



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Estado de desarrollo de *Nothofagus alessandrii* Espinosa,
Nothofagus glauca (Phil.) Korner y *Nothofagus leonii*
Espinosa *ex-situ*, en Valdivia**

Patrocinante: Juan E. Schlatter

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

SUSANA WEBER WYNEKEN

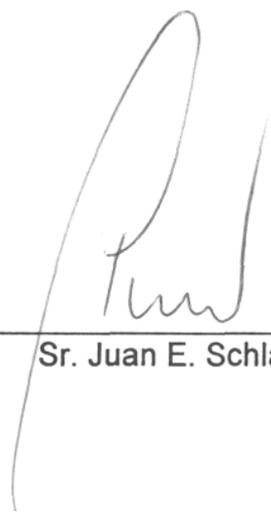
VALDIVIA

2004

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Juan E. Schlatter	<u> 7,0 </u>
Informante:	Sr. Victor Gerding	<u> 6,7 </u>
Informante:	Sr. Moisés Osorio	<u> 6,7 </u>

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



Sr. Juan E. Schlatter

A mis padres.

AGRADECIMIENTOS

A Juan Schlatter, por su constante apoyo y excelente disposición, simpatía y comprensión.

A Victor Gerding, por su paciencia y constante disposición, y a Moisés Osorio por su disposición y ayuda durante el desarrollo de este trabajo.

A la Sra. Elizabeth Labbe, Sr. Miguel Peña, Gisela Romery y demás personal del Laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales, por amabilidad y colaboración durante todo el período de trabajo.

A todas las personas que me proporcionaron valiosa información, especialmente a Paulina Hechenleitner, Patricio Olivares y Rómulo Santelices.

A Bruno Vyhmeister, por su ayuda, paciencia y excelente disposición para acompañarme a terreno, a la Reserva Nacional Los Ruiles y por prestarme su Notebook cada vez que lo necesité. A Jonathan Barichivich y mi hermana Constanza Weber, por su ayuda en la toma de datos en el *Arboretum*.

Por último, al apoyo y cariño de las personas más importantes durante mi estadía en Valdivia: Dani, Conny, Elke y Nette, y a mis padres y abuela, que siempre me han apoyado y que son mi ejemplo de vida.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Antecedentes generales de las especies	2
2.1.1 <i>Nothofagus alessandrii</i>	2
2.1.2 <i>Nothofagus glauca</i>	4
2.1.3 <i>Nothofagus leonii</i>	6
2.2 Diagnóstico de deficiencias nutritivas en plantaciones forestales	7
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	9
3.1 Área de estudio	9
3.2 Características del macroclima y clima local	9
3.3 Antecedentes meteorológicos recientes del área de estudio	10
3.4 Diagnóstico integrado	11
3.4.1 Clima	11
3.4.2 Geomorfología y suelos	11
3.4.3 Vegetación	12
3.4.4 Muestreo y análisis de laboratorio	13
4. RESULTADOS	14
4.1 Compatibilidad climática	14
4.2 Vegetación	15
4.2.1 Descripción de los rodales en estudio	15
4.2.2 Vegetación acompañante	17
4.3 Geomorfología	19
4.4 Suelo	20
4.4.1 Características físicas de los perfiles de suelo	20
4.4.2 Características químicas de los suelos	22
4.4.3 Análisis de la fertilidad del suelo	27
4.4.4 Relación de la altura de los árboles con variables del suelo	28
4.5 Compatibilidad edáfica	30
4.6 Árboles	30
4.6.1 Calidad y vigor	30
4.6.2 Síntomas visuales	32
4.6.3 Análisis foliar	33
4.7 Manejo	36
4.8 Diagnóstico integral	37
5. CONCLUSIONES	39
6. BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS	44
1 Abstract and Keywords	

- 2 Datos climáticos de la Estación Isla Teja de la Universidad Austral de Chile
- 3 Guía para el diagnóstico integrado de una plantación forestal
- 4 Pauta para la determinación de vigor de los árboles
- 5 Métodos para la determinación de las variables del análisis químico de suelo y follaje
- 6 Mapa del *Arboretum* (UACH) y ubicación de las parcelas establecidas
- 7 Características dasométricas de las especies (formularios de terreno), *Arboretum* (UACH)
- 8 Tablas de rodal de las especies, *Arboretum* (UACH)
- 9 Formularios de suelo, *Arboretum* (UACH)
- 10 Cálculos de densidad aparente y capacidad de agua aprovechable, *Arboretum* (UACH)
- 11 Resistencia del suelo a la penetración, *Arboretum* (UACH)
- 12 Prueba de diferencia de medias de T-Student para la resistencia a la penetración del suelo
- 13 Informes de análisis químico de suelos de los perfiles y muestras mezcla
- 14 Tumores en fustes de *Nothofagus alessandrii*, *Arboretum* (UACH)
- 15 Pruebas J_i^2 de significancia entre variables dasométricas y sanitarias de las especies
- 16 Síntomas visuales en el follaje de las especies en el *Arboretum*
- 17 Informes de análisis químico de follaje en el *Arboretum* (UACH) y Reserva Nacional Los Ruyales

RESUMEN EJECUTIVO

En el *Arboretum* de la Universidad Austral de Chile en Valdivia (Isla Teja) se efectuó un diagnóstico del estado de desarrollo y la proyección de plantaciones de *Nothofagus alessandrii* (ruil), *Nothofagus glauca* (hualo) y *Nothofagus leonii* (huala), establecidas en 1996 para su conservación *ex-situ*.

El sitio en Valdivia se describió mediante un análisis conjunto de clima, suelo y especies. Los datos dasométricos se analizaron con estadística descriptiva, y algunos de ellos se asociaron con variables sanitarias mediante una prueba de Ji-cuadrado. Se realizó un análisis físico y químico del suelo y nutritivo del follaje, y se caracterizó la presencia de especies acompañantes y de malezas. Como complemento se analizaron muestras foliares de la Reserva Nacional Los Ruiles.

Los resultados obtenidos indicaron que las plantaciones de ruil, hualo y huala se encuentran en un clima marginal, muy húmedo y más frío que el de su rango de distribución natural. La condición marginal de sitio para ellas en Valdivia las hace más susceptibles a otros factores desfavorables.

El crecimiento de las especies fue muy heterogéneo, sin embargo, aquellos individuos que lograron mayores dimensiones mostraron excelentes crecimientos comparativos. En el análisis de calidad, sanidad fustal y vigor se determinó que había una cantidad considerable de ruiles bifurcados, así como hualos y hualas con hábito arbustivo. También destacó la presencia de protuberancias en los fustes de ruil. Por otro lado, el bajo vigor de copas en algunos sectores se asoció directamente con el bajo crecimiento en altura. En general, el follaje de las plantas estaba bien nutrido, especialmente en cuanto a elementos menores. Pero, tanto en el *Arboretum* como en la Reserva Nacional Los Ruiles existieron niveles bajos de nitrógeno, fósforo y menores contenidos de boro en esta reserva. Un factor que determinó el pobre crecimiento de algunos grupos de árboles fue la competencia con malezas, cuyo manejo estuvo caracterizado por un control insuficiente, lo que fue fundamental en su desarrollo.

El suelo presenta en general buenas características, incluso algunas mejores que las observadas en la reserva mencionada. La compactación local del suelo superficial en el *Arboretum* se relacionó directamente con la menor altura de algunos árboles. Por otro lado, el pH ácido, bajos niveles de bases, potasio y fósforo disponibles, y la alta saturación de aluminio afectaron el vigor y sanidad de los árboles, pudiendo haber estado relacionado también con un impedimento a nivel de raíces finas. Los síntomas visuales observados en el follaje fueron manchas necróticas en las tres especies, habiéndose relacionado éstas a agentes bióticos en hualo y huala.

A pesar del irregular estado de desarrollo y vigor de los árboles, estas especies pueden desarrollarse en forma normal si las condiciones de sitio posibles de controlar (suelo y vegetación) son adecuadas. Pero, si son desfavorables, los árboles serán más susceptibles a un estrés, acusando cualquier variación local.

Palabras clave: *Nothofagus*, conservación *ex-situ*, diagnóstico integrado, estado de desarrollo.

1. INTRODUCCIÓN

La superficie nacional cubierta con bosques nativos fue fuertemente reducida por la habilitación agrícola hasta mediados del siglo XX, y posteriormente se agrega su sustitución por plantaciones forestales, principalmente desde 1974. Entre las zonas más afectadas están las Regiones VII y VIII. Así, según Lara *et al.* (1996), entre 1978 y 1987 se sustituyó el 31,1% de los bosques nativos de la Cordillera de la Costa de la VII Región. Como consecuencia, en estos bosques únicos en el mundo conocidos como bosques mediterráneos de Chile, se encuentran ecosistemas completos amenazados de extinción, dentro de los que destacan las especies ruil (*Nothofagus alessandrii* Espinosa), hualo (*Nothofagus glauca* (Phil.) Korner) y huala (*Nothofagus leonii* Espinosa). Es por ello que resulta indispensable incentivar la conservación, restauración e investigación de los bosques y especies que se encuentran en dicha situación.

El *Arboretum* del Instituto de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile (UACH), es una unidad territorial de alrededor de 60 hectáreas ubicada en la Isla Teja en Valdivia, que considera entre sus objetivos conservar especies de árboles y arbustos provenientes de las áreas templadas del mundo. Entre las funciones del *Arboretum* destacan las de servir como lugar de observaciones científicas, reserva de especies nativas e introducidas, producción de semillas y preservación *ex-situ* de especies amenazadas, como es el caso de ruil, hualo y huala.

En 1996 se realizaron en dicho recinto plantaciones de las especies antes mencionadas, como una forma de contribuir a la conservación y estudio de ellas. Fueron establecidas en un área para especies del género *Nothofagus*, y presentan hoy un desarrollo que requiere de evaluación. Para tener una evaluación objetiva es necesario llevar a efecto un diagnóstico preciso que permita lograr una apreciación adecuada de cuál es el estado de desarrollo que muestran en un sitio alejado de su hábitat natural.

El objetivo general del presente trabajo fue diagnosticar el estado de desarrollo y la proyección de las plantaciones de ruil, hualo y huala establecidas en el *Arboretum*, y si responden a los esfuerzos de conservación en un sitio fuera de su hábitat natural o *ex-situ*. Para lograr lo anteriormente mencionado se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar el sitio en que se encuentran las plantaciones de las tres especies mencionadas.
- Evaluar el desarrollo de las especies en cuanto a dimensiones, sanidad y forma.
- Identificar posibles factores limitantes en el desarrollo de las especies.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes generales de las especies

2.1.1 *Nothofagus alessandrii*

Descripción de la especie. El ruil es una especie endémica de la VII Región, que está catalogada como “en peligro” debido a la disminución de su hábitat producto de la tala indiscriminada. Es intolerante a la sombra con tendencia a formar bosques puros, y claramente ocupando estados de dominancia y codominancia (Rodríguez *et al.*, 1983; Hormazabal y Benoit, 1987), con alturas de hasta 30 m y un DAP medio de 26,6 cm, con un rango de 6 a 60 cm, destacando la heterogeneidad dasométrica en los distintos rodales¹. Los bosques se presentan fragmentados, heterogéneos, acompañados por especies como peumo (*Cryptocaria alba*), tinea (*Weinmannia trichosperma*), arrayán (*Luma apiculata*), pitao (*Pitavia punctata*), maqui (*Aristotelia chilensis*), pelú (*Sophora microphylla*), y sus especies congénéricas hualo, roble (*Nothofagus obliqua*) y huala (Hormazabal y Benoit, 1987). La mayoría de los individuos regenera actualmente en forma vegetativa, aunque la especie no tiene problemas para reproducirse de semilla, necesitando encontrarse bajo una cobertura mayor de un 65% para germinar².

Referente a datos de crecimiento, en la Reserva Nacional Los Ruiles la especie presenta una tasa de incremento anual en área basal entre 0,5 y 0,8 m²/ha y entre 8,4 y 11,4 m³/ha en volumen, según la aplicación de raleos y su intensidad¹. En otro estudio se le asigna una altura de 4, 5,5 y 7,5 m a individuos de 5, 10 y 15 años de edad, respectivamente³.

El estado sanitario de ruiles evaluados por San Martín *et al.* (1991)¹ en la reserva mencionada, se caracteriza por el daño causado por un hongo parásito de las poliporáceas, Basidiomicetes, conocido como “yesca”, que afecta a los ejemplares adultos y semilleros que han regenerado por tocón. Dicho daño se manifiesta como tumores y deformaciones en los fustes, bajo los 3 m de altura. El daño se observa en rodales que fueron principalmente afectados por el fuego. También cabe destacar que tempranamente a fines de primavera y durante el verano, las hojas presentan una sintomatología de necrosis foliar, manifestándose como manchas cafés de forma irregular. Su causa, desarrollo y efecto no pudo ser identificado.

¹ San Martín, J.; V. Mourgues; A. Villa; C. Carreño, 1991. Catastro de la distribución y estado de conservación de los bosques de ruil de la VII Región. Universidad de Talca (No publicado).

² CONAMA. 2003a. Manual técnico para la propagación, cultivo y establecimiento de ruil. Universidad Católica del Maule (No publicado).

³ CONAMA. 2003b. Monografía de ruil. Universidad Católica del Maule (No publicado).

Hábitat natural. Los bosquetes de ruil se desarrollan en la Cordillera de la Costa entre los 35°05' (al sur del río Mataquito, Huelón) y los 35°50' S (Reserva Nacional Los Ruiles), y los 72°03' y 72°30' O aproximadamente (Donoso, 1972; 1982; Garrido y Landaeta, 1983; Ormazabal y Benoit, 1987), en 15 sectores, con una distribución en 195 fragmentos⁴. Su extensión ha disminuido considerablemente, siendo ésta hasta 1991 casi un 60% menor que una década antes¹, de acuerdo a Donoso y Landaeta (1983), y actualmente asciende a 353 ha. La Reserva Nacional Los Ruiles sostiene la población más austral del ruil, y es además uno de los fragmentos de mayor tamaño (13,5 ha)⁴.

Los rodales de dicha especie habitan laderas de exposición sur o suroeste, y algunos en exposición sureste (Donoso, 1972), en altitudes de 160 a 440 m s.n.m. y suelos húmedos y ricos en materia orgánica. Se desarrollan en medio del tipo hualo en la costa y son bastante puros (Donoso, 1982). El clima corresponde a templado cálido con estación seca y lluviosa semejantes, denominándose Csb2 según la clasificación de Koeppen (Donoso, 1972; Garrido y Landaeta, 1983). En el Cuadro 1 se describen las variables climáticas de relevancia de la zona de Empedrado (VII Región), ya que ésta será la referencia respecto del área de estudio.

Cuadro 1. Variables climáticas de la zona de Empedrado, VII Región

Variable	Valor
Temperatura (°C)	
Máxima media mensual	24,7
Mínima media mensual	6,3
Media anual	13,3
Pluviometría (mm)	
Total anual	926,0
Máxima mensual	199,9
Mínima mensual	14,2
Humedad relativa (%)	
Media anual	78
Media en enero	70
Índice de humedad	
Anual ^a	0,8
Estival ^b	0,1
Heladas (días/año)	
Período libre de heladas ^c	350
Número total de heladas por año ^d	0
Período seco (meses/año) ^e	7

^a (Precipitación anual/evapotranspiración potencial anual); ^b (precipitación/evapotranspiración potencial de los tres meses más cálidos); ^c es el número de días consecutivos sin heladas al año, (helada: Descenso de la temperatura mínima por debajo de 0°C); ^d medido en cobertizo meteorológico a 1,5 m de altura. Números inferiores a 1 indican que no todos los años hiela; ^e son los meses por año en que la precipitación no cubre el 50% de la evapotranspiración potencial. Fuente: Santibáñez y Uribe (1993).

⁴ CONAMA. 2003c. Diagnóstico del estado actual de los fragmentos de ruil de la Región del Maule, Chile Central. Universidad de Talca (No publicado).

Las precipitaciones anuales en el área de distribución de la especie fluctúan entre 1.000 y 1.200 mm, y son húmedos los meses desde abril a septiembre, medianamente secos octubre y noviembre y definitivamente secos desde diciembre a marzo. La temperatura media en enero, mes más cálido, es de 18°C, y la de julio, mes más frío, es de 9,6°C, con mínimas absolutas que rara vez llegan a los 0°C (Donoso, 1972).

El área de ruil se presenta en una zona donde se extienden suelos derivados de roca metamórfica y suelos graníticos. Son principalmente de textura media a fina, drenaje moderado, pH entre 5,4 y 5,5, de profundidad efectiva entre 0,8 y 1 m y ricos en materia orgánica (Donoso, 1972). Estudios del nivel de fertilidad de los suelos en la costa de la VII Región (Cuadro 2), comunas de Constitución y Empedrado, indican que los suelos de origen metamórfico se caracterizan por sus colores pardo rojizos, texturas franco arcillosas a arcillosas y material cuarzoso emergente en sitios de alta erosión (Álvarez, 1999). En cuanto a su régimen nutritivo (Cuadro 2), existe variabilidad en el área de desarrollo de ruil y hualo, siendo esta variabilidad característica de un suelo, si bien destaca la deficiencia de disponibilidad de potasio. Características físicas y químicas del suelo en bosques de ruil también se describen por Garrido y Landaeta (1983).

Cuadro 2. Niveles nutritivos promedio del suelo superficial para ruil y hualo

Especie	pH	Materia orgánica (%)	N (%)	C/N	P (ppm)	K (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
Hualo	5,34	6,27	0,153	23,80	1,30	65,5	0,50	1,01
Ruil	5,27	5,98	0,181	19,76	2,40	168,0	0,62	1,20

Fuente: Álvarez (1999)

2.1.2 *Nothofagus glauca*

Descripción de la especie. Hualo, roble maulino o roble colorado, es un árbol endémico de la zona mesomórfica de Chile que está catalogada como “vulnerable” desde 1985. Los bosques son muy puros y densos, en los que hualo domina el dosel superior, siendo intolerante a la sombra (Donoso, 1982; Ormazabal y Benoit, 1987). Hoy día los bosques dominados por esta especie están constituidos esencialmente por renovales de monte bajo (Donoso, 1982), alcanzando alturas hasta los 30 m (Rodríguez *et al.*, 1983) y un DAP medio de 24,2 cm, con un rango de 7 a 53 cm (San Martín y Donoso, 1996). Como especies acompañantes es posible encontrar peumo, litre (*Lithraea caustica*), arrayán, avellanillo (*Lomatia dentata*) y otras especies del género *Nothofagus* como roble, coihue (*N. dombeyi*), ruil y huala (Ormazabal y Benoit, 1987).

Al sureste de Linares, la especie arroja crecimientos periódicos promedio en área basal y volumen de 0,48 m²/año y 3,86 m³/año, respectivamente (Lara *et al.*, 2000). Para la Reserva Nacional Radal 7 Tazas, Donoso (1988) menciona el buen crecimiento de los primeros años (0,57 cm/año en diámetro y 0,53 m/año en altura, hasta los 20 años), y la rápida disminución de éste a mayores diámetros.

Hábitat natural. El hualo se distribuye por ambas cordilleras. En la Cordillera de la Costa la superficie de estos bosques ha decrecido fuertemente por razones antrópicas. Originalmente se desarrollaban entre los 34°45' y los 36°30'S. La presencia en la Cordillera de Los Andes es más continua, aproximadamente desde la precordillera, al norte del río Teno (35°01' S), en la Provincia de Curicó, hasta la Provincia de Ñuble (36°32' S) (Hormazabal y Benoit, 1987; Donoso, 1993). Sin embargo, Le-Quesne y Sandoval (2001) hallaron un rodal localizado en la precordillera andina de la provincia de Bio-Bío (37°27'S y 71°58'O), a 340 m de altitud, lo que plantea interrogantes acerca de la distribución pasada de la especie, ya que posee una capacidad de dispersión limitada por el gran tamaño de su semilla.

Hualo ocupa una variada gama de terrenos, sin embargo, generalmente se encuentra en las montañas con fuertes pendientes, siendo desplazado en las partes bajas por otras especies, así como también en las partes altas más o menos planas (Donoso, 1972). Se encuentra fundamentalmente en las laderas de exposiciones norte, este y oeste entre los 400 y 1.100 m s.n.m. sobre pendientes pronunciadas en la Cordillera de los Andes, en exposiciones norte y noreste desde las cumbres hacia las laderas occidentales con fuertes pendientes y en quebradas y laderas de exposición sur entre los 100 y 700 m s.n.m. en la Cordillera de la Costa (Donoso, 1982; 1993). Sus principales limitantes parecen ser las bajas temperaturas y los suelos extremadamente húmedos (del Fierro y Pancel, 1998), ya que es una especie bien adaptada a ambientes cálidos, a diferencia de ruil, que prefiere mayor humedad y menor calidez ambiental³.

En sentido latitudinal, hualo se desarrolla en un clima templado cálido con estación seca prolongada (Csb1) en el norte, es decir, con 7 a 8 meses secos en el año, y hacia el sur en el clima templado cálido con estación seca y lluviosa de duración semejantes, denominado Csb2 (Donoso, 1972). Longitudinalmente, la distribución costera se ubica en un clima templado cálido con estación seca prolongada e influencia marítima, que se manifiesta en una alta humedad relativa. Las temperaturas medias son moderadas, registrándose valores entre 12,3 y 13,1°C, y la precipitación total anual varía entre 844 y 1.296 mm. En la región andina el clima es templado cálido con estación seca de 4 a 5 meses. La temperatura media anual varía entre 12,5 y 13,9°C y la precipitación total anual lo hace entre 1.134 y 1.570 mm (Litton y Santelices, 1996).

Los suelos de la distribución costera de la especie son originados de rocas metamórficas y graníticas, dominando suelos de mediana profundidad y pH ácido de 5,3 (Litton y Santelices, 1996). En el Cuadro 2 se muestran niveles nutritivos promedio para la zona costera de su distribución. En el sector andino el material generador son rocas graníticas cubiertas de materiales volcánicos (piroclastos) que originan trumao, de profundidad mediana y pH ácido entre 5,1 y 5,6 (Litton y Santelices, 1996). En las pendientes los suelos son medianamente profundos, mientras que en las planicies altas y en los sectores de trumao son muy profundos, de texturas franco arenosas a franco arcillosas, pH que varía de ácido a neutro, tendiendo a ser más ácidos en los horizontes más profundos en los

sectores con pendiente (Donoso 1988). El perfil tipo de los suelos de la asociación hualo en la precordillera andina de Parral se describe a continuación (Ibarra y Peralta, 1980):

- Oi = Espesor de 3 a 9 cm. A veces se presenta un Oe.
- A = Espesor de 30 a 50 cm, pardo oscuro a pardo amarillento, arcilloso, bloques subangulares finos y medios, raíces finas.
- B = Espesor de 50 a 80 cm, pardo rojizo a rojizo, arcilloso, bloques subangulares gruesos y prismas medios, raíces medias y gruesas.
- C = Conglomerado volcánico intemperizado. En altitud el material de origen cambia a un complejo matamórfico, pero se mantienen las características de los horizontes superiores.

2.1.3 *Nothofagus leonii*

Descripción de la especie. Árbol endémico de las Regiones VII y VIII de Chile, muy escaso en su rango de distribución, ya que su presencia está limitada a los lugares donde coexiste con las especies congenéricas roble y hualo, por lo que está clasificada como una especie “vulnerable” (Hormazabal y Benoit, 1987). Su aspecto general, y muchas de sus características son intermedias entre roble y hualo, evidenciando que se trata de un híbrido entre ambas especies (Donoso y Landrum, 1976; 1979), llegando a alturas de 25 a 30 m y 1,5 m de diámetro como máximo. Las especies asociadas son en general aquellas que se encuentran en los bosques ecotonales de roble y hualo, como ruil, coihue, pelú, etc., (Donoso, 1993; Rodríguez *et al.*, 1983).

