,20000	46	2900,0	1,25000	28,000000	20	5700,00
21	0,72000	8,90000	45	3300,0	1,05000	25,000000	20	11200,00
22	0,73000	9,50000	44	3700,0	0,90000	23,000000	20	10200,00
23	0,72000	9,80000	43	3800,0	0,59000	16,000000	20	7200,00
24	0,71000	9,80000	42	3800,0	0,35000	9,600000	20	5700,00
25	0,69000	9,70000	41	3900,0	0,25000	69,000000	20	4700,00
26	0,67000	9,50000	40	3800,0	0,20000	5,600000	20	3200,00
27	0,66000	9,50000	40	3900,0	0,25000	7,200000	20	5100,00

**Anexo 9**  
Fotografías de rodela de keule



Rodela basal de keule



Rodela de keule a 1,3 m desde el suelo



Rodela de keule a 5,3 m desde el suelo