Hábitat natural. Huala se extiende entre los paralelos 34°50' y 36°03' S por la Cordillera de la Costa (desde Curicó a Cauquenes), y entre los paralelos 36°19' y 36°25' S por la Cordillera de Los Andes (Provincia de Linares), siendo probablemente extensible esta última hasta bastante más al norte (Donoso, 1972; Rodríguez *et al.*, 1983).

Se encuentra alrededor de los 1.100 m s.n.m. en la zona ecotonal entre roble y hualo, lo que corrobora que se trata de un híbrido entre ambas especies (Donoso y Landrum, 1976; 1979). Crece en faldeos cordilleranos, costeros y andinos (Rodríguez *et al.*, 1983; Hormazabal y Benoit, 1987), en lugares que son más húmedos que los existentes en el sector en general, por lo que es corriente encontrarlo en los bordes de esteros o lagunas, fondos de quebradas, o por lo menos en exposiciones húmedas y sombrías (Donoso, 1972).

Los sitios en que ha sido hallada la especie estarían limitados a la zona climática Csb2, es decir, clima templado cálido con estación seca y lluviosa de duración semejantes (Donoso, 1972). El régimen se caracteriza por temperaturas mínimas que varían entre los 4,6° y 9,6°C y máximas que llegan a 31,3°C. La temperatura media anual es de 14°C. El rango de precipitaciones varía entre los 439 y 897 mm anuales (Rodríguez *et al.*, 1983). En el Cuadro 1 se detallan características climáticas de la zona costera de su distribución.

Al desarrollarse la huala en zonas ecotonales de roble-hualo, los suelos corresponden a aquellos citados anteriormente (Litton y Santelices, 1996), es decir, suelos derivados de rocas metamórficas y de rocas graníticas en la costa, y rocas graníticas cubiertas de materiales volcánicos (cenizas o piroclastos) en el sector andino.

2.2 Diagnóstico de deficiencias nutritivas en plantaciones forestales

En sentido amplio, el diagnóstico es el análisis, caracterización y evaluación de un objeto. En el caso de árboles forestales con anormalidades, el diagnóstico caracteriza tales anormalidades, y su interpretación se basa generalmente en la comparación con árboles “normales”. Esto indica la necesidad de contar con valores de referencia definidos como “normales” o “buenos”. Así, el diagnóstico permitirá reconocer el origen de anormalidades, ya sean de tipo nutritivo o de otra causa⁵. En caso de no contar con lo que se considera como normal para la misma especie vegetal en cuanto a crecimiento, morfología y estado nutritivo, se puede recurrir a información de especies similares, como *Nothofagus* en el caso particular de este estudio. Si tampoco se accede a esta información, se puede utilizar la de otras latifoliadas, y en última instancia a referencias o muestras de otros vegetales cuyo estado sea considerado como “normal”⁶.

Entre los métodos existentes para diagnosticar el estado de un vegetal, está el de los síntomas visuales de deficiencias. Éste se fundamenta en la comparación de características visuales anormales (síntomas) que presenta un árbol con respecto a un árbol normal. Para identificar deficiencias nutritivas, las principales desventajas que presenta son que pocos síntomas son completamente específicos, y generalmente aparecen cuando el problema ya es severo. En el caso de tener que fertilizar, la sola evaluación de síntomas no permite conocer la dosis adecuada⁵.

El diagnóstico a partir de plantas indicadoras supone la existencia de una relación causa-efecto entre determinadas características del suelo y el desarrollo de ciertas especies vegetales. Entrega buenos resultados cuando se trata de plantas indicadoras de humedad del suelo o de drenaje restringido, pero no así en el caso de haber deficiencias de determinados elementos nutritivos, ya que la presencia de cierta planta indicadora no asegura necesariamente la ocurrencia de una deficiencia determinada. A su vez, la ausencia de tal planta en un sitio determinado no siempre significa que tal deficiencia no exista⁵.

Los ensayos en maceta pretenden identificar deficiencias en plantas en un ambiente controlado. Sin embargo, la extrapolación de sus resultados a condiciones de terreno es difícil, ya que no considera los otros factores que determinan la fertilidad, además de evaluar sólo las necesidades de plantas pequeñas, en cierto modo, distintas de las de árboles de mayor edad. Los ensayos en terreno, por su parte, se realizan en un

⁵ Gerding, V.; R. Grez. 1996. Diagnóstico de deficiencias nutritivas en plantaciones forestales. Universidad Austral de Chile (No publicado).

⁶ Schlatter, J. 2004. Universidad Austral de Chile (Comunicación personal)

ambiente real, pero requieren de una cuidadosa preparación y de mucho tiempo, además de implicar costos relativamente altos ⁵.

El diagnóstico basado en mapas de suelos evalúa las características edáficas descritas en ellos para diferentes unidades de suelos cartografiadas, suponiendo una relación con el desarrollo de los árboles. Sin embargo, no detalla la información necesaria para detectar deficiencias y las necesidades de fertilización, por lo que su utilidad se asocia a la identificación de suelos problemáticos para posteriormente concentrar un análisis más acabado en ellos ⁵.

El diagnóstico efectuado mediante un análisis de suelo evalúa aspectos morfológicos, físicos y químicos de éste, identificando así la fertilidad del suelo. En el análisis químico existe la dificultad de relacionar los niveles de nutrientes del suelo con la respuesta de los árboles a ellos, debido a que la absorción de los nutrientes depende de las características físicas del suelo, de la calidad del arraigamiento y de la eficiencia de la especie en una condición de sitio específica. Un análisis foliar es en consecuencia un buen complemento, ya que el árbol mismo es el que mejor refleja su condición nutritiva. Este último, como método de diagnóstico, no permite por sí solo precisar el o los factores que pueden estar causando alguna anomalía, por lo que su interpretación se complementa y facilita a su vez con un análisis de suelo. Cabe destacar que el contenido de elementos nutritivos en el follaje de los árboles en un sitio varía con la edad del follaje, posición en la copa, estación del año y genotipo, por lo que resulta de suma importancia que las muestras de follaje sean tomadas con el mismo procedimiento ⁵.

Por último, el diagnóstico integrado es aquel que combina otros más simples, permitiendo una mayor precisión. Considera un análisis conjunto entre sitio, suelo y foliar, disgregándose en los componentes del Cuadro 3:

Cuadro 3. Componentes de un diagnóstico integrado

Clima	Suelo	Vegetación
Macroclima	Tipo	Árboles (especie en estudio), en cuanto a crecimiento, morfología y estado nutritivo
Clima local	Morfología	Vegetación acompañante
Meteorología reciente	Características físicas	Manejo
	Características químico-nutritivas	

Con la combinación de clima y suelo se pueden predecir los problemas nutritivos y proponer medidas correctivas antes de establecer una plantación, pero cuando ésta ya existe, la inclusión del análisis foliar es fundamental para un diagnóstico más preciso ⁵. El diagnóstico del estado de desarrollo de una especie establecida fuera de su rango natural (*ex-situ*), requiere de una evaluación de la compatibilidad climática y edáfica con sus requerimientos, complementándolo con observaciones del follaje y sanidad que reflejen posibles factores limitantes más específicos en su desarrollo.

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Área de estudio

El área de estudio se ubica en el *Arboretum* de la UACH en Valdivia (39°39' S, 74°14' O), específicamente en la Isla Teja, entre los predios Parque Saval y el Fundo Teja Norte. Se estableció en el año 1971, y actualmente cuenta con más de 700 especies diferentes de plantas de variados lugares del mundo en una superficie de 60 hectáreas (Huber, 1995).

El clima corresponde a templado lluvioso con influencia marítima (Cfsb), y los suelos a cenizas volcánicas depositadas sobre esquistos metamórficos o canchagua, caracterizándose la topografía por lomajes fuertemente ondulados con alturas que varían hasta los 60 m de elevación (Schlegel, 1985). La zona estuvo cubierta originalmente por especies del tipo forestal siempreverde, pero fue afectada por la actividad humana durante cuatro siglos, utilizándose para actividades agropecuarias hasta la creación del *Arboretum*.

Los rodales en estudio se encuentran en el sector de los “*Nothofagus* chilenos” en el *Arboretum*, resumiéndose sus características en el Cuadro 4. Cabe destacar que en el caso de ruil la superficie está dividida en dos grupos de árboles. En las tres especies se observa en general una heterogeneidad en el desarrollo de los árboles, aunque la sobrevivencia es relativamente alta.

Cuadro 4. Antecedentes de las plantaciones en estudio

Especie	Año plantación	Espaciamiento plantas	Superficie (m ²) ¹	N ² original	N ² censo 2002 (³)	Origen Semillas	Origen Plántulas	Tipo plantas
Ruil	1996	2x2 m	3.080	770	657 ⁴ (85,3)	R.N. ⁵ Los Ruiles	Chillán	1/0
Hualo	1996	2x2 m	396	99	67 (67,7)	Purulón (Lanco)	Valdivia	1/0
Huala	1996	2x2 m	420	105	81 (77,1)	Purulón (Lanco)	Valdivia	1/0

¹ Aproximación a partir del número de plantas y el espaciamiento; ² número de plantas; ³ sobrevivencia (%); ⁴ parcelas medidas el año 2000; ⁵ Reserva Nacional.

3.2 Características del macroclima y clima local

Según Schlatter *et al.* (1995), el área de estudio está inserta en la región macroclimática sur, que comprende la zona de crecimiento 0, distrito de crecimiento 0 y área de crecimiento 9. Debido a su cercanía con el mar el número total de heladas por año es bajo y la humedad relativa alta, presentándose mayor número de heladas en elevaciones superiores a los 400 m s.n.m. Estas características disminuyen considerablemente la posibilidad de un déficit hídrico mensual y temperaturas extremas.

La zona estudiada presenta un régimen térmico moderado, concentrándose las temperaturas mínimas en dos meses, las que, según Schlatter *et al.* (1995), pueden

descender hasta los 4°C bajo cero. Característico del lugar es la alta pluviometría, la que sobrepasa los 2.000 mm anuales, significando esto un excedente de humedad (Cuadro 5), ya que la evapotranspiración se calcula entre 667 y 800 mm (Santibañez y Uribe, 1993).

Cuadro 5. Datos climáticos para la zona 0 y distrito 0.

Variable	Valor
Pluviometría (mm)	
Total anual máxima	2.500
Total anual mínima	2.000
Humedad relativa (%)	
Media en enero máxima	80
Media en enero mínima	77
Índice de humedad	
Anual máximo ¹	3,0
Anual mínimo ¹	2,5
Estival máximo ²	0,7
Estival mínimo ²	0,6
Heladas (días/año)	
Período libre de heladas máximo ³	300
Período libre de heladas mínimo ³	200
Número total de heladas por año máximo ⁴	10
Número total de heladas por año mínimo ⁴	5
Período seco (meses/año) ⁵	
Máximo	2
Mínimo	0

¹ (Precipitación anual/evapotranspiración potencial anual); ² (precipitación/evapotranspiración potencial de los tres meses más cálidos); ³ es el número de días consecutivos sin heladas al año, (helada: Descenso de la temperatura mínima por debajo de 0°C); ⁴ medido en cobertizo meteorológico a 1.5 m de altura. Números inferiores a 1 indican que no todos los años hiela; ⁵ son los meses por año en que la precipitación no cubre el 50% de la evapotranspiración potencial. Fuente: adaptado desde Schlatter *et al.* (1995).

3.3 Antecedentes meteorológicos recientes del área de estudio

Los antecedentes del Cuadro 6 y Anexo 2 corresponden a información obtenida de la estación meteorológica ubicada en la Isla Teja, perteneciente al Instituto de Geociencias de la Universidad Austral de Chile. Destaca que en el período analizado las temperaturas mínimas medias no fueron una limitante para el desarrollo de las plantas. Sin embargo, hay que considerar los días con heladas, las que pueden descender a menos de 4,5°C bajo cero a nivel del suelo, lo que podría afectar a plantas de corta edad. Por otro lado, la pluviometría presenta diferencias notables a lo largo del año, pudiendo ascender los valores a casi 1.000 mm en un mes, lo cual puede tener diferentes efectos en el suelo y por esta vía sobre la planta.

Cuadro 6. Registro meteorológico en el periodo 1996-2003, estación Teja (39°39'S y 74°14'O; 9 m s.n.m.)

Años	Pp total ¹	Ppm ²		T°mm ³		N°hm ⁴		T°máx ⁵		T°mín ⁶	
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
1996	1.573	288,1	28,8	16,3	5,4	17	0	23,2	9,4	10,8	5,4
1997	2.616	557,3	8,8	16,8	8,3	13	0	23,7	12,4	11,7	5,0
1998	1.394	266,2	6,5	18,8	8,3	17	0	23,7	11,9	10,6	4,5
1999	2.080	454,6	30,0	19,0	6,9	15	0	26,6	10,8	12,1	3,8
2000	2.713	934,8	31,7	16,7	7,1	14	0	22,7	11,3	11,0	4,0
2001	2.251	588,3	9,5	17,9	7,8	13	0	23,5	11,3	11,5	5,0
2002	3.140	504,7	36,7	18,0	7,2	11	0	24,8	11,3	12,1	4,4
2003	2.305	559,9	31,0	16,8	7,6	11	0	23,8	11,8	11,1	4,8

¹ Pluviometría total anual (mm); ² Pluviometría mensual (mm); ³ Temperatura media mensual (°C); ⁴ Número de días con heladas por mes (a partir de la temperatura del suelo); ⁵ Temperatura media máxima mensual (°C); ⁶ Temperatura media mínima mensual (°C). Fuente: Instituto de Geociencias, UACH (2003).

3.4 Diagnóstico integrado

Para diagnosticar el estado de desarrollo de las plantaciones en estudio, fue necesario analizar cada componente del diagnóstico (Anexo 3) por separado, para luego integrarlos y lograr una caracterización y evaluación completa de la situación, lo que permitió detectar posibles factores limitantes en el crecimiento de los árboles. Los siguientes puntos explican la metodología de cada uno de los componentes del sitio analizados.

3.4.1 Clima

La información del macroclima y clima local se obtuvo mediante información bibliográfica referente a medias anuales, máximas y mínimas medias mensuales de las variables precipitación, temperaturas, humedad relativa y heladas, mientras que los datos de meteorología reciente en cuanto a precipitación (anual, máxima y mínima mensual), heladas y temperatura (media anual, máxima y mínima media mensual) provienen de la Estación Isla Teja, Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile (39°39' S, 74°14' O), que se encuentra a 9 m s.n.m. Con los datos recopilados se analizó la compatibilidad climática de las plantaciones del *Arboretum* con respecto a la zona de distribución natural de las especies.

3.4.2 Geomorfología y suelo

La geomorfología se describió en base a bibliografía y observaciones en terreno, mientras que para caracterizar el suelo se cavaron tres calicatas en distintos puntos dentro de las plantaciones en estudio, en las que se describieron los perfiles según Schlatter *et al.* (2003). También se evaluó el grado de compactación con un penetrómetro de bosillo mediante diez observaciones por horizonte en cada calicata. En lugares en que los árboles presentaron un desarrollo notoriamente distinto al promedio, se evaluó el suelo con penetrometría en los tres primeros horizontes, como complemento a las calicatas, evaluando gráficamente y mediante una prueba

estadística T-Student (diferencia de medias; $p < 0,05$) si hay diferencias entre lugares y horizontes.

3.4.3 Vegetación

Características de las plantaciones. Las especies arbóreas estudiadas se caracterizaron mediante antecedentes aportados por la información oficial del *Arboretum* y antecedentes de terreno. En el caso de ruil se realizaron cuatro parcelas de 60 m² (10 x 6 m), y un censo en los grupos de árboles de hualo y huala, registrándose DAP, altura, posición sociológica (sólo en tres de las parcelas de ruil), sanidad fustal y forma de cada individuo (Cuadro 7), calculando posteriormente el crecimiento medio anual para las variables medidas. Debido al pequeño tamaño de las hualas, en reemplazo del DAP se les midió el diámetro de copas (dos exposiciones opuestas). Como complemento a las actividades anteriores se recorrió el área a principios de otoño para detectar síntomas visuales en el follaje, los que sólo se caracterizaron en forma general en cada sector, ya que no fue posible realizar un análisis más acabado en la época óptima (verano) debido a la duración del presente trabajo. También se determinó la vigorosidad de los árboles según Roloff (1993), que consiste en asignar a la copa de cada individuo una categoría de acuerdo a figuras correspondientes a la copa de especies del género *Fagus* en Europa (Anexo 4). Esto se llevó a cabo cuando los árboles no poseían follaje.

Cuadro 7. Categorías de sanidad fustal y forma

	1	2	3
Forma	Fuste recto sin bifurcación, hábito arbóreo	Fuste bifurcado sobre 2 m de altura y/o curvatura leve, hábito arbóreo	Fuste bifurcado bajo 2 m de altura, multiflecha, curvatura fuerte o hábito arbustivo
Sanidad fustal	Fuste sano, sin protuberancias	Máximo tres protuberancias en el fuste, sin presencia de hongos	Más de tres protuberancias en el fuste o presencia de hongos

Los datos del inventario se analizaron en oficina con estadística descriptiva, y se relacionó en forma gráfica la altura de los árboles con la resistencia a la penetración del suelo en los primeros tres horizontes. Mediante una prueba de Ji-cuadrado se determinó si existe asociación entre el diámetro de los árboles y la presencia de protuberancias en los fustes, y entre la vigorosidad y la altura de cada individuo.

Además se estudió la raíz de dos individuos que presentaron un bajo desarrollo mediante la extracción de estos, para así detectar si el crecimiento pobre se debe al mal desarrollo de la raíz y la causa de esto mismo.

Se identificó la presencia de especies acompañantes (no compiten con los árboles en estudio) y de las malezas (compiten por los recursos con árboles objetivo), y se determinó su cobertura, en conjunto. Sólo en los sectores de la parcela ruil 4 y huala se determinaron la cobertura y altura media de las malezas

que afectaron claramente el crecimiento de los árboles. En los demás lugares no se ejecutaron mediciones más precisas debido a un frecuente control de malezas (cortas de limpieza) a que han sido sometidos. En cambio, se midió la altura y distancia de la vegetación arbórea circundante a las plantaciones que podría haber tenido un efecto de sombra sobre los árboles objetivo.

Manejo. La información acerca del origen de las plantas y del tratamiento al que fueron sometidas, proviene de los datos oficiales del *Arboretum*, los que fueron complementados con evidencias en terreno.

3.4.4 Muestreo y análisis de laboratorio

Suelo. La densidad aparente del suelo se determinó con tres cilindros de 100 cm³ por horizonte en una calicata representativa, y en las demás sólo en los horizontes que indicaron diferencias notorias en cuanto a compactación y estructura con respecto a la primera, como complemento. El mismo criterio se utilizó para la extracción de muestras para su análisis químico en laboratorio. También se tomó un total de 6 muestras mezcla de suelo superficial en sectores determinados dentro del área de estudio para su análisis químico, y así obtener información de la variación en situaciones en que los árboles presentaron crecimientos notoriamente diferentes, relacionando gráficamente en oficina las condiciones nutritivas más restrictivas del suelo superficial con la altura de los árboles. Las variables que entrega el análisis químico se detallan en el Anexo 5.

A partir de los resultados de las variables físicas y químicas del suelo se analizó la compatibilidad edáfica de las especies en estudio en el *Arboretum* con respecto a su área de distribución natural.

Árboles. En las plantaciones de ruil, hualo y huala del *Arboretum* se realizó un análisis químico del follaje en cada grupo de árboles a partir de muestras obtenidas en marzo de 2004. Para tal efecto se recolectaron seis muestras mezcla (de cinco árboles cada una) en ruil, dos en hualo y dos en huala, registrando el lugar para su posterior diferenciación. Las muestras se tomaron del tercio superior de la copa (parte soleada del follaje), en dos exposiciones opuestas y desde ramas de segundo orden, separando entre hojas nuevas y hojas de principio del período vegetativo. Posteriormente fueron llevadas al Laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales de la UACH para su procesamiento (Anexo 5). A su vez se llevaron muestras al laboratorio de Sanidad Forestal de la UACH para verificar la presencia de patógenos o insectos en las hojas. Además se tomaron muestras en la Reserva Nacional Los Ruiles a principios de abril de 2004, para comparar los resultados con aquellos obtenidos en el *Arboretum*, siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente. Se tomaron dos muestras mezcla en distintos sectores para ruil y hualo, y una proveniente de una huala identificada como tal. Los árboles muestreados tenían alrededor de 8 m de altura, excepto el individuo de huala, de aproximadamente 20 m de altura. La información obtenida fue caracterizada en oficina mediante estadística descriptiva.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Compatibilidad climática

La información climática recopilada del área de distribución natural de las especies en estudio (capítulo 2.1) y de la zona de Valdivia (capítulos 3.2 y 3.3) indica que éstas pertenecen a regiones macroclimáticas distintas, de acuerdo a la descripción de Schlatter *et al.* (1995). Los perfiles ombrotérmicos de la Figura 1, basados en información de Santibáñez y Uribe (1993) y la Estación Isla Teja, Universidad Austral de Chile, expresan las diferencias en el régimen de temperatura y pluviometría entre ambas zonas, sobre todo en cuanto al período seco y a la cantidad de precipitaciones. El período seco en Empedrado es de alrededor de 6 a 7 meses, y las temperaturas medias bajan de 10°C sólo en tres meses, pero no a menos de 8°C, y en posiciones más costeras como Constitución prácticamente no bajan en ningún mes los 10°C. La pluviometría es además considerablemente menor a la de Valdivia, con un índice de humedad anual de 0,6 a 0,8. En cambio, en Valdivia este índice varía entre 2,5 y 3,0 y no se presenta más de un mes seco, pero sus temperaturas medias mensuales son durante cinco meses menores a 10°C, incluso bajo los 8°C en julio (Fuenzalida, 1966).

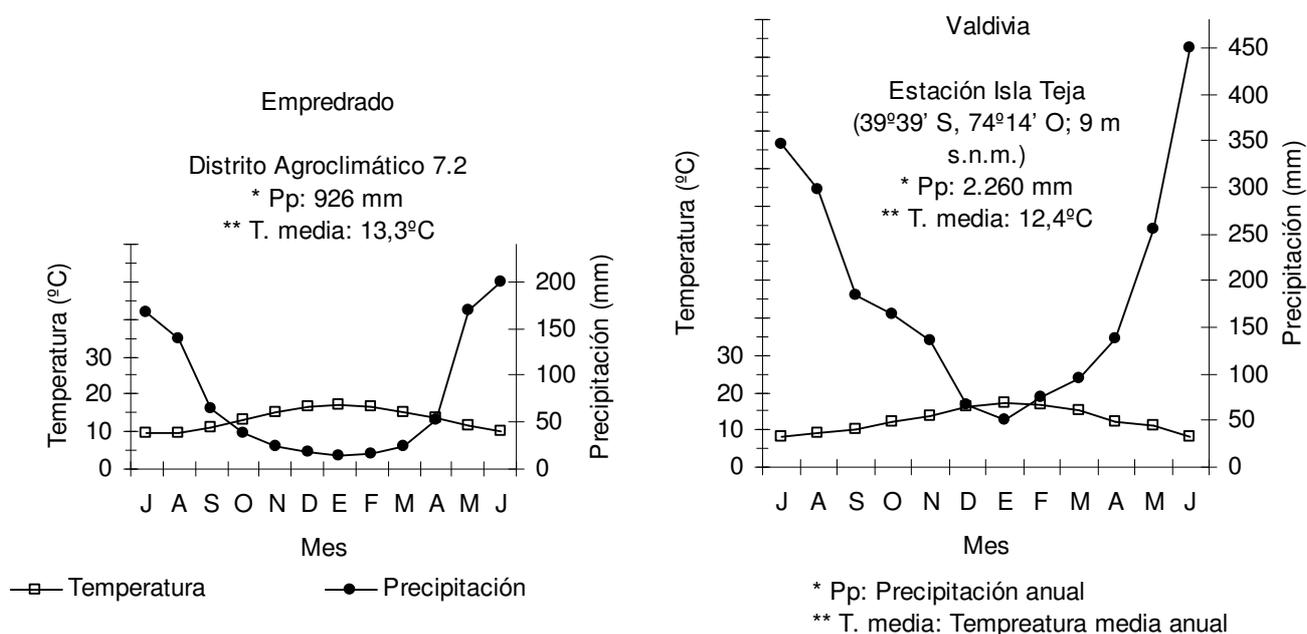


Figura 1. Diagramas ombrotérmicos de Empedrado y Valdivia

El clima en Valdivia es más extremo en cuanto a humedad y a temperaturas bajas, en cambio Empedrado en temperaturas altas y en la longitud del período seco, el que es amortiguado por la humedad del aire en las serranías expuestas a la influencia marina de la costa.

Ruil sólo crece en la zona costera de la VII Región, donde prácticamente no hay heladas. Valdivia, en cambio, presenta heladas que podrían dañar a la especie en casos extremos. Hualo y huala están expuestas, en su hábitat natural, a menores temperaturas que ruil, al desarrollarse en altitudes que sobrepasan los 1.000 m s.n.m. en la precordillera andina. Sin embargo, las mayores precipitaciones en Valdivia, con meses en que puede precipitar entre 350 y 500 mm, y con extremos entre 800 y 1.000 mm, exponen a estas especies a un exceso de humedad que las podría afectar, considerando que hualo es susceptible a ese factor (del Fierro y Pancel, 1998).

La información obtenida y analizada deja en evidencia que las plantaciones de ruil, hualo y huala en el *Arboretum* se encuentran en un clima distinto del de su rango de distribución natural. El período seco (considerablemente más corto), las temperaturas más bajas y especialmente la alta humedad ambiental, posiblemente excesiva en la temporada de invierno en Valdivia, son las variables que más contrastan con la zona de Empedrado. Esto se traduce en un menor vigor y una mayor susceptibilidad de las plantas a otras condiciones desfavorables, como son limitaciones en el suelo, ataque de patógenos y competencia interespecífica.

4.2 Vegetación

4.2.1 Descripción de los rodales en estudio

Los grupos de árboles de las especies en estudio establecidas en el *Arboretum* se encuentran en la misma loma, y sólo uno de ellos está ubicado en la ladera norte (Cuadro 8 y Anexo 6). Este grupo corresponde a uno de ruil (parcela ruil 1). Allí el dosel se encontró semicerrado al momento de llevar a cabo este trabajo, y fue el grupo de ruil con las mejores dimensiones y crecimientos (Cuadros 8 y 9).

Cuadro 8. Localización y características de los grupos de árboles estudiados

Parcela o grupo	Ubicación en el relieve	Pendiente (°)	Exposición	Densidad (árboles/ha)	Área basal (m ² /ha)
Ruil 1	Ladera alta	18	28°NE	2.333	16,28
Ruil 2	Ladera alta a media	15	160°SE	1.666	9,84
Ruil 3	Ladera alta	11	120°SE	2.333	6,39
Ruil 4	Ladera alta a media	15	140°SE	1.833	3,40
Hualo	Ladera alta a media	12	110°SE	1.692	5,38
Huala	Ladera alta	10	120°SE	1.856	-

En el segundo grupo de ruil, ubicado en la ladera sureste de la misma loma, se establecieron las demás parcelas analizadas (Cuadro 8 y Anexo 6). Del total de parcelas, ruil 2 ocupó el segundo lugar en dimensiones y crecimiento, aunque el rango de diámetros fue muy amplio (Cuadro 9). Esta parcela presentó un dosel cerrado, a pesar de haber sufrido una alta mortalidad. Contiguo a hualo se ubicó la parcela 3, que presentó individuos con dimensiones menores que en los casos

anteriores, y un dosel semicerrado. Por último, en la parcela ruil 4, entre la anterior (separada por un sendero) y la parcela ruil 2, los árboles fueron los de menores dimensiones, con un dosel abierto y una mayor mortalidad de árboles. Llamó la atención aquí el contraste del desarrollo notoriamente inferior de estos árboles con respecto a los de la parcela ruil 2. Por otro lado, destacaron los amplios rangos de DAP y alturas en la especie, que fluctuaron entre los 2 y 12 cm, y los 2 y 9,5 m, respectivamente.

Cuadro 9. Caracterización dasométrica de ruil

Estadístico	Ruil 1		Ruil 2		Ruil 3		Ruil 4	
	DAP (cm)	Altura (m)	DAP (cm)	Altura (m)	DAP (cm)	Altura (m)	DAP (cm)	Altura (m)
Media	9,11	8,06	8,05	6,45	5,30	5,00	4,08	4,01
Máxima	12,00	9,50	11,50	7,50	7,75	5,80	7,00	5,50
Mínima	6,50	6,75	4,00	5,00	3,50	4,00	2,00	2,50
D.S.*	1,72	0,86	2,13	0,72	1,35	0,59	1,59	0,82
IMA	1,14	1,01	1,01	0,81	0,66	0,63	0,51	0,50
N muestra**	14	14	12	12	10	10	14	14

* Desviación estándar; ** número de árboles en la parcela

El grupo de árboles de hualo, contiguo a ruil 3, presentó un dosel abierto, notándose en los DAP un rango entre 1 y 12 cm, y en las alturas entre 2,4 y 6,5 m (Cuadro 10). Por sobre hualo la loma está cubierta con huala. El dosel se encontró abierto, y los árboles presentaron un muy bajo crecimiento, con una gran variabilidad entre ellos (diámetros de copa entre 0,4 y 4,2 m, y alturas entre 0,8 y 6,5 m). En los Anexos 7 y 8 se detallan las características dasométricas de las especies y tablas de rodal, respectivamente.

Cuadro 10. Caracterización dasométrica de hualo y huala

Estadístico	Hualo		Huala	
	DAP (cm)	Altura (m)	D. C ¹ (m)	Altura (m)
Media	5,58	4,45	1,92	3,16
Máxima	12,50	6,50	4,20	6,50
Mínima	1,00	2,40	0,40	0,80
D.S. ²	2,45	0,83	0,71	1,33
IMA	0,70	0,56	-	0,40
N muestra ³	67	67	78	78

¹ Diámetro de copas; ² desviación estándar; ³ total de árboles (censo)

El crecimiento irregular de ruil, hualo y huala, incluso dentro del mismo grupo de árboles, es una evidencia de la susceptibilidad a situaciones desfavorables, como las presentadas en capítulos posteriores. A pesar de esto, el 54% de los ruiles y 28% de los hualos medidos, presentaron crecimientos en DAP mayores a 0,77 cm, que han sido observados en renovals manejados de roble y raulí (*Nothofagus alpina*) en la Provincia de Valdivia (Lara *et al.*, 2000).

4.2.2 Vegetación acompañante

Las malezas identificadas en los distintos grupos de árboles se presentan en el Cuadro 11. La superficie de la parcela ruil 1 se encontró cubierta en un 50% por malezas, de las cuales maqui (*A. chilensis*) y zarzamora (*R. constrictus*) fueron las de mayor importancia. Espino europeo (*U. europaeus*) era abundante en los alrededores, pero no dentro de la plantación. Debido al control de malezas y a las dimensiones de los árboles, las malezas no competían por luz con éstos.

En la parcela ruil 2 el número de especies presentes fue menor, y el suelo estaba cubierto por ellas sólo en un 40%. Especies presentes en las demás parcelas, como eucalipto (*Eucalyptus spp.*), pino pinaster (*P. pinaster*) y sobre todo gramíneas, estaban ausentes en ruil 2. Así también espino europeo, que es un invasor muy agresivo, no constituía una de las especies más importantes. Esto tiene relación con la condición de dosel cerrado de la plantación, que impide que se establezcan o que cause una disminución del vigor y agresividad de malezas, por lo que estas últimas no significaron una competencia por luz para los árboles. Al igual que esta parcela, ruil 3 fue mayoritariamente invadida por maqui, pero por la altura de los árboles (alrededor de 3 a 4 m más altos que maqui) no pareció ser una limitante para el crecimiento de ellos, aunque la cobertura de malezas fue de un 80%. Además se realizó un control de malezas en invierno del presente año.

La parcela ruil 4, cuyo dosel estaba abierto, tenía una cobertura de malezas de un 100%, de la cual maqui y espino europeo ocupaban una gran proporción (entre 60 y 70% y alrededor de 50%, respectivamente). Éstas impedían el normal crecimiento de algunos árboles, debido a la altura que alcanzaban (más de dos metros en el caso de maqui). Además, no se había efectuado un control de malezas últimamente, a pesar de ser necesario. Cabe destacar que el 33% de los individuos estaba afectado por pilpilvoqui (*B. trifoliata*) y voqui (*C. striata*), sobre todo aquellos árboles de bajo vigor.

Hualo y huala presentaron una cobertura de malezas de un 90 y 100%, respectivamente. En el primero, la mayoría de los árboles tenía alturas que superaban a las malezas, las que fueron controladas mecánicamente durante la ejecución de este estudio. Huala, por el contrario, estaba claramente afectada por esta vegetación, especialmente por maqui, espino europeo y zarzamora, las que sobrepasaban en altura a hualas de bajo crecimiento. Maqui cubría entre el 60 y 70% del suelo con individuos de más de un metro de altura, alcanzando algunos individuos los tres metros. Espino europeo tenía una cobertura aproximada de 20% y alturas hasta los dos metros. Por otro lado, aquellas hualas de no más de dos metros de altura estaban siendo fuertemente invadidas por las trepadoras antes mencionadas, lo que también se observó en algunos individuos de hualo.

Cuadro 11. Especies de malezas presentes en los grupos de árboles y parcelas

Especie	Parcela o rodal					
	Ruil 1	Ruil 2	Ruil 3	Ruil 4	Hualo	Huala
<i>Abies spp.</i>		+				
<i>Acacia melanoxylon</i>				+		
<i>Aextoxicon punctatum</i>	+			+		+
<i>Aristotelia chilensis</i>	++	++	++	++	++	++
<i>Baccharis rhomboidalis</i>					+	+
<i>Betula pendula</i>					+	
<i>Blechnum chilense</i>				+		
<i>Blechnum hastatum</i>	+	+		+	+	+
<i>Boquila trifoliata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Budleja globosa</i>			+			
<i>Cirsium spp.</i>						
<i>Cissus striata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Embothrium coccineum</i>					+	+
<i>Eucalyptus globulus</i>		+		+	+	+
<i>Greigia sphacelata</i>		+				
<i>Hedera helix</i>	+	+	+	+		
<i>Hydrocotyle spp.</i>					+	+
<i>Ilex aquifolium</i>				+	+	+
<i>Laurelia sempervirens</i>						
<i>Luma apiculata</i>						
<i>Nothofagus dombeyi</i>	+					
<i>Pinus pinaster</i>	+			+	+	+
<i>Plantago lanceolata</i>					+	+
<i>Rhaphitamnus spinosus</i>	+					
<i>Rubus constrictus</i>	++	+	+	+	+	++
<i>Taraxacum officinale</i>				+	+	+
<i>Teline monspessulana</i>	+				+	+
<i>Ugni molinae</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Ulex europaeus</i>	+	++	+	+	++	++
<i>Uncinia spp.</i>	+	+			+	+
Gramíneas	+	+		+	+	+
Total especies	15	13	8	16	19	19

+ : Especies presentes; ++ : Especies de mayor importancia (cobertura).

La vegetación que rodeaba la parcela ruil 1 estaba compuesta por arrayán (*L. apiculata*), pino pinaster y coihue (*N. dombeyi*), de las cuales esta última fue la de mayor frecuencia. Se registraron individuos de aproximadamente 8 m y otros de 36 m de altura a 4 m de distancia, al oeste y norte de la plantación, respectivamente. Ésta pudo haber jugado un rol importante al momento de establecer la plantación, ya que proporciona sombra al sector, condición que es necesaria para el establecimiento inicial de ruil.

Ruil 2 estaba delimitado por una plantación de 1 a 2 m de altura de *Nothofagus spp.*, por abeto (*Abies spp.*), encino (*Quercus robur*), eucalipto y roble de aproximadamente 27 m de altura. Los dos últimos, a pesar de sus dimensiones,

estaban a una distancia de 14 m y hacia el sur de la plantación, por lo que no le proporcionaban sombra.

El sector de ruil 3 estaba delimitado por individuos de coihue en su límite superior (oeste), los que se encontraban a 8 m de distancia y tenían alturas de 23 m. Estos pueden haber tenido un efecto de sombra positivo sobre las plantas en su establecimiento. Además había algunos individuos de abeto y otras coníferas que, debido a su posición y dimensiones, no jugaban un rol de importancia sobre las plantaciones.

La vegetación acompañante de ruil 4 se compuso de pino contorta (*Pinus contorta*), la plantación joven de *Nothofagus spp.* antes mencionada, abeto, encino, aramo australiano (*A. melanoxylon*), y varios individuos de coihue de alrededor de 23 m de altura a 5 m de distancia (límite oeste). Estos últimos pueden haber favorecido el establecimiento inicial de aquellos ruiles más cercanos a ellos, y así explicar en parte el crecimiento irregular del grupo de ruiles que se extiende a lo largo de la loma con exposición SE.

La vegetación que rodeaba al rodal de hualo estaba compuesta por abedul (*Betula pendula*), eucalipto y abeto, aparte de las plantaciones de las demás especies en estudio. Esa vegetación no pareció afectar a la plantación debido a la distancia y a que se encontraba en la parte más baja de la loma. Lo mismo sucedió con huala en el límite norte del rodal, que se encontraba a aproximadamente 15 m de distancia de individuos de eucalipto y coihue, ambos de alrededor de 15 m de altura. Éstos estaban en la parte baja de la loma, por lo que no proporcionaban sombra a los árboles. Hacia el este continuaba la misma franja de coihue de alrededor de 23 m de altura mencionada en las parcelas ruil 3 y ruil 4, acompañada de arrayán.

La competencia por luz, espacio y recursos del suelo con las malezas, en los sectores en que el control de ellas fue insuficiente, como en el caso de las parcelas ruil 4 y huala, es una de las causas del desarrollo limitado detectado en las especies. Sin embargo, la presencia de vegetación arbórea en los alrededores de las plantaciones, y que proporcionaba sombra lateral, pudo haber tenido una influencia positiva sobre el establecimiento de ruil, especie susceptible al exceso de radiación solar en su etapa juvenil.

4.3 Geomorfología

Las especies en estudio se ubican en la ladera alta a media de la misma loma, pero con diferentes exposiciones. La forma del terreno es baja a intermedia, ondulada a quebrada, y el drenaje externo moderado a rápido. El Cuadro 12 resume las diferencias geomorfológicas entre los sectores caracterizados con un perfil de suelo. La forma convexa del contorno en el grupo de árboles de hualo (perfil 3) y parcela ruil 4 (perfil 2), indica una mayor susceptibilidad a la erosión que el contorno recto en ruil 1 (perfil 1), aunque esta última tiene una mayor inclinación.

Cuadro 12. Geomorfología en los sectores de los perfiles de suelo

Característica	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3
Ubicación en el relieve	Ladera alta	Ladera alta a media	Ladera alta
Forma de la ladera	Convexa	Convexa	Débilmente convexo
Forma del contorno	Recto	Levemente convexo	Convexo
Pendiente (°)	18 (pronunciada)	15 (pronunciada)	12 (pronunciada)
Elevación (m s.n.m.)	50	45	45
Exposición	28° NE	140° SE	110°SE
Sector asociado	Parcela ruil 1	Parcela ruil 4	Hualo

4.4 Suelo

4.4.1 Características físicas de los perfiles de suelo

El material de origen del suelo corresponde a cenizas volcánicas eólicas depositadas sobre roca metamórfica, y la capacidad de uso del suelo es de IV a VI. Datos históricos y evidencias en terreno indican que en el pasado el suelo fue utilizado para ganadería y agricultura, luego fue cubierto con plantaciones de pino pinaster y eucalipto, habiéndose quemado los desechos de cosecha sobre el terreno antes de plantar las especies en estudio.

Del Cuadro 13 se desprende que el suelo del perfil 1 tiene buenas características físicas. Es profundo y la estructura del suelo superior (horizontes A y AB) es adecuada, aunque en los horizontes inferiores no presenta agregación (masiva). Tiene una textura media y una densidad aparente (DA) muy baja, características que permiten un buen desarrollo de raíces. También destaca la muy elevada a sumamente elevada capacidad de agua aprovechable (CAA) de 253,6 mm en un metro de profundidad, que asegura la disponibilidad de agua para los árboles. En el formulario del Anexo 9 se detallan las demás características físicas del perfil.

El perfil 2, aunque profundo, de textura media y DA baja, y con una CAA sumamente elevada (276,4 mm en un metro de profundidad), presenta algunas características físicas más desfavorables que el caso anterior, como son el daño estructural experimentado por el uso histórico, lo que se manifiesta como una estructura masiva en los horizontes A y ABp. Además, la consistencia es levemente firme en el horizonte ABp (Anexo 9).

El perfil 3 se asemeja en sus características físicas al perfil 1, con la diferencia de poseer una CAA menor, aunque también muy elevada (244,4 mm), siendo este valor más de 5 mm menor en los primeros 20 cm de suelo. Otra diferencia es que el perfil 1 es el único de los tres que cuenta con un horizonte O (orgánico), lo que se detalla en el Anexo 9.

Cuadro 13. Características físicas de los perfiles de suelo

Perfil	Horizonte	Profundidad (cm)	Estructura	Textura	DA ¹ (g/cm ³)	D.S. ² (g/cm ³)	CAA ³ (mm)
1	A	0-12	Subpoliédrica a grumosa	Franco limosa	0,60	0,07	40,8
	AB	12-20	Subpoliédrica moderada a fina	Franca a franco limosa	0,63	0,04	27,2
	B1	20-44	Masiva	Franca	0,62	0,03	62,4
	B2	44-110 y más	Masiva	Franco limosa	0,65	0,04	123,2 ⁴
2	A	0-8	Masiva a granular-grumosa	Franco limosa	0,59	0,05	27,2
	ABp	8-20	Masiva	Franco limosa	0,63	0,09	40,8
	BA	20-34	Subpoliédrica fina	Franco-areno limosa	-	-	42,0
	B1	34-87	Masiva	Franco-areno limosa	0,62	-	137,8
	B2	87-120 y más	Masiva	Franco limosa	0,65	-	28,6 ⁴
3	A	0-8	Subpoliédrica a grumosa	Franco limosa	0,59	0,11	27,2
	AB	8-13	Subpoliédrica	Franco limosa	0,63	0,05	17,0
	B1	13-35	Masiva	Franco-areno limosa	0,67	-	57,2
	B2	35-110 y más	Masiva	Franco limosa	0,65	-	143,0 ⁴

¹ Densidad aparente; ² desviación estándar de la densidad aparente; ³ capacidad de agua aprovechable; ⁴ hasta 1 m de profundidad.

El análisis de resistencia a la penetración del suelo (Figura 2; Anexo 11) arrojó para los tres perfiles valores más altos en el suelo superficial que a mayor profundidad. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$) entre el segundo y tercer horizonte en los perfiles 1 y 2, y entre todos los horizontes consecutivos en el perfil 3 (Anexo 12). Entre el perfil 1 (en ruil 1) y el suelo en un grupo de árboles muestreado con un crecimiento notoriamente menor (“árboles bajos”), se detectó una diferencia en la resistencia a la penetración, pero no estadísticamente significativa (Anexo 12). Esto también se aprecia en las líneas horizontales de la Figura 2, que representan la desviación estándar de las mediciones en los perfiles, y que muestran un traslapeo con la resistencia a la penetración en “árboles bajos”. En el caso del perfil 2 y el suelo en ruil 2, se observó un mucho mejor desarrollo de los árboles en este último, lo que coincidió con una menor resistencia a la penetración del suelo superficial. La diferencia entre ambos puntos de observación fue significativa en todos los horizontes evaluados. En el perfil 3 (plantación de huala) se detectó una significativamente mayor resistencia a la penetración que en la plantación de huala, en el primer y tercer horizonte. Estos resultados indican que la compactación no fue un factor limitante para el crecimiento de huala, ya que además los valores fueron relativamente bajos en comparación con los dos perfiles anteriores.

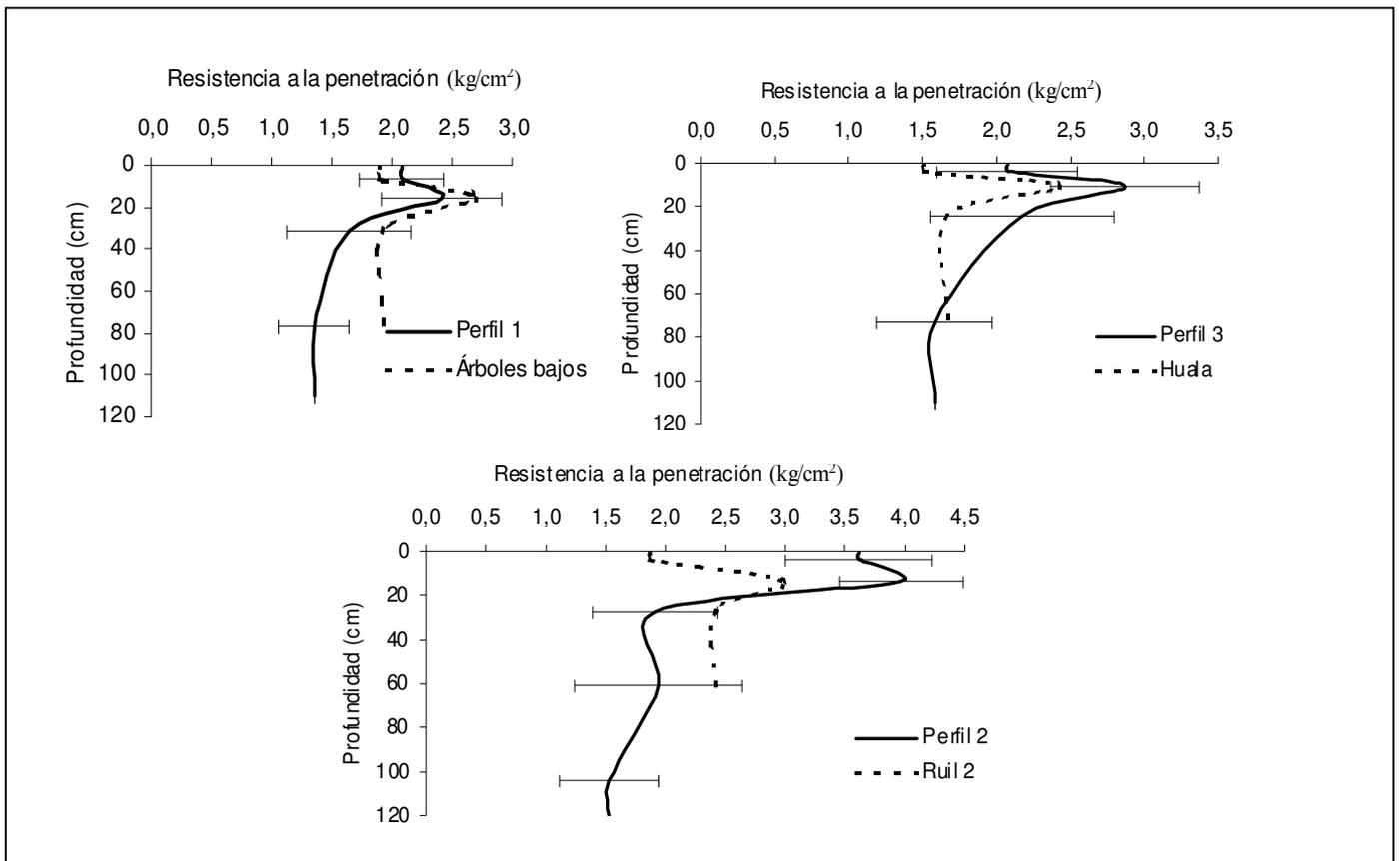


Figura 2. Resistencia a la penetración del suelo en diferentes sectores

4.4.2 Características químicas de los suelos

El Cuadro 14 entrega datos de pH, materia orgánica y condición del aluminio en el suelo. En el perfil 1 el pH es fuertemente ácido, además de existir altos niveles de aluminio extraíble y una saturación de aluminio en el límite, sin toxicidad para las plantas. El carbono y nitrógeno presentan valores elevados en los primeros horizontes, pero la relación C/N indica una descomposición moderada de materia orgánica, al superar el valor de 20 en los primeros dos horizontes.

El perfil 2 (Cuadro 14) se asemeja al anterior en el pH y en la cantidad y calidad de la materia orgánica. Sin embargo, el aluminio extraíble es considerablemente superior, y también la saturación de aluminio, lo que afecta la disponibilidad de fósforo y las condiciones para el normal desarrollo de las raíces.

En el perfil 3 (Cuadro 14) el pH es menos ácido que en los perfiles anteriores, y la saturación de aluminio es muy baja. Sin embargo, la diferencia en los primeros horizontes entre el pH H₂O y KCl es alta al igual que en los demás perfiles, traduciéndose esto en un alto potencial de acidificación. Por otro lado, existe menor

cantidad de materia orgánica y nitrógeno, siendo la competencia que ejercía la alta cobertura de malezas discutida antes, una agravante de la situación.

Cuadro 14. Condición química general de los perfiles de suelo

Perfil	Horizonte	pH H ₂ O	pH KCl	Ct %	Nt %	C/N	Al (mg/kg)*	Saturación de Al (%)
1	A	5,46	4,64	13,0	0,51	25,6	1970	9,3
	AB	5,52	4,83	8,6	0,35	24,8	2280	10,0
	B1	5,42	5,39	2,9	0,14	20,6	1210	10,1
	B2	5,32	5,06	1,0	0,08	12,6	740	6,3
2	A	5,44	4,61	13,0	0,57	23,0	2780	30,8
	ABp	5,35	4,89	10,3	0,43	24,0	2440	26,5
	BA	5,72	5,61	5,3	0,24	21,8	1590	16,5
	B1	5,47	5,37	3,2	0,16	20,6	1245	8,3
	B2	5,36	5,07	0,9	0,08	11,1	755	6,4
3	A	5,70	4,90	10,1	0,39	26,0	1200	1,5
	AB	5,66	4,94	8,3	0,33	24,9	1460	1,7
	B1	5,52	5,34	3,6	0,17	20,6	1280	6,6
	B2	5,39	5,07	0,7	0,08	9,7	770	6,4

* Extraíble en acetato de amonio pH 4,8 – DTPA

En el Cuadro 15 se presentan los resultados del análisis químico general de los primeros dos horizontes de las calicatas con las muestras mezcla de suelo superficial, que además de cumplir con el propósito de identificar desigualdades nutritivas, permiten relacionar éstas con las diferencias de crecimiento de los individuos. Así, el perfil 1 (en la parcela ruil 1) se compara con una muestra mezcla extraída de un sector del grupo con árboles de menor crecimiento (“árboles bajos”). El perfil 2 (sector de la parcela ruil 4) se compara con una muestra mezcla del mismo sector (“árboles bajos”) y con otra tomada en la parcela ruil 2 (“árboles altos”). Por último, el perfil 3 (en huala) es comparado con una muestra mezcla del mismo sector, una en de huala y una en la parcela ruil 3, que se encuentra contigua a los rodales anteriores.

En relación con el sitio del perfil 1, los resultados del Cuadro 15 arrojados para la muestra mezcla “árboles bajos” podrían explicar el crecimiento notoriamente menor de ellos con respecto al resto de los árboles, ya que todos los valores indican peores condiciones que el perfil 1, sobre todo la saturación de aluminio, considerando que los dos lugares muestreados se encuentran a menos de cinco metros de distancia. Algo parecido se ve entre el perfil 2 y la muestra mezcla tomada en la misma zona con respecto a este último elemento. La saturación de aluminio es considerablemente menor en la parcela ruil 2, donde los árboles se estaban desarrollando mejor que en ruil 4. Los demás elementos no varían mucho entre las tres observaciones. En contraste con los sitios anteriores, el sitio del perfil 3 demuestra que en éste no hay toxicidad de aluminio, aunque este valor es levemente mayor en huala, pero de todas maneras marca una diferencia con los demás sitios.

El aluminio extraíble también es menor en este lugar, si se compara con los demás sitios. Sin embargo, los sectores de hualo y huala presentan menores cantidades de carbono en los estratos superficiales del suelo, lo que está asociado a un mayor desgaste por erosión.

Cuadro 15. Condición química general del suelo superficial

Muestra	pH H ₂ O	pH KCl	Ct %	Nt %	C/N	Al (mg/kg)*	Saturación de Al (%)
Horizonte A y AB Perfil 1	5,49	4,74	10,8	0,43	25,2	2125	9,6
Muestra mezcla árboles bajos	5,25	4,49	11,8	0,36	33,1	1800	21,7
Horizonte A y ABp Perfil 2	5,40	4,75	11,7	0,50	23,5	2610	28,6
Muestra mezcla árboles bajos	5,51	4,76	11,4	0,47	24,3	2170	7,1
Muestra mezcla árboles altos	5,74	5,07	12,1	0,55	22,3	1400	0,7
Horizonte A y AB Perfil 3	5,68	4,92	9,2	0,36	25,4	1330	1,6
Muestra mezcla hualo	5,81	4,98	5,8	0,33	17,7	1040	0,8
Muestra mezcla huala	5,60	4,76	7,8	0,32	24,1	1270	2,6
Muestra mezcla ruil 3	5,74	4,93	11,0	0,38	28,9	1420	1,4

* Extraíble en acetato de amonio pH 4,8 – DTPA

De acuerdo a los macroelementos del Cuadro 16, hay que destacar la relación existente entre la tendencia de la suma de bases, calcio y magnesio con la saturación de aluminio (Cuadro 14) entre los tres perfiles, significando el mayor nivel de calcio y otras bases una disminución en la saturación de aluminio. Así, el perfil 1 está en una posición intermedia en cuanto a estas variables con respecto a los demás perfiles, el perfil 2 en la posición más desfavorable y el perfil 3 en la mejor.

Cuadro 16. Condición de macroelementos en los perfiles de suelo

Perfil	Horizonte	P	Na	K	Ca	Mg	S	Suma de bases
		Olsen	Acetato de amonio	pH 4,8 - DTPA	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(cmol+/kg)
1	A	3,4	56,1	147,1	535,0	178,3	13,7	4,8
	AB	2,2	39,6	84,5	94,5	51,8	17,4	1,3
	B1	1,2	25,4	54,4	10,0	23,9	51,5	0,5
	B2	1,0	32,5	39,7	10,0	65,0	56,0	0,8
2	A	1,8	45,6	45,6	130,1	59,1	13,2	1,5
	ABp	1,2	35,4	22,4	20,0	15,0	13,6	0,4
	BA	1,0	24,9	15,2	10,0	10,3	13,6	0,3
	B1	1,1	29,9	39,5	28,6	32,7	42,9	0,6
	B2	1,0	40,2	23,4	21,9	57,8	44,1	0,8
3	A	1,0	55,5	67,1	960,0	217,5	12,4	7,0
	AB	0,8	45,4	39,7	460,0	119,1	13,0	3,6
	B1	1,0	34,4	24,5	47,1	41,5	34,3	0,8
	B2	1,0	47,8	7,0	33,8	50,5	32,3	0,8

Del perfil 1 (Cuadro 16) llama la atención principalmente la baja disponibilidad de fósforo, asociada a los valores altos de aluminio extraíble. La oferta de los elementos básicos es adecuada, aun cuando la suma de bases es baja. En el perfil 2 se aprecian claramente valores mucho menores de fósforo y bases, lo que constituye una limitación para las plantas. Esto marca una diferencia con la condición del perfil 1, aunque en ambos la disponibilidad de azufre es alta. La principal limitante que se deduce para el perfil 3 es la deficiencia de fósforo, presente incluso en menores contenidos que en los dos perfiles anteriores. Aunque las cifras de calcio, magnesio y suma de bases son notoriamente mayores a las del perfil 2 y también del perfil 1, los niveles de sodio y potasio son bajos, sobre todo si se compara este último con las cifras del perfil 1.

Del Cuadro 17 destaca, en el caso del suelo superficial del sector del perfil 1, la diferencia de los elementos básicos potasio y calcio entre el perfil y la muestra mezcla, lo que influye en el comportamiento de la suma de bases. Para el caso del sector del perfil 2, los macroelementos presentan condiciones nutritivas notablemente mejores en ruil 2 (“árboles altos”) que en las dos muestras del área de la parcela ruil 4 (perfil 2 y muestra mezcla “árboles bajos”), y en el sector del perfil 3 los resultados de huala indican una menor cantidad de calcio, magnesio y suma de bases que las demás muestras del mismo sector.

Cuadro 17. Condición de macroelementos en el suelo superficial

Muestra	P	Na	K	Ca	Mg	S	Suma de bases
	Olsen	Acetato de amonio	pH 4,8 - DTPA	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(cmol+/kg)
Horizonte A y AB Perfil 1	2,8	47,9	115,8	314,8	115,1	15,5	3,0
Muestra mezcla árboles bajos	2,4	48,3	58,6	285,9	114,9	15,5	2,7
Horizonte A y ABp Perfil 2	1,5	40,5	34,0	75,1	37,1	13,4	0,9
Muestra mezcla árboles bajos	1,0	50,2	53,1	484,0	114,1	13,8	3,7
Muestra mezcla árboles altos	2,8	62,6	60,7	1520,0	250,4	16,3	10,1
Horizonte A y AB Perfil 3	0,9	50,5	53,4	710,0	168,3	12,7	5,3
Muestra mezcla hualo	1,0	37,6	78,2	975,0	172,2	12,4	6,7
Muestra mezcla huala	1,0	32,8	77,8	454,0	113,0	14,5	3,5
Muestra mezcla ruil 3	2,8	37,4	83,0	690,0	157,0	11,8	5,1

El contenido de microelementos en los perfiles (Cuadro 18) no indica limitaciones en su disponibilidad en los horizontes superiores del perfil 1, sobre todo hierro, manganeso y boro. Por el contrario, en el perfil 2 sobresale la pobre participación de zinc y boro, aun en los horizontes superficiales. En el perfil 3 este último elemento se encuentra en una situación intermedia, mientras que el cobre tiene los valores más altos.

Cuadro 18. Condición de microelementos en los perfiles de suelo

Perfil	Horizonte	Acetato de amonio pH 4,8 - DTPA (mg/kg)				
		Fe	Mn	Cu	Zn	B
1	A	177	44	4,7	2,4	1,1
	AB	166	16	4,9	0,6	0,9
	B1	149	12	2,4	0,1	0,4
	B2	174	12	3,4	0,1	0,4
2	A	136	10	4,8	0,9	0,5
	ABp	100	6	4,2	0,2	0,5
	BA	111	7	2,6	0,1	0,3
	B1	154	23	3,0	0,2	0,4
3	B2	177	23	4,2	0,2	0,4
	A	168	14	5,2	1,0	0,8
	AB	152	11	5,1	0,6	0,8
	B1	159	35	3,5	0,2	0,5
	B2	180	35	4,9	0,3	0,4

Los elementos del suelo superficial del Cuadro 19 se encuentran en ambas muestras del sector del perfil 1 con valores medios y altos, pero en el sector del perfil 2 hay una marcada diferencia entre la muestra mezcla “árboles altos” y las otras dos muestras en cuanto a manganeso y zinc. En estas dos últimas muestras, los bajos niveles de zinc y boro indican que se trata de un suelo más agotado, ya que además coincide que el aluminio es muy alto (Cuadro 15) y la suma de bases baja (Cuadro 17). En el sector del perfil 3 destaca la diferencia en la cantidad de manganeso entre el perfil 3 y la muestra mezcla del mismo sector, siendo en esta última el doble que en la calicata. Los niveles de boro son menores en hualo y huala, apoyando así la afirmación anterior de que se trata de un área más erosionada.

Cuadro 19. Condición de microelementos en el suelo superficial

Muestra	Acetato de amonio pH 4,8 - DTPA (mg/kg)				
	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Horizonte A y AB Perfil 1	172	30	4,8	1,5	1,0
Muestra mezcla árboles bajos	187	23	3,5	1,4	1,0
Horizonte A y ABp Perfil 2	118	8	4,5	0,6	0,5
Muestra mezcla árboles bajos	141	17	5,1	1,2	0,7
Muestra mezcla árboles altos	172	50	5,4	2,1	0,9
Horizonte A y AB Perfil 3	160	12	5,2	0,8	0,8
Muestra mezcla hualo	158	24	4,9	1,0	0,6
Muestra mezcla huala	151	20	4,3	1,0	0,7
Muestra mezcla ruil 3	180	20	4,5	0,9	0,8

El Cuadro 20 resume las principales deficiencias y diferencias entre perfiles y muestras mezcla de suelo superficial, siendo el pH KCl, fósforo, aluminio extraíble y suma de bases un problema generalizado, y destacando claramente la peor

condición que presenta el perfil 2 con respecto a los demás. La situación más favorable en el perfil 1 con respecto a la condición en general más ácida de la muestra mezcla del mismo sector, argumenta que el régimen de elementos nutritivos se relaciona con el menor crecimiento en “árboles bajos”. Lo mismo sucede en el perfil 2 y “árboles bajos” con respecto a la muestra mezcla “árboles altos”, siendo en esta última el pH más básico, la saturación de aluminio menor y la suma de bases mayor, además de contener niveles nutritivos más altos. El sector del perfil 3 es más homogéneo, excepto en la marcada diferencia del contenido de fósforo entre la muestra mezcla ruil 3 y las demás muestras del sector. Por otro lado, esta última tiene una excelente condición de saturación de aluminio (niveles bajos), no así los demás sectores.

Cuadro 20. Resumen de deficiencias nutritivas y diferencias destacables en el suelo superficial

	Perfil 1 ¹	Árboles bajos ²	Perfil 2 ¹	Árboles bajos ²	Árboles altos ²	Perfil 3 ¹	Hualo ²	Huala ²	Ruil 3 ²
Estructura	++		0			++			
pH H ₂ O	+	0	0	+	++	++	+++	++	++
pH KCl	0	00	0	0	++	+	+	0	+
P Olsen	+	0	00	000	+	000	000	000	0
Al ³	00	00	000	00	0	0	+	0	0
K ³	+	+	00	0	0	0	+	+	+
Ca ³	+	0	00	+	+++	++	++	+	+
Mg ³	+	+	0	+	+++	++	++	+	++
Zn ³	+	+	0	+	++	0	+	+	0
B (mg/kg)	++	++	0	+	++	+	0	+	+
Saturación de Al (%)	+	00	00	+	+++	+++	+++	+++	+++
Suma de bases (cmol+/kg)	0	0	000	0	++	+	+	0	+

+++ : muy bueno, ++ : bueno, + : suficiente, 0 : insuficiente, 00 : malo, 000 : crítico; ¹ primeros dos horizontes; ² muestra mezcla; ³ acetato de amonio pH 4,8 – DTPA (mg/kg).

4.4.3 Análisis de la fertilidad del suelo

La información de las características físicas y químicas del suelo recién entregadas permiten analizar los factores de la fertilidad del suelo para el área de estudio en general. La profundidad, la baja densidad aparente y la estructura del suelo indican que el volumen arraigable es adecuado, aunque la compactación en los horizontes superficiales puede dificultar la expansión de raíces.

El régimen de aire podría verse limitado por la compactación superficial, al estar disminuida la cantidad de poros gruesos. Además, la estructura masiva por remoción del suelo indica una mala distribución de poros. A pesar de esto, la textura franca y la densidad aparente baja lo favorece, y los drenajes interno y externo son moderados, lo que junto al color del suelo indican que no hay limitaciones en la aireación del suelo. Las mismas variables permiten inferir sobre el régimen de agua, lo que

evidencia que el abastecimiento de agua es adecuado, corroborándose esto también con la elevada capacidad de agua aprovechable calculada.

En cuanto al régimen de calor, se esperaría una conductividad adecuada debido a la presencia de minerales y arcilla en el suelo. En las zonas de distribución natural de las especies en estudio los suelos están expuestos a una mayor radiación solar que en Valdivia, estando los árboles adaptados a esta situación, por lo que una condición de dosel abierto en el *Arboretum* no debería afectarlos.

En la Isla Teja existe un largo historial de uso. El uso anterior de tipo extractivo y la mayor exposición del suelo al impacto de las lluvias trae consigo una alta lixiviación, lo que causó limitaciones en el régimen de elementos nutritivos. De acuerdo al análisis químico y a los valores de referencia del Laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales de la UACH, el suelo se encuentra limitado por contenidos muy bajos de fósforo, además de potasio y suma de bases, principalmente. A su vez, destacan pHs ácidos, altos niveles de aluminio extraíble y altos índices de saturación de aluminio. Esta última daña el normal desarrollo de raíces finas, y como consecuencia, afecta la absorción de nutrientes, ya que limita el volumen de suelo realmente accesible. Esto además es agravado por la competencia radicular de las malezas, que ocupan el mismo estrato de suelo.

El crecimiento irregular de los árboles en las parcelas presentó una asociación estrecha con diferencias en la cantidad de algunos elementos nutritivos en el suelo, sobre todo en cuanto al aluminio. Además, la compactación del suelo superficial muestra una relación con la altura de los árboles, en particular con la especie ruil. Por esto se puede asumir que la fertilidad del suelo está limitada por el régimen de elementos nutritivos y en casos particulares agravado por la compactación del suelo superficial.

4.4.4 Relación de la altura de los árboles con variables del suelo

La Figura 3 muestra una relación inversa entre la altura de los árboles y la resistencia a la penetración del suelo, especialmente para valores sobre 2 kg/cm².

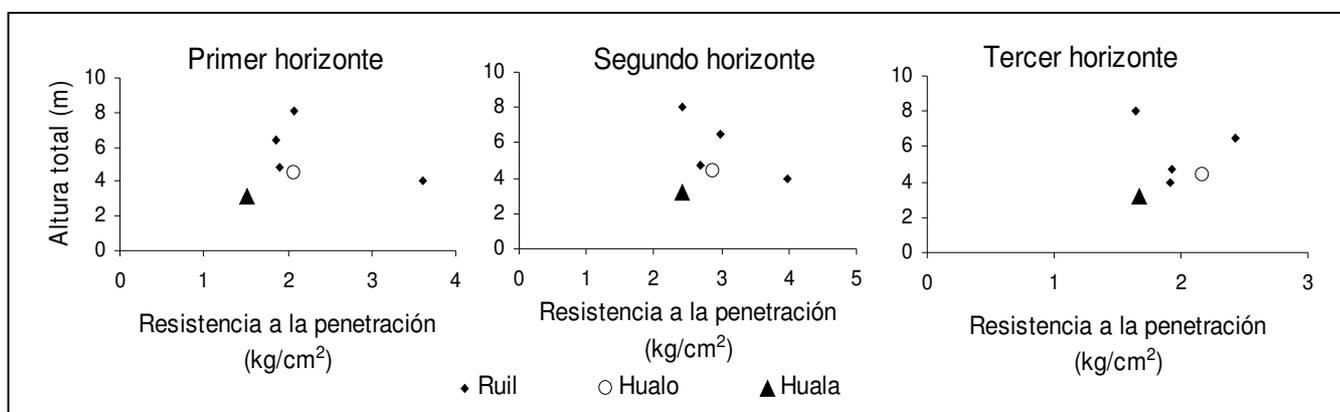


Figura 3. Relación entre la altura de los árboles y la resistencia a la penetración del suelo

En los primeros dos horizontes de suelo se aprecia que ruil fue menor en altura a medida que el suelo presenta mayor resistencia a la penetración (Figura 3). En el tercer horizonte, en que la mayoría de los datos no superaron los 2 kg/cm², la tendencia ya no es clara. Nuevamente destaca que huala se encuentra en un suelo poco compacto en relación con las otras especies, por lo que su mal crecimiento probablemente no estaba relacionado a este factor.

La Figura 4 muestra la tendencia de la altura de los árboles con elementos críticos en los primeros dos horizontes de los perfiles y muestras mezcla de suelo superficial. Se aprecia una clara tendencia de ruil a disminuir en altura a medida que aumenta la saturación de aluminio en el suelo, mientras que hualo y huala no tuvieron buenos crecimientos aún cuando la saturación de aluminio es baja. La relación entre la altura y la suma de bases no es tan clara, aunque existe un leve aumento de la primera variable con respecto a la última. También se observa una tendencia marcada de la altura a aumentar con mayores contenidos de potasio y fósforo, incluso en hualo y huala. Se podría deducir entonces, sobre todo en cuanto al potasio en ruil, que se trata de una deficiencia que afectó el desarrollo de los árboles en algunos sectores.

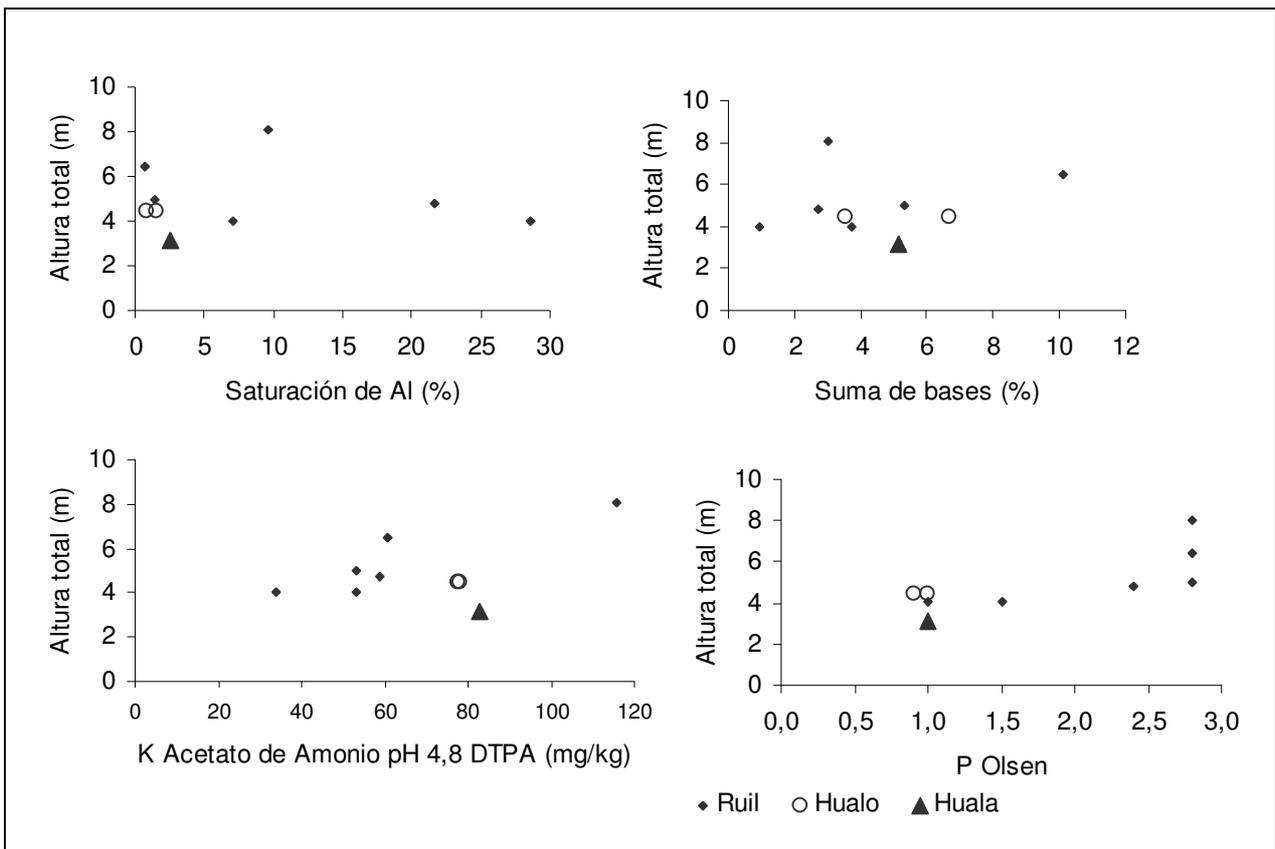


Figura 4. Relación entre la altura de los árboles y características químicas del suelo superficial

4.5 Compatibilidad edáfica

Las características físicas del suelo del área de estudio son bastante favorables, y algunas de ellas, por ejemplo la estructura, permite una mejor arraigabilidad y aireación que la tendencia prismática en el subsuelo en las áreas de distribución natural de las especies. En relación con ciertos elementos nutritivos, llama la atención que algunas de las deficiencias encontradas en el *Arboretum* se repiten en Empedrado, como el fósforo y el zinc. El potasio es menor en Valdivia, siendo esta tendencia claramente inversa para el cobre (Cuadro 21). En la distribución andina de hualo y huala se esperan niveles superiores de elementos nutritivos en el suelo, debido a que se trata de sedimentos más jóvenes (Schlatter *et al.*, 2003).

Cuadro 21. Resumen de la compatibilidad edáfica de las especies en estudio

Variable	Valdivia	Empedrado **	Precordillera de Parral **
Material de origen	Cenizas volcánicas depositadas sobre roca metamórfica	Rocas metamórficas y graníticas	Rocas graníticas cubiertas de materiales volcánicos (trumaos)
Profundidad (cm)	Más de 110 (fisiológica)	80 - 100 (efectiva)	83 - 139
Drenaje externo	Moderado	Moderado	
Estructura	Masiva a subpoliedrica	Bloques subangulares	Bloques subangulares a prismáticos
Textura	Franca a franco-limosa	Franco arcilloso a arcilloso	Franco arenosas a franco arcillosas
Color	Café a café negruzco	Pardo grisáceo a gris	Pardo a rojizo
pH	5,3 - 5,8	5,4 - 5,5	5,1 - 5,6
P (mg/kg) ruil / hualo	2,8 / 1,0 *	2,4 / 1,3	
K (mg/kg) ruil / hualo	83 a 116 / 66 *	168 / 66	
Zn (mg/kg) ruil / hualo	1,2 / 0,9 *	0,62 / 0,50	
Cu (mg/kg) ruil / hualo	4,65 / 5,05 *	1,20 / 1,01	

* Primeros dos horizontes. ** Adaptado desde Álvarez (1999); Donoso (1972); Garrido y Landaeta (1983); Litton y Santelices (1996); Ibarra y Peralta (1980).

El efecto negativo que ejerce la alta saturación de aluminio sobre el desarrollo de los árboles se relaciona directamente con la diferencia que existe entre la proporción de aluminio intercambiable en los suelos de la zona de Valdivia y aquellos de climas más secos, como Csb1 y Csb2, de donde son originarias las especies en estudio. En promedio, los suelos del clima Valdiviano tienen 3,5 veces la proporción de aluminio que se encuentra en suelos de los climas más secos mencionados, a pesar de mostrar pHs similares (Gerding, 1991). Por esto, es de esperar que los árboles sean afectados en Valdivia, y que acusen restricciones en su desarrollo.

4.6 Árboles

4.6.1 Calidad y vigor

De acuerdo a los rangos de forma fustal presentados en la metodología, en la Figura 5 se visualiza la alta proporción de árboles con bifurcaciones o curvaturas en las parcelas ruil 1, 2 y 3, considerando que años antes se llevaron a cabo podas de

corrección fustal. En ruil 1 el 43% de los árboles fue catalogado con forma 2, y en ruil 2 y 3 el 40 y 29% tuvo forma 3, respectivamente. Ruil 4 presentó un 82% de árboles con buena forma, mientras que en hualo y huala destacó el alto porcentaje de individuos con hábito arbustivo, designándole una forma 3 (37 y 46%, respectivamente).

Con respecto a sanidad fustal (Figura 5), cabe mencionar que la baja calificación para ruil 1 y 2 se debió a la cantidad de protuberancias en los fustes, presentando en el primero un 64%, y en el segundo un 70% de los árboles más de tres protuberancias en el fuste (Anexo 14). Estos son tumores, probablemente brotes que los árboles emiten como respuesta a dificultades fisiológicas en respuesta a un estado de estrés, definidos por Sinclair *et al.* (1987) como anomalías inexplicables en el crecimiento no infeccioso. Esta situación no se repitió en la parcela ruil 3 y 4, donde los árboles tenían menores dimensiones. Hualo y huala presentaron, en comparación a ruil, buena sanidad fustal en la totalidad de los árboles, ya que no se registraron protuberancias en los fustes ni otros daños.

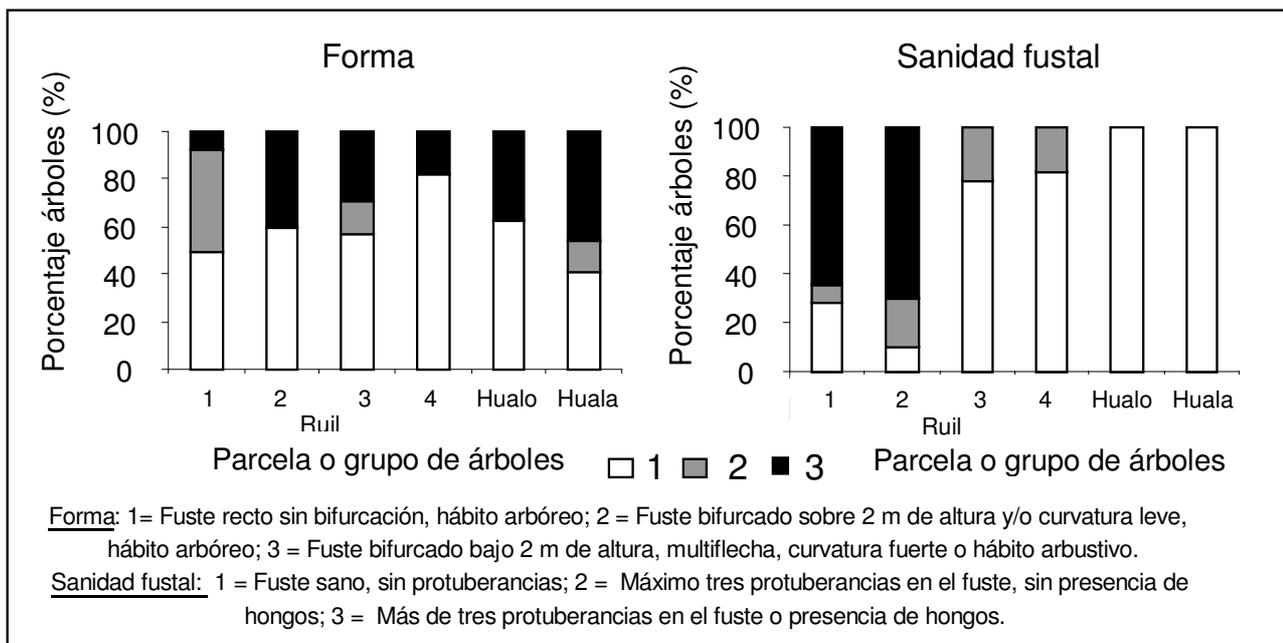


Figura 5. Categorización de la forma y sanidad fustal de los árboles

De acuerdo al análisis estadístico de J_i^2 (Anexo 15), se encontró que existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre el DAP y las protuberancias en los fustes de ruil, con un 95% de confianza. Es decir, a medida que los individuos crecen en diámetro, van desarrollando tumores en el fuste.

En cuanto al vigor de copas (Figura 6), destacó la alta proporción de árboles en etapa de degeneración en las parcelas ruil 3 (50%) y ruil 4 (64%), es decir, con bajo vigor, lo que contrarresta con la buena forma y sanidad de éstos. En cambio, la

mayoría de los individuos en ruil 1 (86%) y ruil 2 (90%) presentaron copas en exploración, es decir, vitales. Cabe destacar que en ruil 1 y 3 alrededor de un 90% de los árboles eran dominantes en el dosel semicerrado. Ruil 2 presentó mayor competencia intraespecífica (dosel cerrado), y por lo tanto sólo el 50% de los árboles estaba en el estrato dominante. Del resto de los individuos casi el 100% eran codominantes. En ruil 4 no se calificó posición sociológica debido a la condición de dosel abierto, lo que junto al de vigor de copas indica que el crecimiento de los árboles fue limitado. Lo mismo se repite en hualo y huala, especies que presentaron bajos niveles de vigor de copas, estando un 58% de los hualos y un 63% de las hualas entre la fase de degeneración y resignación.

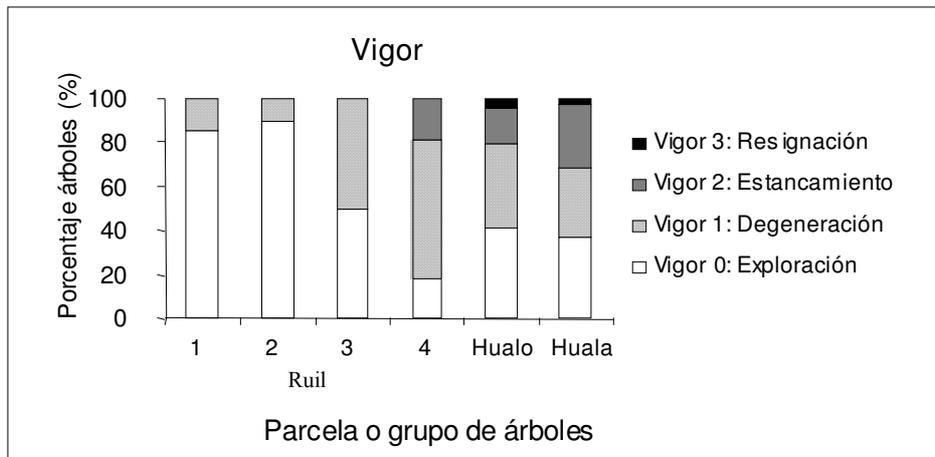


Figura 6. Categorización de vigor de copas de los árboles

El análisis Ji^2 de relación entre la altura total de los árboles y el vigor arrojó resultados diferentes para las especies, encontrándose una relación positiva con un 95% de confianza para ruil y hualo, pero no así para huala (Anexo 15). Es decir, esta última no tuvo una tendencia significativa a aumentar en altura a mayor vigor.

Los resultados obtenidos sobre vigor de copas indican que ruil está más adaptado al sitio que hualo y huala. Sin embargo, esto no se observó en la parcela ruil 4. A pesar de esto, la presencia de protuberancias en los troncos de ruil de mayores diámetros es una señal de su condición de estrés.

En el análisis de raíces en individuos de bajo crecimiento no se observó malformación que haya sido producto del proceso de plantación y tampoco efecto de otro agente dañino.

4.6.2 Síntomas visuales

Los principales síntomas y agentes bióticos en el material recolectado se aprecian en el Cuadro 22 (Anexo 16). En general, las tres especies presentaron los síntomas homogéneamente dentro de cada grupo de árboles, pero en el caso de ruil, la

parcela 2 se encontró menos afectada que las demás parcelas. Por otro lado, en las tres especies los síntomas estuvieron presentes en el follaje de toda la copa, principalmente en las hojas de principio del período vegetativo y homogéneamente en la superficie de cada una de las hojas.

Cuadro 22. Síntomas foliares y agentes bióticos asociados a las especies estudiadas

Especie	<i>Arboretum</i>		Reserva Nacional Los Ruiles	
	Síntomas visuales	Agentes	Síntomas visuales	Agentes
Ruil	Manchas necróticas pardas irregulares no agrupadas de 2 a 3 mm de diámetro.	No identificado	Manchas necróticas pardas irregulares no agrupadas de 2 a 3 mm de diámetro.	No identificado
Hualo	Manchas necróticas pardo claras algo redondeadas, de 2 a 3 mm de diámetro.	<i>Mycosphaerella spp.</i> , <i>Monochaetia spp.</i> , pupas de insectos.	Manchas necróticas pardas redondeadas de 1 mm de diámetro, dispersas en todo el limbo foliar.	No identificado
Huala	Manchas necróticas pardas redondeadas, de 2 a 4 mm de diámetro.	<i>Monochaetia spp.</i>	-	-

Tanto en el *Arboretum* como en la Reserva Nacional Los Ruiles, las tres especies presentaron ácaros y sus exuvios cerca de la nervadura de las hojas, lo que sin embargo no pareciera estar relacionado con los síntomas encontrados (Cuadro 22). Cabe mencionar que en el follaje analizado no hubo un agente asociado a las manchas necróticas en los ruiles del *Arboretum* y de la reserva mencionada, coincidiendo esto en el último caso con la información recopilada de estudios anteriores en la misma reserva⁷. En las muestras de hualo del *Arboretum* se evidenció la presencia de fructificaciones de hongos tales como de peritecios con ascos y picnidios con conidios de hongos insertos en las manchas foliares, situación que no se repitió en el follaje de la Reserva Nacional Los Ruiles. A diferencia de las demás especies, huala presentó en esta reserva un follaje sano, pero hay que considerar que se trató de sólo un árbol.

La presencia de síntomas visuales en el follaje, al encontrarse los árboles más débiles y menos vigorosos, tiene aquí su explicación. La presencia de hongos en el follaje de hualo y huala podría estar también relacionada a esta situación.

4.6.3 Análisis foliar

Los resultados de los elementos mayores en los árboles muestreados en el *Arboretum* y la Reserva Nacional Los Ruiles se muestran en el Cuadro 23 y en el Anexo 17. Si se comparan los valores de ambas zonas, llama la atención la pobre participación de nitrógeno y fósforo en éstas, indicando los altos valores de la

⁷ San Martín, J.; V. Mourgues; A. Villa; C. Carreño, 1991. Catastro de la distribución y estado de conservación de los bosques de ruil de la VII Región. Universidad de Talca (No publicado).

relación N/P que el fósforo fue el de menor proporción. Esta situación podría estar relacionada con la época tardía de la toma de las muestras, ya que los elementos móviles pudieron haber sido movilizados a otros tejidos del árbol (brotes, ramas, etc.). Sin embargo, los bajos niveles de fósforo en las muestras del *Arboretum* coincidieron con las deficiencias del mismo elemento en el suelo. Destaca también la mayor absorción de nitrógeno en los ruiles y hualos del *Arboretum* que de la Reserva Nacional Los Ruiles. Por otro lado, los contenidos de este elemento en el *Arboretum* fueron menores en hualo y huala que en ruil, lo que coincide con los resultados de suelo. Los contenidos de potasio fueron menores en el *Arboretum* que en la Reserva Nacional Los Ruiles, concordando esto con una baja disponibilidad de este elemento en el suelo (*Arboretum*). Sin embargo, en el sitio 1 (*Arboretum*) el contenido de potasio del follaje (Anexo 17) y del suelo fue mayor que en los demás sitios, lo que coincidió con un mayor crecimiento en altura de los árboles (Cuadro 29), evidenciando la existencia de una deficiencia de potasio en los demás sectores del *Arboretum*. Las consecuencias de una deficiencia de potasio son hojas menos turgentes, ya que los contenidos de este elemento en las células se relacionan con la apertura y cierre de estomas. Esto puede causar la flacidez de las hojas, y como consecuencia, una mayor susceptibilidad al ataque de hongos y daños por heladas (Mengel y Kirkby, 1978). En este sentido, hualo y huala en el *Arboretum* serían las especies más afectadas, al haber presentado contenidos de potasio bajos en comparación con la Reserva Nacional Los Ruiles, lo que además coincidió con la presencia de hongos en las hojas.

Cuadro 23. Elementos mayores del análisis foliar en el *Arboretum* y Reserva Nacional Los Ruiles

Lugar	Especie	Tipo hoja	Estadístico	Elementos mayores (%)					
				N	P	N/P	K	Ca	Mg
<i>Arboretum</i>	Ruile	Hoja nueva	Media	1,34	0,07	18,33	0,44	0,68	0,28
			Máxima	1,64	0,08	21,17	0,59	0,76	0,33
			Mínima	1,20	0,06	16,25	0,35	0,55	0,24
			D.S.*	0,15	0,01	2,07	0,08	0,07	0,04
	Hoja vieja	Media	1,45	0,08	19,28	0,44	0,77	0,28	
		Máxima	1,70	0,08	21,25	0,58	0,90	0,34	
		Mínima	1,30	0,07	17,88	0,37	0,62	0,25	
		D.S.*	0,17	0,01	1,22	0,08	0,10	0,03	
	Hualo	Hoja nueva	Media	1,28	0,07	19,79	0,36	0,52	0,21
		Hoja vieja	Media	1,25	0,07	18,25	0,38	0,67	0,21
	Huala	Hoja nueva	Media	1,54	0,08	20,71	0,39	0,54	0,19
		Hoja vieja	Media	1,51	0,08	19,21	0,40	0,61	0,19
Reserva Nacional Los Ruiles	Ruile	Hoja nueva	Media	1,11	0,07	17,19	0,56	0,72	0,19
		Hoja vieja	Media	1,10	0,06	18,33	0,53	0,70	0,20
	Hualo	Hoja nueva	Media	1,09	0,06	18,17	0,48	0,82	0,25
		Hoja vieja	Media	1,15	0,07	17,74	0,49	0,83	0,25
	Huala	Hoja nueva	Media	1,26	0,07	18,00	0,49	1,03	0,21
		Hoja vieja	Media	1,35	0,08	16,88	0,59	0,93	0,23

* Desviación estándar

El contenido de calcio en las hojas nuevas del individuo de huala de la reserva en cuestión fue mayor que en el *Arboretum*, lo que podría significar una compensación por la baja absorción de nitrógeno (Schlatter, 1974).

En relación con la edad del follaje de ambas zonas, no se observaron diferencias entre hojas nuevas y de principio del período vegetativo ("hoja vieja"), excepto en el caso del calcio en las tres especies establecidas en el *Arboretum* (Cuadro 23). Al ser este elemento inmóvil, es de esperar que las hojas más antiguas tengan un mayor contenido de éste.

Los elementos menores del Cuadro 24 indican una buena nutrición de los árboles, tanto del *Arboretum* como de la Reserva Nacional Los Ruiles (Anexo 17). El boro presentó niveles bastante más bajos en los árboles de la reserva mencionada, sobre todo en ruil y hualo. Una tendencia inversa se detectó en manganeso y hierro en hualo y huala, sobre todo en esta última. El porcentaje alto de cenizas en el follaje de ambas zonas indica que las muestras fueron tomadas muy cerca del período de defoliación, ya que de otro modo los valores serían menores. Esto corrobora lo planteado anteriormente con respecto a los bajos contenidos de nitrógeno y fósforo en el follaje analizado.

Cuadro 24. Elementos menores del análisis foliar en el *Arboretum* y Reserva Nacional Los Ruiles

Lugar	Especie	Tipo hoja	Estadístico	Elementos menores (mg/kg)				Cenizas	
				Fe	Mn	Cu	Zn	B	%
<i>Arboretum</i>	Ruil	Hoja nueva	Media	87	449	6,1	26	41	3,9
			Máxima	114	617	7,0	32	44	4,0
			Mínima	67	275	4,8	22	36	3,7
			D.S.*	17	115	0,8	4	3	0,1
	Hoja vieja	Media	105	508	5,8	26	41	4,1	
		Máxima	156	686	6,7	33	44	4,4	
		Mínima	76	342	5,1	22	37	3,8	
		D.S.*	28	120	0,6	4	3	0,2	
	Hualo	Hoja nueva	Media	111	185	4,1	25	26	2,5
		Hoja vieja	Media	108	270	4,0	31	28	3,1
	Huala	Hoja nueva	Media	91	168	4,6	31	25	2,5
		Hoja vieja	Media	120	270	5,1	36	29	2,8
Reserva Nacional Los Ruiles	Ruil	Hoja nueva	Media	113	567	4,0	19	21	4,3
		Hoja vieja	Media	86	542	4,0	19	20	4,3
	Hualo	Hoja nueva	Media	120	519	4,3	30	11	4,0
		Hoja vieja	Media	142	524	4,1	32	13	4,1
	Huala	Hoja nueva		219	539	4,4	30	23	4,9
		Hoja vieja		294	607	5,5	31	18	4,5

* Desviación estándar

En cuanto a la edad del follaje, se notaron en general mayores contenidos de hierro y manganeso en las hojas más antiguas que en las nuevas, lo que es esperable en elementos poco móviles, como es el caso de estos dos.

En los resultados llaman la atención los niveles bajos de varios elementos, tanto en el *Arboretum* como en la Reserva Nacional Los Ruiles, como son el nitrógeno, fósforo y los menores contenidos de boro en la reserva mencionada. Esta situación podría significar que estas especies no demandan cantidades mayores de estos elementos. Sin embargo, en el *Arboretum* coincidieron bajos niveles de algunos elementos en el follaje y en el suelo, como el fósforo y el potasio, lo que se relacionó con una menor altura de los árboles. El contenido más bajo de nitrógeno en el follaje y en el suelo en hualo y huala en el *Arboretum*, con respecto a la especie ruil y los ejemplares en la Reserva Nacional Los Ruiles, fue agravado por la alta competencia con malezas por este elemento, sobre todo en el caso de huala.

4.7 Manejo

La Isla Teja ha estado densamente poblada desde el siglo XVII, y por lo tanto desde esa época existe actividad del hombre en el sector (Düsterhöft, 2003).

Anterior a las plantaciones de las especies en estudio del *Arboretum*, el área estuvo cubierta por un núcleo denso de pino pinaster rodeado de eucalipto, estando el lugar en que se encuentra la parcela ruil 1 principalmente cubierto por malezas herbáceas y leñosas. En el verano 1995-1996 el área se cosechó con bueyes y se quemaron los desechos. Esto se evidencia con la presencia de carbón en los horizontes superficiales del suelo y tocones quemados. Posteriormente no se realizó ningún tratamiento al suelo.

En julio de 1996 se plantaron en el área los individuos 1/0 de ruil, hualo y huala con los antecedentes presentados en el Cuadro 4. Las tres especies fueron plantadas con un espaciamiento de 2x2 m en un hoyo cuidadosamente cavado para no impedir el normal desarrollo de las raíces, lo que se corroboró al momento de extraer dos individuos para analizar su raíz. Sólo algunos de los sectores se encontraban protegidos de la excesiva radiación solar al momento de establecer la plantación, lo que pudo haber sido decisivo en el desarrollo inicial de ruil. Por ejemplo, el buen desarrollo de los árboles en la parcela 1 coincidió con que ésta estaba protegida en su límite norte y oeste por coihues, alcanzando los primeros más de 30 m de altura. En un censo realizado el año 2000 se determinó que de las plantas de ruil sobrevivió un 85,3%, mientras que hasta fines de 2002 hualo y huala contaban con 67,7% y 77,1% de las plantas originales, respectivamente.

En cuanto a tratamientos, periódicamente se realiza un desmalezado mecánico en las plantaciones, evitando que el desarrollo de los árboles sea limitado por la sombra excesiva de otra vegetación. Esto fue corroborado en terreno durante el período de toma de datos para el presente trabajo en algunos de los sectores plantados con ruil y en el grupo de árboles de hualo. Sin embargo, en el lugar de huala y el sector de la

parcela ruil 4 los árboles estaban siendo notoriamente afectados por la presencia de malezas arbustivas, las que sobre todo sobrepasaban el tamaño de las hualas.

Otro aspecto importante es que en el caso de ruil se efectuaron podas de corrección fustal durante el desarrollo de las plantas, aplicándose luego un fungicida en las heridas.

En general, el manejo de las especies en el *Arboretum* ha sido también gravitante en el desarrollo de ellas, ya que el deficiente control de malezas en algunos sectores afectó claramente el normal desarrollo de los árboles, retrasando su crecimiento y haciéndolos menos vigorosos y menos resistentes a otras condiciones adversas. A esto se suma la posibilidad de que las plántulas de ruil hayan estado sometidas a estrés por un exceso de radiación solar al momento de establecer las plantaciones en los sectores más expuestos, ya que esta especie necesita una condición de semisombra los primeros años de desarrollo.

4.8 Diagnóstico integral

El análisis efectuado en los capítulos anteriores indica que, en primer lugar, las plantaciones de ruil, hualo y huala en el *Arboretum* se encuentran en un clima distinto del de su rango de distribución natural. Esto conlleva a una mayor susceptibilidad de los árboles a otras condiciones desfavorables, como son limitaciones en el suelo, ataque de patógenos y competencia interespecífica.

El segundo factor que afectó el desarrollo de las plantaciones es el régimen de elementos nutritivos del suelo. De acuerdo a los modelos de demanda nutritiva esquematizados por Schlatter *et al.* (1997), las plantaciones que analizó este estudio se encontraban en una etapa de desarrollo en que están expandiendo su copa y su masa de raíces, pero aún no reincorporaban suficiente biomasa a través de la hojarasca para autoabastecerse de nutrientes. Por esto, dependían principalmente de la oferta que les proporcionaba el suelo para acumular la cantidad de nutrientes necesaria en su biomasa, y así la insuficiente disponibilidad de algunos nutrientes en el suelo fue, en ese momento, de un efecto mayor que en etapas de desarrollo posteriores. Por otro lado, la proporción de aluminio intercambiable en la zona de Valdivia es muy superior a la del lugar de origen de las especies (Gerding, 1991), constituyendo una de las principales limitantes para el desarrollo de las especies.

Lo discutido en el párrafo anterior fue agravado localmente por la compactación del suelo y la competencia radicular con malezas, las que ocupaban el mismo estrato de suelo. Las malezas constituían además una competencia por luz y espacio para los árboles objetivo, afectando su vigor (Gerding y Schlatter, 1988). Esto indica que el manejo de las especies ha sido gravitante en el desarrollo de ellas, caracterizándose por un insuficiente control de malezas en algunos sectores. Por ello, es recomendable realizar un control de malezas durante el establecimiento y hasta el cierre de copas de la plantación, según sus características y requerimientos.

El análisis químico del follaje indicó que en general las plantas en el *Arboretum* se encontraban bien nutridas. Aún así se detectaron niveles bajos de algunos elementos en el follaje en coincidencia con una oferta limitada en suelo. Un adecuado manejo nutritivo vigorizaría a las plantas que no están en su clima óptimo (Gerding y Schlatter, 1988).

Lo anterior se manifiesta con daños sanitarios y bajo vigor en las especies en cuestión. A pesar de esto, ruil presentó buenos crecimientos en más del 50% de los individuos, además de un mayor vigor que en hualo y huala, aunque observó limitaciones edáficas más restrictivas que en estas dos últimas especies. De esto se puede inferir que en general ruil está más adaptado a la zona que hualo y huala.

5. CONCLUSIONES

- El clima de Valdivia es muy diferente al de la zona de distribución natural de las especies ruil, hualo y huala, particularmente por un régimen hídrico de mucho mayor humedad (índice de humedad anual de 2,5 a 3,0 en Valdivia y de 0,6 a 0,8 en Empedrado), un régimen de temperaturas más frío (aproximadamente 1,0 a 2,0° C menor, en promedio), y en heladas más frecuentes y más pronunciadas.
- El suelo analizado en el *Arboretum* presenta buenas características físicas, con excepción de efectos de compactación muy localizados producidos por un intenso uso anterior. Su régimen de elementos nutritivos se ve limitado por un alto nivel de aluminio extraíble y una saturación de aluminio que supera el 30% en algunos casos, una baja suma de bases e insuficiencias de fósforo y potasio.
- Las tres especies estudiadas presentaron crecimientos muy irregulares, sin embargo, más del 50% de los ruiles y casi el 30% de los hualos fueron comparables con buenos incrementos de otras especies del mismo género.
- La calidad y vigor de los árboles indicaron que éstos se encontraban bajo estrés, al presentar muchos de ellos mala forma, problemas sanitarios en los fustes, bajo vigor de copa y ataque de patógenos en el follaje.
- El crecimiento muy heterogéneo de ruil en el *Arboretum*, indica que el clima valdiviano es marginal para esta especie, aunque se encontró más adaptada en comparación con hualo y huala. Le sigue en importancia la alta saturación de aluminio del suelo en algunos sectores, que es mucho mayor que en los suelos de la VII Región, como también la deficiencia de fósforo y potasio, relacionándose sobre todo los contenidos de este último elemento directamente con el crecimiento en altura de los árboles. Las deficiencias mencionadas fueron agravadas por la compactación local del suelo superficial y la presencia de malezas, que en algunos sectores fue considerable. Además, la especie puede haber sufrido de insolación durante los primeros años de establecimiento.
- El pobre desarrollo de más del 50% de los individuos de hualo en el *Arboretum* estuvo determinado por el clima de la zona, siendo la alta humedad ambiental un factor restrictivo para la especie. El suelo no presenta limitaciones físicas (compactación) ni nutritivas tan marcadas, excepto en los niveles críticos de disponibilidad de fósforo. Tampoco hubo una competencia excesiva con malezas.
- Las malas condiciones de huala en el *Arboretum* indicaron que la especie está desadaptada al clima valdiviano, acentuándose el mal crecimiento con la alta competencia que ejercían las malezas, tanto a nivel de copas como a nivel radicular. El suelo bajo huala se presenta en general con mejores condiciones que en los demás sectores, pero con una marcada deficiencia en la disponibilidad de fósforo.

- En general, el clima no favorece a ruil, hualo y huala en Valdivia, siendo las últimas dos las menos adaptadas. Aún así, las tres especies pueden ser conservadas en la zona, siempre y cuando se manejen y controlen adecuadamente todos los factores manipulables del sitio. Mejorar las condiciones físicas y químico-nutritivas del suelo y controlar rigurosamente la competencia con malezas son actividades que son necesarias de realizar para mantener sanas a estas especies.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez V., J. E. 1999. Niveles de fertilidad de los suelos; comparación entre plantaciones y cubiertas arbóreas nativas. CORMA (Temas técnicos N°268) pp. 25-27
- Del Fierro, P.; L. Pancel. 1998. Experiencia silvicultural del Bosque Nativo de Chile; Recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silviculturales. Santiago (Chile), Publicaciones Lo Castillo. 420 p.
- Donoso, C. 1972. Análisis taxonómico y distribución de las especies caducifolias del género *Nothofagus* en la zona central de Chile. Tesis Ing. For. Santiago, Universidad de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 145 p.
- Donoso, C.; L. R. Landrum. 1976. *Nothofagus leoni*: Hibridación e introgresión en poblaciones de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus glauca*. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 29 p. (Boletín Técnico, 36)
- Donoso, C.; L. R. Landrum. 1979. *Nothofagus leoni* Espinosa, a natural hybrid between *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. and *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. New Zeland J. of Botany 17(1): 353-360
- Donoso, C. 1982. Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. Bosque 4(2): 117-146
- Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina; variación, estructura y dinámica. 2 ed. Santiago (Chile), Editorial Universitaria. 484 p.
- Donoso, P. 1988. Caracterización, crecimiento y proposiciones silviculturales para comunidades de *Nothofagus* en el área de protección Radal 7 Tazas, VII región. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 102 p.
- Düsterhöft, H. 2003. Biomasse eines Mischwaldbestandes in Valdivia, Chile. Diplomarbeit, FB Forstwirtschaft und Umweltmanagement der FH Hildesheim/Holzminden/Göttingen. 72 p.
- Fuenzalida, H. P. 1966. Climatología. Capítulo III. In: Corporación de Fomento de la Producción; Ministerio de Economía. Geografía económica de Chile; Primer apéndice. Santiago, Chile, Editorial Universitaria. pp.31-44
- Garrido G., F.; E. Landaeta S. 1983. Algunos antecedentes acerca del Ruil. Ciencias Forestales 3(1): 3-20
- Gerding, V. 1991. *Pinus radiata*- Plantagen in Zentralchile: Standortfaktoren der Produktivität und Nährstoffverteilung in Beständen. Diss. Forstwiss. Fak. Georg-August Universität zu Göttingen. 181 p.

- Gerding, V.; J. E. Schlatter. 1988. Fertilización para el establecimiento de *Pinus radiata* D. Don. en Valdivia; Evaluación al quinto año. Informe de convenio N° 146. Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. Valdivia (Chile). 66 p. (Serie técnica)
- Huber, H. 1995. El *Arboretum* de la Universidad Austral de Chile: área de investigación y educación forestal. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 79 p.
- Ibarra, M.; M. Peralta. 1980. Relaciones suelo-asociación forestal en la cuenca de abastecimiento del embalse Digua. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 46 p. (Boletín Técnico, 62)
- Lara, A.; C. Donoso; J. C. Aravena. 1996. La conservación del Bosque Nativo en Chile: Problemas y desafíos. Capítulo 18. *In*: Armesto, J. J.; C. Villagrán; M. K. Arroyo. Ecología de los Bosques Nativos de Chile. Santiago (Chile), Editorial Universitaria. pp. 335-362
- Lara, A.; C. Echeverría; C. Donoso. 2000. Guía de ensayos silviculturales permanentes en los Bosques Nativos de Chile. Valdivia (Chile), LOM Ediciones. 244 p.
- Le-Quesne, C.; L. Sandoval. 2001. Extensión del límite sur para *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. *Gayana* 58(2): 139-142
- Litton, C.; R. Santelices. 1996. Comparación de las comunidades vegetales en los bosques de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser en la Séptima Región de Chile. *Bosque* 17(2): 77-86
- Mengel, K.; E. A. Kirkby. 1978. Principles of Plant Nutrition. Bern (Suiza), Der Bund. 593 p.
- Ormazabal P., C.; I. Benoit C. 1987. El estado de conservación del género *Nothofagus* en Chile. *Bosque* 8(2): 109-120
- Rodríguez, R.; O. Matthei; M. Quezada. 1983. Flora arbórea de Chile. Concepción (Chile), Editorial de la Universidad de Concepción. 408 p.
- Roloff, A. 1993. Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemässigten Breiten. Frankfurt (Alemania), Mylet Druck. 258 p.
- San Martín, J.; C. Donoso. 1996. Estructura florística e impacto antrópico en el Bosque Maulino de Chile. Capítulo 8. *In*: Armesto, J. J.; C. Villagrán; M. K. Arroyo. Ecología de los Bosques Nativos de Chile. 1 ed. Santiago (Chile), Editorial Universitaria. pp. 153-168

- Santibáñez, F.; J. M. Uribe. 1993. Atlas agroclimático de Chile; Regiones Sexta, Séptima, Octava y Novena. Santiago (Chile), Editorial Universitaria. 99 p.
- Schlatter, J. E. 1974. Ökologische Problematik beim Anbau von Nadelholzreinbeständen am Beispiel einer Literaturübersicht über *Pinus radiata* und experimentellen Untersuchungen an *Picea abies*. Diss. Forstwiss. Fak. Georg-August Universität zu Göttingen. 224 p.
- Schlatter, J. E.; V. Gerding; H. Huber. 1995. Sistema de ordenamiento de la tierra; Herramienta para la planificación forestal aplicada a la X Región. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. Forestales. Valdivia (Chile). 93 p. (Serie técnica)
- Schlatter, J. E.; R. Grez; V. Gerding. 1997. Fertilización forestal; Curso corto de postítulo. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. Forestales. 166 p.
- Schlatter, J. E.; R. Grez; V. Gerding. 2003. Manual para el reconocimiento de suelos. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. Forestales. 114 p.
- Schlegel, F. 1985. Arboreto. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Editorial Imprenta América Ltda. 22 p.
- Sinclair, W. A.; H. H. Lyon; W. T. Johnson. 1987. Diseases of trees and shrubs. Ithaca (Japón), Comstock publishing associates. 574 p.

ANEXOS

ANEXO 1

Abstract and Keywords

ABSTRACT AND KEYWORDS

A diagnosis of the growth of *Nothofagus alessandrii* (ruil), *Nothofagus glauca* (hualo) and *Nothofagus leonii* (huala), established in 1996 *ex-situ* in the *Arboretum* of the Universidad Austral de Chile in Valdivia (Teja island), was carried out to evaluate their present development and projection.

The site in Valdivia was analyzed as a combination of climate, soil and species. The growth data were evaluated with descriptive statistics, and part of them were associated with sanitary variables by means of a Ji^2 test. A physical and chemical analysis of the soil and the nutritive status of the foliage were determined and the presence of accompanying species and weeds was characterized. Also, foliage samples of trees from the National Reserve Los Ruiles were analyzed, as a complement to the data from Valdivia.

The results indicate that the climate in the *Arboretum* is marginal for ruil, hualo and huala, very moist and mostly colder than in his natural distribution range. This marginal condition in Valdivia makes that the trees be more susceptible to other unfavorable factors.

The growth of the species is very heterogeneous, however, those trees with larger dimensions show excellent comparative growth. The quality, stem sanity and vigor analysis show that there are a lot of forked ruils and bush shaped hualos and hualas. A lot of ruils have also protuberances on their stem. The low vigor of the crown is related to the low growth in height. In general, the foliage of the trees has a good nutrient level, especially in relation to microelements. But, in the *Arboretum*, as in the National Reserve Los Ruiles, exist low levels of some elements, like nitrogen and phosphorus. Also lower quantities of boron were determined in the Reserve. One factor that determines the poor growth of some groups of trees in the *Arboretum* is the weed competition, fundamental agent in the development of the trees, and whose management was characterized by an insufficient control.

In general, the soil presents good qualities in the *Arboretum*, even better than in the Reserve. Local compacted soil in the *Arboretum* could be related to the lower height of some trees. The acid pH, low levels of bases, poor potassium and phosphorus availability, and the high aluminum saturation, affect the vigor and sanitary of the trees. Observed necrotic stains on the foliage of the three species are related to biotic agents in the case of hualo and huala.

Although the species in some places show an irregular development, they can develop as normal trees in this site conditions. But this marginal site conditions in Valdivia makes the trees more susceptible to stress, accusing any local variation. It is necessary to manage the tree stands and the soil conditions to reduce this risks.

Keywords: *Nothofagus*, *Ex-situ* conservation, integrative diagnosis, state of development.

ANEXO 2

Datos climáticos de la Estación Isla Teja de la Universidad Austral de Chile

Datos climáticos de la Estación Isla Teja (UACH)
Ubicación geográfica: 39°39' S y 74°14' O; Isla Teja (9 m s.n.m.)

	Temperatura máxima mensual (°C)								Media mensual (°C)
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Enero	23.20	23.00	23.70	26.50	22.70	21.80	24.40	22.30	23.45
Febrero	23.10	23.00	27.00	23.80	22.10	23.50	24.80	22.60	23.74
Marzo	22.00	23.70	22.50	20.90	20.10	20.80	19.70	23.80	21.69
Abril	16.90	19.00	19.10	18.20	16.80	16.40	17.00	18.10	17.69
Mayo	14.80	15.40	16.20	14.10	14.60	14.00	14.20	14.50	14.73
Junio	9.40	12.60	12.10	10.90	12.00	11.30	11.30	13.00	11.58
Julio	12.70	12.40	11.90	10.80	11.30	11.50	11.30	11.80	11.71
Agosto	13.30	13.60	13.90	14.10	13.80	13.90	12.80	14.00	13.68
Septiembre	16.80	15.50	15.70	14.70	14.10	16.30	14.40	14.60	15.26
Octubre	17.70	16.20	19.00	19.80	18.70	18.80	15.90	16.90	17.88
Noviembre	19.00	19.10	19.90	20.80	18.80	18.80	18.30	19.30	19.25
Diciembre	22.20	21.70	22.70	22.20	21.00	23.00	21.20	19.60	21.70
Media anual	17.59	17.93	18.64	18.07	17.17	17.51	17.11	17.54	

	Temperatura mínima mensual (°C)								Media mensual (°C)
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Enero	10.10	11.70	10.40	12.10	10.80	10.80	12.10	11.10	11.14
Febrero	10.20	9.60	12.00	11.10	11.00	11.40	11.50	10.50	10.91
Marzo	10.10	10.30	9.50	10.10	8.80	9.20	9.80	10.90	9.84
Abril	6.90	9.60	8.00	7.90	8.60	7.60	8.00	7.10	7.96
Mayo	6.70	8.20	9.70	6.80	7.30	7.20	8.00	7.10	7.63
Junio	9.40	6.60	6.40	4.60	6.60	6.30	4.40	7.40	6.46
Julio	5.70	6.10	5.50	3.80	4.00	5.00	5.40	4.90	5.05
Agosto	6.10	5.00	5.00	6.10	5.30	5.70	7.10	4.80	5.64
Septiembre	5.40	5.80	4.50	6.90	4.90	6.40	6.50	6.80	5.90
Octubre	7.40	6.90	6.80	7.20	7.70	8.10	7.20	7.40	7.34
Noviembre	8.40	9.00	7.90	9.30	8.20	7.90	8.70	10.30	8.71
Diciembre	10.80	10.30	10.60	10.20	9.70	11.50	9.80	9.10	10.25
Media anual	8.10	8.26	8.03	8.01	7.74	8.09	8.21	8.12	8.07

	Temperatura media mensual (°C)								Media mensual (°C)
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Enero	16.30	16.80	16.90	19.00	16.70	16.20	18.00	16.80	17.09
Febrero	15.90	15.70	18.80	16.80	16.10	17.00	17.60	16.00	16.74
Marzo	15.40	16.10	15.20	14.60	13.80	14.40	13.80	16.60	14.99
abril	11.00	13.60	12.70	12.20	12.00	11.30	11.70	11.60	12.01
Mayo	12.50	11.00	12.40	9.70	10.30	10.10	10.70	10.10	10.85
Junio	5.40	9.10	8.80	7.30	8.90	8.60	7.20	10.00	8.16
Julio	8.70	8.80	8.30	6.90	7.10	7.80	7.90	7.60	7.89
Agosto	9.10	8.30	8.80	9.50	8.80	9.10	9.60	8.80	9.00
Septiembre	10.30	10.10	9.50	10.20	8.80	10.60	9.60	10.00	9.89
Octubre	11.80	11.20	12.40	12.80	12.50	13.00	11.70	11.60	12.13
Noviembre	13.30	13.80	13.70	14.70	13.20	13.40	13.80	14.30	13.78
Diciembre	16.30	15.80	16.60	16.20	15.30	17.90	15.90	14.30	16.04
Media anual	12.17	12.53	12.84	12.49	11.96	12.45	12.29	12.31	

	Pluviometría mensual (mm)								Media anual (mm)
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Enero	28.8	67.2	23.9	30.0	31.7	143.0	36.7	46.0	50.9
Febrero	51.2	112.8	6.5	45.9	219.0	39.6	90.2	31.0	74.5
Marzo	108.7	8.8	45.6	109.2	84.2	76.6	269.0	65.5	96.0
Abril	141.4	256.5	127.3	45.9	145.5	97.6	169.3	124.7	138.5
Mayo	287.0	238.1	195.7	244.4	181.9	361.2	370.7	154.3	254.2
Junio	124.1	557.3	230.6	421.2	934.8	417.1	353.4	559.9	449.8
Julio	208.4	494.5	244.5	244.9	333.1	588.3	319.3	332.5	345.7
Agosto	288.1	259.9	266.2	454.6	239.0	261.6	391.5	226.4	298.4
Septiembre	71.9	176.5	110.0	265.4	214.9	107.3	236.7	296.4	184.9
Octubre	122.5	233.9	27.4	45.8	133.1	54.8	504.7	183.1	163.2
Noviembre	109.3	145.9	56.8	105.4	125.8	94.1	287.1	164.8	136.2
Diciembre	32.0	64.8	59.1	67.3	70.3	9.5	111.6	120.4	66.9
Total anual	1573.4	2616.2	1393.6	2080.0	2713.3	2250.7	3140.2	2305.0	

	Número de días con heladas por mes							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	2	0	0	0
Abril	5	4	1	5	2	4	0	0
Mayo	12	5	0	5	0	6	1	2
Junio	17	10	4	11	5	5	11	6
Julio	10	11	7	15	14	13	7	8
Agosto	9	13	14	7	13	10	5	11
Septiembre	12	7	17	3	10	4	6	4
Octubre	2	7	10	5	1	4	3	4
Noviembre	5	0	7	0	4	1	1	0
Diciembre	0	0	1	1	6	0	0	0
TOTAL	72	57	61	52	57	47	34	35

ANEXO 3

Guía para el diagnóstico integrado de una plantación forestal (Gerding y Grez, 1996)

GUÍA PARA EL DIAGNÓSTICO		
I CLIMA		
MACROCLIMA	CLIMA LOCAL	
Ubicación geográfica	Precipitaciones: variación por elevación, exposición	
Precipitaciones anuales	Temperaturas: variación por elevación, exposición	
Distribución estacional de precipitaciones	Índices de humedad anual y estival	
Período seco	Heladas: período libre, intensidad, frecuencia	
Temperatura promedio anual	Granizo, Nieve, Viento, Neblina	
Temperaturas máximas y mínimas mensuales	METEOROLOGÍA RECIENTE	
Heladas anuales	Precipitaciones	
Radiación solar	Heladas, Granizo, Nieve	EPOCA DEL AÑO
Longitud período vegetativo	Viento	Fecha

II VEGETACIÓN		
MALEZAS	VEGETACIÓN ACOMPAÑANTE	COMPETENCIA INTRAESPECÍFICA
Especies	Tipo	Tamaño
Tamaño	Tamaño, Densidad	Densidad
Densidad	Indicadora	

III GEOMORFOLOGÍA
PAISAJE
Forma del terreno
Posición fisiográfica
Ubicación en el relieve
Forma de la ladera
Forma del contorno
Pendiente
Elevación
Exposición

IV SUELO		
TIPO DE SUELO	USO ANTERIOR	EROSIÓN
Material de Origen	Tipo	Manto
Grado de evolución	Intensidad	Surcos
	Duración	Cárcavas
	Alteraciones	
VOLUMEN ARRAIGABLE		
Profundidad: fisiológica, de raíces, de desarrollo, total		
Pedregosidad		
Napa freática, otros limitantes		

RÉGIMEN DE AIRE
Drenaje interno
Napa freática
Moteados
Concreciones
Color
Capacidad de aire

RÉGIMEN DE AGUA
Drenaje externo
Napa freática
Moteados
Concreciones
Color
Estructura
Textura
CAA

RÉGIMEN DE CALOR
Profundidad total
Pedregosidad, Roccosidad
Napa freática
Materia orgánica
Textura

RÉGIMEN DE ELEMENTOS NUTRITIVOS
Material de origen y evolución
Profundidad horizonte A
Contenido Materia orgánica
pH
Macroelementos: N, P, K, Ca, Mg, S
Microelementos: B, Cu, Zn, Mn, Fe, Mo, Cl
Toxicidad: Al, otros
Concentraciones
Proporciones

V ÁRBOLES	
ESPECIE, PROCEDENCIA, VARIEDAD, CLON, EDAD, POSICIÓN SOCIOLÓGICA	
COMPATIBILIDAD CLIMÁTICA	
COMPATIBILIDAD EDÁFICA	
SÍNTOMAS VISUALES	ANÁLISIS FOLIAR
Follaje	Follaje actual
Brotos	Follaje antiguo
Ramas	Macroelementos
Fuste	Microelementos
Raíces	Concentraciones
	Proporciones

VI MANEJO

Roce
Quema
Herbicida
Biodicidas
Ganadería
Maquinaria
Arado
Subsolar
Riego
Drenaje
Cubiertas
Fertilización
Biodicidas
Intervenciones silviculturales

GUÍA PARA ANALIZAR SÍNTOMAS VISUALES EN EL ÁRBOL Y EN EL RODAL

EPOCA DE AÑO Fecha	ESPECIE, PROCEDENCIA, VARIEDAD, CLON. EDAD, POSICIÓN SOCIOLÓGICA
------------------------------	---

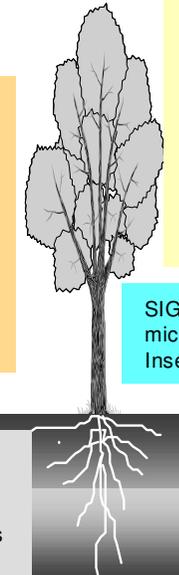
OBSERVACIÓN DE LA MORFOLOGÍA: Tamaño, Forma, Color, Nitidez, Textura, Ubicación, Grado de desarrollo, Intensidad
DISTRIBUCIÓN DE SÍNTOMAS: Aleatorio, sistemático, total, parcial

COPA Porción apical, media, basal, Total Orientación cardinal Posición sociológica	YEMAS Florales Vegetativas	BROTOS Principal 2º, 3º orden Otro Todos	HOJAS Edad: año 0-1 año 1-2 año 2-3 otra, Todas
RAMAS Principales 2º, 3º orden Otro, Todas	FLORES FRUTOS SEMILLAS	Ubicación en la rama: Sección apical, media, basal, Total	

FUSTE Sección apical, media, basal, Total Orientación cardinal	Ubicación en la hoja: Sección apical, media, basal, Total Nervadura, Intercoastal Borde, Centro Haz, Envés Interior, Exterior
---	--

CORTEZA Exterior, Interior
MADERA Cambium, anillos, albura, duramen

CUELLO
RAICES Principal, Secundarias Raicillas Superficiales, Profundas Todas



SIGNOS: Hongos, hifas, micelio, cuerpos fructíferos
Insectos, larvas, Otros

RODAL
Distribución de síntomas:
Por todo el rodal - en algunas partes del rodal;

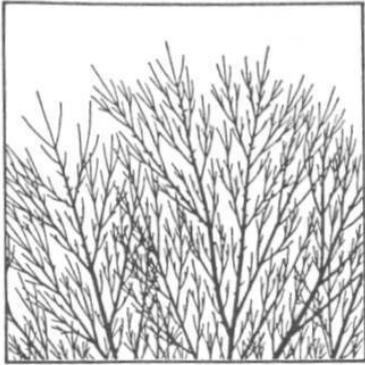
Sistemática, aleatoria, en manchas, grupos de árboles, árboles individuales, según la edad o estado de desarrollo, según la topografía, según vecindad con otros rodales;
Según propietario, empresa, encargado o contratista;
Igual intensidad en todos los árboles afectados - distintos grados de intensidad;
Igual grado de evolución - distintos grados de evolución

Victor Gerding
Instituto de Silvicultura,
UACH

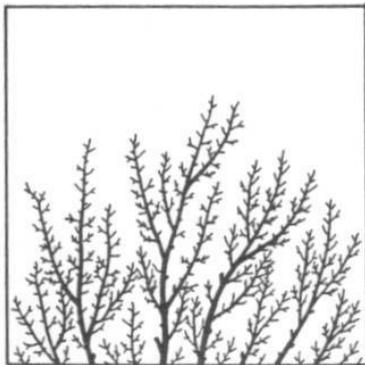
Victor Gerding,
Instituto de Silvicultura, UACH

ANEXO 4

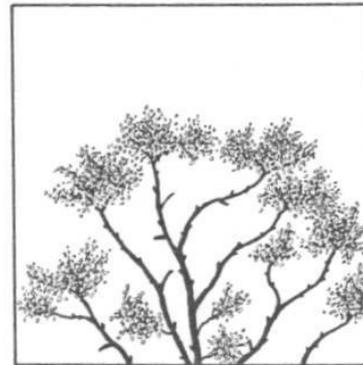
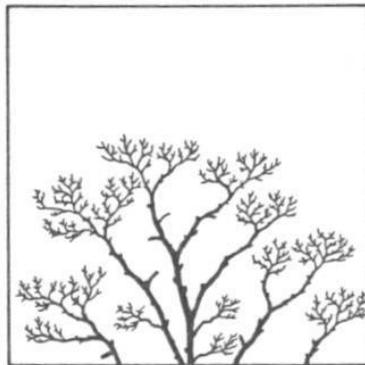
Pauta para la determinación de vigor de los árboles (Roloff, 1993)



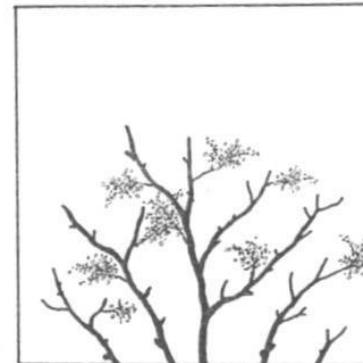
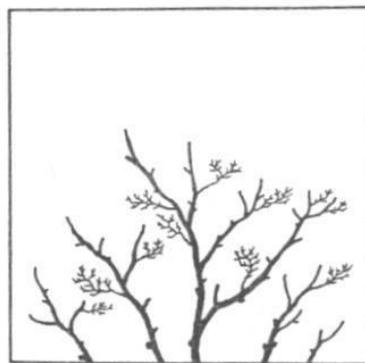
0 = Fase de exploración



1 = Fase de degeneración



2 = Fase de estancamiento



3 = Fase de resignación

ANEXO 5

Métodos para la determinación de las variables del análisis químico de suelo y follaje

Variables del análisis químico de suelos

Variable	Técnicas analíticas utilizadas
pH H ₂ 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	Disponible o extracto Olsen, determinación colorimétrica
Al, Fe, Mn, Cu, Zn (ppm), Ca y Mg (ppm y meq/100g)	En extracto acetato de amonio a pH 4,8-DTPA, determinación por absorción atómica
Na y K (ppm y meq/100g)	En extracto acetato de amonio a pH 4,8-DTPA, determinación por emisión atómica
B (ppm)	En extracto CaCl ₂ 0,15 % a ebullición 5 minutos, determinación colorimétrica
S (ppm)	Sulfato en extracto fosfato de calcio, determinación turbidimétrica
Al-KCl	En extracto KCl 1 M

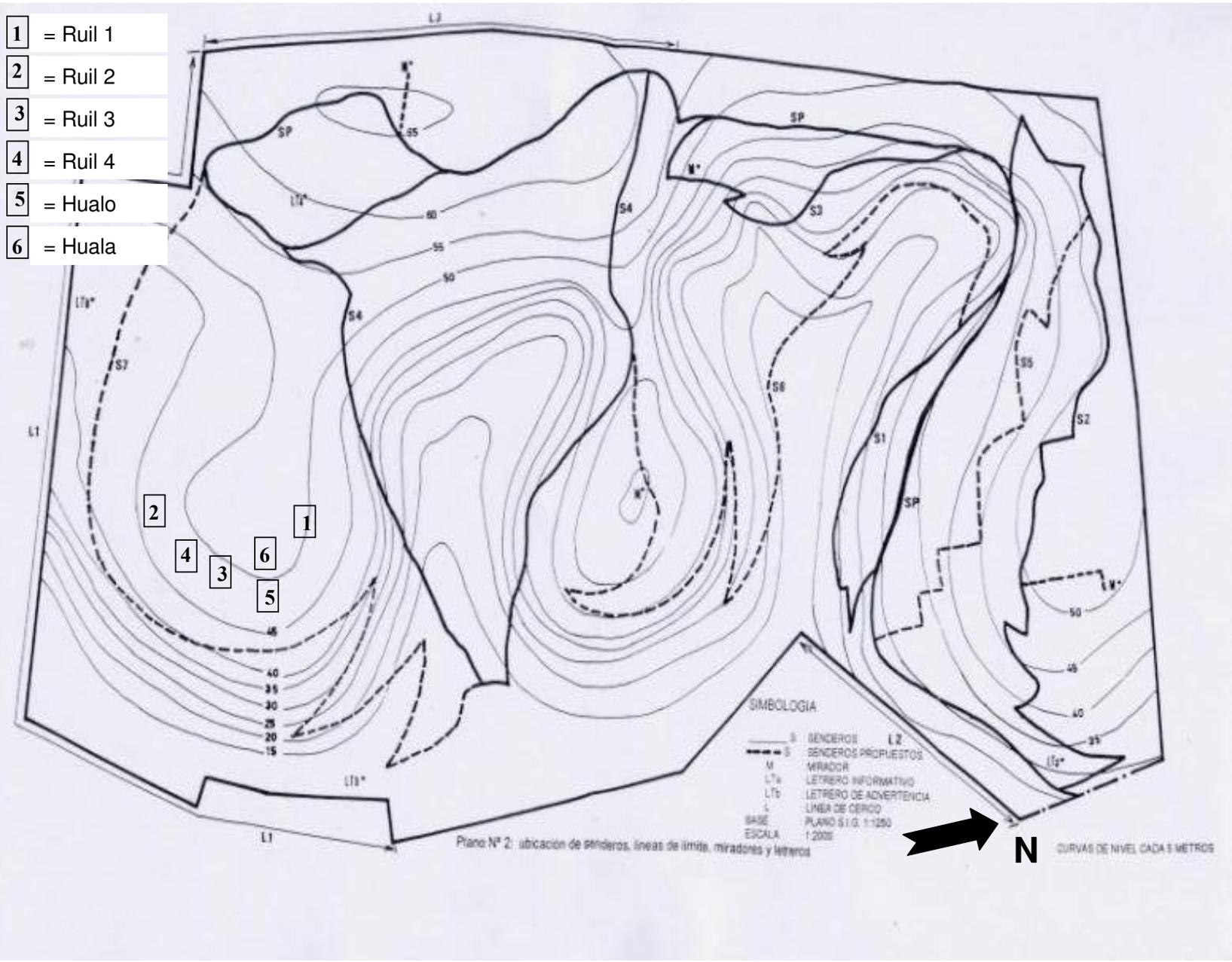
Variables del análisis químico de follaje

Variable	Técnica analítica utilizada
N (%)	Extracción Kjeldahl, determinación colorimétrica
P (%) y B (ppm)	Calcinación a 500°C por 7 h y extracción con HCl 10 %, determinación colorimétrica
K (%)	Calcinación a 500°C por 7 h y extracción con HCl 10 %, determinación por emisión atómica
Ca y Mg (%), Fe, Mn Cu y Zn (ppm)	Calcinación a 500°C por 7 h y extracción con HCl 10 %, determinación por absorción atómica

ANEXO 6

Mapa del *Arboretum* (UACH) y ubicación de las parcelas establecidas

- 1** = Ruil 1
- 2** = Ruil 2
- 3** = Ruil 3
- 4** = Ruil 4
- 5** = Hualo
- 6** = Huala



Plano N° 2: ubicación de senderos, líneas de límite, miradores y letreos

SIMBOLOGIA

— S	SENDEROS	L2
- - - S'	SENDEROS PROPUESTOS	
M	MIRADOR	
L1a	LETREO INFORMATIVO	
L1b	LETREO DE ADVERTENCIA	
L	LÍNEA DE CERCO	
BASE	PLANO S.I.G. 1:1250	
ESCALA	1:2000	

N CURVAS DE NIVEL CADA 5 METROS

ANEXO 7

Características dasométricas de las especies (formularios de terreno),
Arboretum (UACH)

Información dasométrica de ruil, *Arboretum* (UACH)

Ruil 1

Árbol	DAP (cm)	HT (m)*	P. S.**	Forma	Sanidad fuste	Vigor
1	7.00	6.75	C	1	1	0
2	8.00	7.75	D	2	1	0
3	9.00	7.75	D	2	3	0
4	10.75	9.50	D	1	3	0
5	10.75	8.70	D	2	3	0
6	11.00	7.25	D	3	3	0
7	9.25	8.50	D	1	3	0
8	7.50	7.25	D	1	2	1
9	7.00	7.50	C	2	3	0
10	10.00	9.50	D	1	3	0
11	12.00	8.70	D	1	1	0
12	8.75	8.00	D	2	1	1
13	10.00	8.50	D	1	3	0
14	6.50	7.25	D	2	3	0

Ruil 3

Árbol	DAP (cm)	HT (m)*	P. S.**	Forma	Sanidad fuste	Vigor
1	7.75	5.75	D	1	2	0
2	5.00	5.00	D	2	1	1
3	3.75	5.00	D	1	1	1
4	3.75	4.30	D	1	1	1
5	4.75	5.00	D	1	1	1
6	4.50	5.30	D	3	1	1
7	5.50	5.20	D	3	1	0
8	5.25	4.50	D	3	2	0
9	7.50	5.80	D	1	1	0
10	6.00	4.60	D	1	1	0
11	3.50	4.00	C	1	1	1
12	7.00	5.70	D	2	2	0
13	5.00	5.60	D	1	1	1
14	5.00	4.30	D	3	1	0

Ruil 2

Árbol	DAP (cm)	HT (m)*	P. S.**	Forma	Sanidad fuste	Vigor
1	7.00	6.25	D	3	3	0
2	11.50	7.50	D	1	3	0
3	10.00	6.75	D	1	3	0
4	7.25	6.50	C	1	2	0
5	7.00	6.00	C	1	2	0
6	8.75	7.25	D	3	3	0
7	6.50	6.25	C	3	3	0
8	9.00	6.00	C	3	3	0
9	4.00	5.00	I	1	3	0
10	9.50	7.00	D	1	1	1

Ruil 4

Árbol	DAP (cm)	HT (m)*	Forma	Sanidad fuste	Vigor
1	7.00	5.50	1	1	1
2	4.50	4.00	1	2	1
3	6.00	4.25	1	1	1
4	4.00	4.30	1	1	1
5	4.00	4.40	1	1	1
6	2.00	3.00	-	-	3
7	2.00	3.00	3	1	2
8	2.50	2.50	1	1	2
9	5.50	4.30	1	2	0
10	3.50	4.00	1	1	1
11	3.00	4.20	3	1	1
12	5.00	4.70	1	1	0

Información dasométrica de hualo, *Arboretum* (UACH)

Árbol	DAP (cm)	HT (m)*	Forma	Sanidad fuste	Vigor
1	5.00	4.50	1	1	1
2	9.50	5.50	1	1	0
3	6.00	4.80	1	1	0
4	6.00	4.40	1	1	0
5	5.00	4.50	1	1	1
6	5.50	4.50	1	1	1
7	6.00	4.30	1	1	0
8	6.00	4.20	1	1	1
9	6.00	4.20	3	1	0
10	4.50	4.00	1	1	1
11	2.50	3.00	3	1	1
12	4.75	3.50	1	1	2
13	6.00	5.00	3	1	3
14	2.00	2.80	1	1	1
15	3.30	4.20	3	1	1
16	6.00	4.50	1	1	2
17	6.00	4.70	3	1	0
18	6.00	4.50	3	1	1
19	7.50	5.00	1	1	0
20	4.50	3.60	3	1	1
21	2.00	3.00	3	1	2
22	2.00	3.50	3	1	2
23	3.00	3.80	1	1	2
24	7.50	4.70	1	1	1
25	3.20	4.60	1	1	1
26	5.50	4.70	1	1	0
27	3.50	3.90	1	1	1
28	6.00	5.20	1	1	1
29	4.60	4.30	1	1	1
30	2.50	3.60	1	1	2
31	8.00	4.80	3	1	0
32	8.00	5.20	1	1	1
33	9.50	5.50	3	1	0
34	2.00	2.90	1	1	3
35	7.50	5.20	1	1	0

Árbol	DAP (cm)	HT (m)*	Forma	Sanidad fuste	Vigor
36	6.00	4.90	1	1	0
37	3.70	4.50	3	1	1
38	7.00	5.50	1	1	0
39	2.00	2.70	3	1	2
40	1.00	2.40	3	1	3
41	12.50	6.00	1	1	0
42	9.00	5.00	3	1	0
43	8.00	5.20	3	1	0
44	3.50	4.00	3	1	1
45	3.00	3.90	1	1	1
46	2.50	3.20	3	1	2
47	5.50	4.10	1	1	0
48	9.50	6.00	3	1	0
49	6.00	5.00	1	1	0
50	5.00	4.50	3	1	0
51	2.00	2.90	1	1	2
52	5.50	4.70	1	1	2
53	5.50	4.60	1	1	1
54	4.00	4.30	1	1	1
55	7.50	5.00	3	1	0
56	6.00	4.40	3	1	0
57	5.00	4.70	1	1	1
58	12.00	6.50	1	1	0
59	3.00	4.00	1	1	2
60	6.00	5.00	1	1	0
61	5.00	4.60	3	1	1
62	7.50	5.00	3	1	0
63	9.00	5.20	1	1	0
64	5.00	4.50	1	1	1
65	8.00	5.00	3	1	0
66	6.50	5.00	1	1	0
67	9.00	5.20	1	1	1

* Altura total

** Posición sociológica

Información dasométrica de huala, Arboretum (UACH)

Árbol	Diámetro de copa (m)			HT (m)*	Forma	Sanidad fuste	Vigor
	Mayor	Menor	Media				
1	2.00	1.50	1.75	2.00	3	1	2
2	1.90	1.50	1.70	2.60	3	1	2
3	1.60	1.60	1.60	2.10	1	1	3
4	1.80	1.65	1.73	2.70	1	1	1
5	1.20	1.00	1.10	1.90	3	1	1
6	1.40	1.35	1.38	2.30	3	1	2
7	1.50	1.30	1.40	1.90	3	1	2
8	0.90	0.80	0.85	2.30	1	1	0
9	2.80	1.70	2.25	3.60	2	1	0
10	1.40	1.10	1.25	2.40	1	1	1
11	1.70	1.60	1.65	2.10	3	1	1
12	1.10	0.75	0.93	1.70	1	1	2
13	1.35	1.10	1.23	1.60	3	1	2
14	0.40	0.40	0.40	1.60	1	1	1
15	1.00	0.90	0.95	1.40	3	1	2
16	3.50	2.10	2.80	3.60	3	1	0
17	2.10	1.90	2.00	3.00	3	1	0
18	1.50	1.50	1.50	3.00	1	1	0
19	1.60	1.50	1.55	2.00	3	1	1
20	1.80	1.60	1.70	1.50	3	1	0
21	2.00	1.60	1.80	3.10	1	1	0
22	3.20	2.30	2.75	4.00	3	1	0
23	2.40	1.80	2.10	2.70	3	1	2
24	2.40	2.10	2.25	3.20	1	1	2
25	1.90	1.70	1.80	3.00	1	1	0
26	2.40	2.30	2.35	4.10	1	1	0
27	1.50	1.40	1.45	2.00	3	1	2
28	1.50	1.40	1.45	2.70	1	1	2
29	1.50	1.20	1.35	1.90	3	1	0
30	1.50	1.10	1.30	0.80	3	1	2
31	1.20	1.10	1.15	0.90	3	1	1
32	1.50	1.10	1.30	2.20	3	1	2
33	0.90	0.80	0.85	2.00	1	1	2
34	0.90	0.85	0.88	1.50	3	1	2
35	1.80	1.60	1.70	3.20	1	1	1
36	2.10	1.90	2.00	2.80	3	1	1
37	3.20	2.60	2.90	6.00	1	1	0
38	2.40	1.70	2.05	4.00	1	1	1
39	2.10	1.70	1.90	3.50	3	1	1
40	2.30	1.70	2.00	2.80	1	1	2
41	3.10	4.60	3.85	5.00	1	1	1
42	1.30	1.00	1.15	1.50	3	1	3
43	2.10	1.95	2.03	2.80	3	1	1
44	1.90	1.70	1.80	1.80	3	1	0
45	1.95	1.80	1.88	2.90	1	1	0
46	1.20	1.20	1.20	2.50	3	1	0
47	2.70	2.40	2.55	3.90	1	1	0
48	2.50	2.60	2.55	6.20	1	1	1
49	2.10	2.50	2.30	4.50	1	1	1
50	2.20	1.90	2.05	3.20	1	1	2
51	2.90	2.10	2.50	4.30	1	1	0
52	2.60	1.90	2.25	5.80	2	1	1

Árbol	Diámetro de copa (m)			HT (m)*	Forma	Sanidad fuste	Vigor
	Mayor	Menor	Media				
53	3.20	3.20	3.20	5.50	1	1	0
54	2.50	2.50	2.50	3.50	3	1	1
55	2.50	2.40	2.45	3.60	3	1	1
56	2.30	2.20	2.25	3.60	2	1	0
57	3.40	3.10	3.25	6.50	2	1	0
58	2.90	2.10	2.50	4.30	1	1	0
59	1.80	1.20	1.50	2.90	3	1	0
60	1.50	1.00	1.25	2.00	3	1	2
61	2.00	1.90	1.95	2.80	3	1	2
62	3.20	2.90	3.05	5.30	1	1	0
63	3.00	2.90	2.95	4.00	1	1	1
64	3.30	3.00	3.15	6.00	3	1	0
65	1.70	1.70	1.70	3.00	1	1	1
66	2.40	2.30	2.35	3.50	3	1	1
67	3.50	2.50	3.00	3.90	2	1	0
68	2.00	1.60	1.80	2.90	2	1	0
69	1.40	1.00	1.20	1.50	3	1	2
70	2.20	1.70	1.95	5.00	1	1	0
71	4.40	4.00	4.20	6.00	1	1	0
72	1.85	1.80	1.83	5.20	3	1	1
73	1.70	1.40	1.55	3.60	3	1	2
74	2.00	2.10	2.05	2.70	2	1	2
75	2.30	1.70	2.00	3.50	2	1	0
76	1.80	1.50	1.65	3.70	2	1	1
77	1.70	1.50	1.60	3.00	2	1	1
78	1.40	1.40	1.40	3.00	1	1	1

* Altura total

ANEXO 8

Tablas de rodal de las especies, *Arboretum* (UACH)

Parcelas de ruil, *Arboretum* (UACH)

Ruil 1

Rango (cm)*	Marca clase (cm)	N/ha**	Área basal (m ² /ha)	HT (m)
[1 - 3[	2	0	0.00	0.0
[3 - 5[	4	0	0.00	0.0
[5-7[	6	167	0.47	7.0
[7 - 9[	8	833	4.19	7.7
[9-11[	10	1,000	7.85	8.4
[11-13[	12	333	3.77	9.1
Total		2,333	16.28	

Ruil 3

Rango (cm)*	Marca clase (cm)	N/ha**	Área basal (m ² /ha)	HT (m)
[1 - 3[	2	0	0.00	0.0
[3 - 5[	4	833	1.05	4.6
[5-7[	6	1,000	2.83	5.2
[7 - 9[	8	500	2.51	5.8
[9-11[	10	0	0.00	0.0
[11-13[	12	0	0.00	0.0
Total		2,333	6.39	

Ruil 2

Rango (cm)*	Marca clase (cm)	N/ha**	Área basal (m ² /ha)	HT (m)
[1 - 3[	2	0	0.00	0.0
[3 - 5[	4	167	0.21	5.3
[5-7[	6	167	0.47	5.8
[7 - 9[	8	667	3.35	6.4
[9-11[	10	500	3.93	7.0
[11-13[	12	167	1.88	7.6
Total		1,667	9.84	

Ruil 4

Rango (cm)*	Marca clase (cm)	N/ha**	Área basal (m ² /ha)	HT (m)
[1 - 3[	2	333	0.10	3.1
[3 - 5[	4	833	1.05	4.0
[5-7[	6	500	1.41	4.8
[7 - 9[	8	167	0.84	5.7
[9-11[	10	0	0.00	0.0
[11-13[	12	0	0.00	0.0
Total		1,833	3.40	

Grupos de árboles de hualo y huala, *Arboretum* (UACH)

Hualo

Rango (cm)*	Marca clase (cm)	N/ha**	Área basal (m ² /ha)	HT (m)
[1 - 3[	2	253	0.08	3.4
[3 - 5[	4	328	0.41	4.0
[5-7[	6	657	1.86	4.6
[7 - 9[	8	253	1.27	5.2
[9-11[	10	152	1.19	5.8
[11-13[	12	51	0.57	6.4
Total		1,692	5.38	

Huala

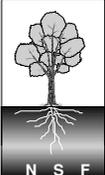
Rango alturas (m)	Marca clase (cm)	N/ha**	Diámetro copas (m)
[0 - 2[	1	333	0.97
[2 - 4[	3	1,095	1.84
[4-6[	5	309	2.72
[6 - 8[	7	119	3.59
Total		1,856	

* Rango diamétrico

** Número de árboles

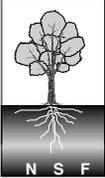
Anexo 9

Formularios de suelo, *Arboretum* (UACH)

		UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES INSTITUTO DE SILVICULTURA LABORATORIO DE NUTRICIÓN Y SUELOS FORESTALES Fonofax 56 - 63 - 221431, Casilla 567, Valdivia, Chile labnsf@uach.cl			NOMBRE Susana Weber Juan Schlatter		FECHA 12/05/2004	PERFIL N° 1 (Ruil 1)
REGIÓN X	PROVINCIA Valdivia		COMUNA Valdivia		LUGAR Arboretum de la Universidad Austral de Chile			UNIDAD S.O.T.
FORMA DEL TERRENO Baja a intermedia, ondulada a quebrada				POSICIÓN FISIOGRAFICA Loma				
UBICACIÓN EN EL RELIEVE Ladera alta				FORMA DE LA LADERA Convexa		FORMA DEL CONTORNO Recto		
ELEVACION (m s.n.m.) 50	EXPOSICIÓN 23° NE (calicata)		PENDIENTE 18° (32.5 %)	DRENAJE EXTERNO Moderado				
ESTRATO ARBÓREO <i>Nothofagus alessandri</i> (ruil)			ESTRATOS RESTANTES Principalmente <i>Aristotelia chilensis</i> (maqui), <i>Teline monspessulana</i> (retamo), <i>Rubus constrictus</i> (zarzamora), <i>Ulex europaeus</i> y herbáceas en el sotobosque.			USO ANTERIOR Ganadería Plantación de pino y eucalipto que fue cosechado y luego fueron quemados los desechos sobre el terreno, Posterior a esto se plantó con las especies en estudio		
M A N T I L L O	HORIZONTE Oi	ESPESOR (cm) 4	MATERIAL Hojas de ruil y ramillas de ruil y malezas		ESTRUCTURA Muy suelta	ARRAIGAMIENTO No se presenta	ACTIVIDAD BIOLÓGICA Alta (presencia de colémbolos y lombrices)	FORMA DE HUMUS Mull
	Oe	0.5	Hojas de ruil y ramillas de ruil y malezas		Muy suelta	Abundantes	Alta (presencia de colémbolos y lombrices)	
	Oa	-						
INFORMACIÓN CLIMÁTICA				OBSERVACIONES Presencia de carbón hasta aproximadamente los 50 cm				

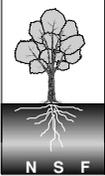
HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	LÍMITES Forma y nitidez	CONTENIDO RAÍCES FINAS Raíces/100 cm ²	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA	TEXTURA	PEDRE- GOSIDAD %	COLOR	M.O. %	PH	CAA mm	DRENAJE INTERNO	OTROS	
A	0 – 12	Ondulado	Denso	Subpoliédrica a gruesa	Friable	Franco limosa	0	7.5 YR 3/3 Pardo negruzco	22.4	5.46	24.0	Moderado a rápido	Mayor cantidad de raicillas en los primeros 5 cm	
AB	12 – 20	Gradual	Denso	Subpoliédrica moderada a fina	Friable	Franco a franco limosa	0	7.5 YR 3/4 Pardo negruzco	14.8	5.52	16.0			
B1	20-44	Ondulado y claro	Fuerte	Masiva	Friable	Franca	0	5 YR 4/4 Pardo rojizo	4.9	5.42	36.0		Restos de quema (carbón)	
B2	44 – 110 y más	Gradual	Mediano (hasta 80 cm), pobre desde 80 cm	Masiva	Friable	Franco limosa	0	5 YR 4/3 Pardo rojizo	1.7	5.32	78.4			
MATERIAL DE ORIGEN Genizas volcánicas eólicas depositadas sobre roca metamórfica (Serie Coreltúe)							NIVEL FREÁTICO No se encontró							
GRADO DE EROSIÓN							PROFUNDIDAD FISIOLÓGICA Más de 110 cm			PROFUNDIDAD DE RAÍCES Aproximadamente 100 cm				
FACTORES LIMITANTES:							CAA Profundidad fisiológica		CAA Profundidad de raíces		CAA 1 m			
PROFUNDIDAD							PENETRACIÓN DE RAÍCES		CAA		TEXTURA EXTREMA		CLIMA	
PEDREGOSIDAD							ROCOSIDAD		ESTRUCTURA		CONSISTENCIA		DRENAJE EXTERNO	
DRENAJE INTERNO							PENDIENTE		ERODABILIDAD		NUTRIENTES		SALINIDAD	
RIESGO DE INUNDACIÓN							CAPACIDAD DE USO VI							

OBSERVACIONES: Se observa una recuperación del suelo debido a la humificación creciente. Horizonte A ondulado. Carbón se encuentra al terminar el horizonte AB. No hay factores limitantes visibles.

		UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES INSTITUTO DE SILVICULTURA LABORATORIO DE NUTRICIÓN Y SUELOS FORESTALES Fonofax 56 - 63 – 221431, Casilla 567, Valdivia, Chile labnsf@uach.cl		NOMBRE Susana Weber Juan Schlatter		FECHA 12/05/2004	PERFIL N° 2 (Ruil 4)
REGIÓN X	PROVINCIA Valdivia	COMUNA Valdivia	LUGAR Arboretum de la Universidad Austral de Chile			UNIDAD S.O.T.	
FORMA DEL TERRENO Baja a intermedia, ondulada a quebrada				POSICIÓN FISIOGRAFICA Loma			
UBICACIÓN EN EL RELIEVE Ladera alta a media				FORMA DE LA LADERA Convexa		FORMA DEL CONTORNO Levemente convexo	
ELEVACION (m s.n.m.) 45	EXPOSICIÓN 110° SE (calicata)	PENDIENTE 15° (27 %)	DRENAJE EXTERNO Rápido				
ESTRATO ARBÓREO Nothofagus alessandri (ruil)		ESTRATOS RESTANTES Principalmente Aristotelia chilensis (maqui), Teline monspessulana (retamo), Rubus constrictus (zarzamora), Ulex europaeus, Luma apiculata (arrayán) y herbáceas en el sotobosque.			USO ANTERIOR Agricultura y ganadería (barbecho) Plantación de pino y eucalipto que fue cosechado y luego fueron quemados los desechos sobre el terreno, Posterior a esto se plantó con las especies en estudio.		
M A N T I L L O	HORIZONTE Oi	ESPESOR (cm) -	MATERIAL	ESTRUCTURA	ARRAIGAMIENTO	ACTIVIDAD BIOLÓGICA	FORMA DE HUMUS
	Oe	-					
	Oa	-					
INFORMACIÓN CLIMÁTICA				OBSERVACIONES La estructura se encuentra destruída y el suelo parece compactado, por lo que el suelo probablemente fue arado en el pasado Hay presencia de carbón desde los horizontes superiores hasta casi 1 m de profundidad			

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	LÍMITES Forma y nitidez	CONTENIDO RAÍCES FINAS Raíces/100 cm ²	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA	TEXTURA	PEDRE- GOSIDAD %	COLOR	M.O. %	pH	CAA mm	DRENAJE INTERNO	OTROS	
A	0 – 8		Filtro de raíces	Masiva a granular grumosa	Friable	Franco limosa	0	7.5 YR 3/2 Pardo negruzco	22.4	5.44	16.0	Moderado a rápido		
ABp	8 – 20	Ondulado claro	Denso	Masiva	Friable, levemente firme	Franco limosa	0	7.5 YR 3/3 Pardo negruzco	17.8	5.35	24.0		Rastros de quema (carbón)	
BA	20 – 34	Ondulado claro	Denso (más que Hz Abp)	Subpoliédrica fina	Muy friable	Franco areno limosa	0	7.5 YR 3/4 Pardo negruzco	9.1	5.72	21.0		Presencia de carbón	
B1	34 – 87	Gradual	Fuerte (arriba) y mediano (abajo)	Masiva	Friable	Franco areno limosa	0	7.5 YR 3/4 Pardo negruzco	5.5	5.47	63.6		Presencia de carbón hasta el límite inferior	
B2	87 – 120 y más	Gradual	Poco	Masiva	Muy friable	Franco limosa	0	7.5 YR 4/3 a 4/4 Pardo	1.5	5.36	18.2			
MATERIAL DE ORIGEN Cenizas volcánicas eólicas depositadas sobre roca metamórfica							NIVEL FREÁTICO No se encontró							
GRADO DE EROSIÓN							PROFUNDIDAD FISIOLÓGICA Más de 120 cm			PROFUNDIDAD DE RAÍCES Aproximadamente 100 cm				
FACTORES LIMITANTES:							CAA Profundidad fisiológica		CAA Profundidad de raíces		CAA 1 m			
PROFUNDIDAD		PENETRACIÓN DE RAÍCES		CAA	TEXTURA EXTREMA		CLIMA		276.4					
PEDREGOSIDAD		ROCOSIDAD		ESTRUCTURA	CONSISTENCIA		DRENAJE EXTERNO							
DRENAJE INTERNO		PENDIENTE		ERODABILIDAD	NUTRIENTES		SALINIDAD		CAPACIDAD DE USO					
RIESGO DE INUNDACIÓN							VI							

OBSERVACIONES: Probablemente el suelo fue arado y removido en verano, por lo que se pulverizó y causó la rotura de la estructura de los horizontes A y AB. Esto podría estar limitando el crecimiento de los árboles del sector (parcela 3 ruil). A menos de 5 m el tamaño de los árboles es considerablemente mayor, lo que coincide con una estructura superficial más suelta (parcela 4 ruil).

	UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES INSTITUTO DE SILVICULTURA LABORATORIO DE NUTRICIÓN Y SUELOS FORESTALES Fonofax 56 - 63 - 221431, Casilla 567, Valdivia, Chile labnsf@uach.cl			NOMBRE Susana Weber Juan Schlatter		FECHA 12/05/2004	PERFIL N° 3 (hualo y huala)
	REGIÓN X	PROVINCIA Valdivia	COMUNA Valdivia		LUGAR Arboretum de la Universidad Austral de Chile		UNIDAD S.O.T.
FORMA DEL TERRENO Bajo a intermedio, ondulado				POSICIÓN FISIOGRAFICA Loma			
UBICACIÓN EN EL RELIEVE Ladera alta				FORMA DE LA LADERA Débilmente convexo		FORMA DEL CONTORNO Convexo	
ELEVACION (m s.n.m.) 45	EXPOSICIÓN 30° NE (calicata)	PENDIENTE 12° (21.3 %)	DRENAJE EXTERNO Moderado				
ESTRATO ARBÓREO Nothofagus glauca (hualo)			ESTRATOS RESTANTES Principalmente Aristotelia chilensis (maqui), Rubus constrictus (zarzamora), Ulex europaeus y herbáceas en el sotobosque			USO ANTERIOR Agricultura Plantación de pino y eucalipto que fue cosechado y luego fueron quemados los desechos sobre el terreno, Posterior a esto se plantó con las especies en estudio.	
M A N T I L L O	HORIZONTE Oi	ESPESOR (cm) -	MATERIAL	ESTRUCTURA	ARRAIGAMIENTO	ACTIVIDAD BIOLÓGICA	FORMA DE HUMUS
	Oe	-					
	Oa	-					
INFORMACIÓN CLIMÁTICA				OBSERVACIONES La estructura e los horizontes superiores no se encuentra tan deteriorada en comparación a la situación 2, mientras que a mayor profundidad son ambas parecidas			

HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	LÍMITES Forma y nitidez	CONTENIDO RAÍCES FINAS Raíces/100 cm ²	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA	TEXTURA	PEDRE- GOSIDAD %	COLOR	M.O. %	pH	CAA mm	DRENAJE INTERNO	OTROS
A	0 – 8		Denso	Subpoliédrica a grumosa	Friable	Franco limosa	0	7.5 YR 4/3 Pardo	17.5	5.70	16.0	Moderado a rápido	
AB	8 – 13	Gradual y ondulado	Denso	Subpoliédrica	Friable	Franco limosa	0	7.5 YR 4/3 Pardo	14.3	5.66	10.0		
B1	13 – 35	Claro y ondulado	Fuerte	Masiva	Friable	Franco areno limosa	0	7.5 YR 4/4 Pardo	6.1	5.52	29.7		Pie de arado
B2	35 – 100 y más	Gradual	Mediano (arriba) y poco (abajo)	Masiva	Muy friable	Franco limosa	0	7.5 YR 4/4 Pardo	1.3	5.39	71.5		
MATERIAL DE ORIGEN Genizas volcánicas eólicas depositadas sobre roca metamórfica							NIVEL FREÁTICO No se encontró						
GRADO DE EROSIÓN							PROFUNDIDAD FISIOLÓGICA Más de 110 cm			PROFUNDIDAD DE RAÍCES Aproximadamente 100 cm			
FACTORES LIMITANTES:							CAA Profundidad fisiológica	CAA Profundidad de raíces	CAA 1 m 244.4				
PROFUNDIDAD	PENETRACIÓN DE RAÍCES		CAA	TEXTURA EXTREMA		CLIMA							
PEDREGOSIDAD	ROCOSIDAD		ESTRUCTURA	CONSISTENCIA		DRENAJE EXTERNO							
DRENAJE INTERNO	PENDIENTE		ERODABILIDAD	NUTRIENTES		SALINIDAD	CAPACIDAD DE USO						
RIESGO DE INUNDACIÓN							IV						

OBSERVACIONES:

ANEXO 10

Cálculos de densidad aparente y capacidad de agua aprovechable,
Arboretum (UACH)

Cálculo de la densidad aparente del suelo, *Arboretum* (UACH)

Perfil	Horizonte	ID cilindro	Peso seco cilindro (g)		DA (g/cc)
			Lleno	Vacío	
1	A	26	181.43	127.17	0.54
	A	27	185.04	126.90	0.58
	A	28	192.33	124.41	0.68
1	AB	29	192.39	125.15	0.67
	AB	30	186.36	127.68	0.59
	AB	31	187.68	124.30	0.63
1	B1	32	187.69	125.03	0.63
	B1	33	192.63	128.12	0.65
	B1	34	184.97	125.81	0.59
1	B2	35	189.22	122.97	0.66
	B2	36	180.02	119.06	0.61
	B2	37	197.77	129.52	0.68
2	A	38	185.93	125.09	0.61
	A	39	188.17	125.15	0.63
	A	40	179.23	125.75	0.53
2	ABp	41	182.74	123.00	0.60
	ABp	42	183.98	128.80	0.55
	ABp	43	195.33	122.72	0.73
3	A	44	188.01	121.74	0.66
	A	45	186.14	121.91	0.64
	A	46	176.21	130.19	0.46
3	B1	47	192.39	122.25	0.70
	B1	48	187.92	118.10	0.70
	B1	49	188.07	125.88	0.62

Cálculo de la capacidad de agua aprovechable del suelo, *Arboretum* (UACH)

Perfil	Horizonte	Ct (%)	MO (%)	Profundidad (dm)	Textura	CAA (%)	Adición por MO (%)	CAA (mm)	CAA 1m
1	A1	12.97	22.35	1.2	uL	22	12	40.8	253.6
	AB	8.57	14.77	0.8	L - uL	22	12	27.2	
	B1	2.86	4.94	2.4	L	22	4	62.4	
	B2	0.99	1.71	5,6*	uL	22	0	123,2*	
2	A	13.00	22.41	0.8	uL	22	12	27.2	276.4
	ABp	10.30	17.76	1.2	uL	22	12	40.8	
	BA	5.30	9.14	1.4	suL	22	8	42.0	
	B1	3.22	5.54	5.3	suL	22	4	137.8	
3	B2	0.86	1.48	1,3*	uL	22	0	28,6*	244.4
	A	10.13	17.47	0.8	uL	22	12	27.2	
	AB	8.27	14.25	0.5	uL	22	12	17.0	
	B1	3.57	6.15	2.2	suL	22	4	57.2	
	B2	0.73	1.25	6,5*	suL	22	0	143,0*	

Donde: DA: Densidad aparente

Ct: Carbono total

MO: Materia orgánica

CAA: Capacidad de agua aprovechable

CAA 1 m: Capacidad de agua aprovechable hasta 1 m de profundidad

* Hasta 1 m de profundidad

ANEXO 11

Resistencia del suelo a la penetración, *Arboretum* (UACH)

Resistencia del suelo a la penetración en los perfiles, *Arboretum* (UACH)

Perfil 1

Horizonte	Profundidad (cm)	Resultados (kg/cm ²)										Media*	D.S**
A	0 - 12	2.5	2.2	2.4	2.2	2.5	2.0	2.1	1.5	2.0	1.5	2.1	0.4
AB	12 - 20	1.6	1.9	2.8	3.3	2.8	2.5	1.9	2.4	2.6	2.4	2.4	0.5
B1	20 - 44	1.9	1.9	1.3	1.3	2.8	1.3	2.1	1.1	1.4	1.5	1.6	0.5
B2	44 - 110 y más	1.6	1.8	1.3	1.8	1.3	1.1	1.0	1.3	1.3	1.1	1.4	0.3

Perfil 2

Horizonte	Profundidad (cm)	Resultados (kg/cm ²)										Media*	D.S**
A	0 - 8	2.3	4.0	4.3	3.3	4.1	3.8	4.3	3.5	3.5	3.3	3.6	0.61
ABp	8 - 20	3.1	3.3	3.8	4.5	4.3	3.7	4.5	4.3	3.8	4.5	4.0	0.52
BA	20 - 34	1.8	1.8	1.3	1.6	1.6	1.6	2.8	2.1	1.8	2.9	1.9	0.52
B1	34 - 87	1.1	1.4	2.5	2.8	1.1	2.8	2.3	1.9	2.5	1.1	1.9	0.70
B2	87 - 120 y más	1.8	1.0	0.8	1.3	2.1	1.9	1.3	1.8	1.6	1.7	1.5	0.41

Perfil 3

Horizonte	Profundidad (cm)	Resultados (kg/cm ²)										Media*	D.S**
A	0 - 8	1.3	2.1	1.6	2.6	1.7	1.8	2.5	2.5	2.6	2.1	2.1	0.5
AB	8 - 13	2.4	3.1	2.4	3.0	3.0	2.1	3.9	2.8	2.8	3.2	2.9	0.5
B1	13 - 35	1.8	2.1	1.4	1.4	2.1	3.0	2.8	2.3	3.1	1.8	2.2	0.6
B2	35 - 110 y más	2.0	1.0	2.0	1.0	1.6	1.6	1.6	2.1	1.6	1.3	1.6	0.4

Resistencia del suelo a la penetración en sectores localizados, *Arboretum* (UACH)

"Árboles bajos" (Ruil 1)

Horizonte	Profundidad (cm)	Resultados (kg/cm ²)										Media*	D.S**
A	0 - 12	1.3	2.0	2.3	1.7	2.3	2.3	2.2	1.3	2.1	1.6	1.9	0.41
AB	12 - 20	2.0	3.0	3.0	2.9	2.9	3.1	2.8	2.1	2.6	2.6	2.7	0.38
B1	20 - 44	1.7	2.0	2.1	2.0	1.9	1.8	2.5	1.8	1.8	1.7	1.9	0.24

Ruil 2

Horizonte	Profundidad (cm)	Resultados (kg/cm ²)										Media*	D.S**
A	0 - 8	1.5	2.7	2.1	1.4	2.0	1.5	1.3	2.3	1.8	2.1	1.9	0.46
ABp	8 - 20	2.3	2.8	3.0	3.5	2.7	3.6	2.5	3.5	2.8	3.1	3.0	0.44
BA	20 - 34	2.4	1.4	2.7	2.4	2.3	2.6	2.9	2.3	3.0	2.3	2.4	0.44

Huala

Horizonte	Profundidad (cm)	Resultados (kg/cm ²)										Media*	D.S**
A	0 - 8	1.1	1.1	1.8	1.8	1.3	1.6	1.3	1.6	1.1	2.4	1.5	0.41
AB	8 - 13	1.7	2.4	2.8	2.8	2.5	2.8	2.8	2.3	2.6	1.6	2.4	0.45
B1	13 - 35	2.1	2.2	1.0	1.7	1.9	1.7	1.2	1.8	1.6	1.6	1.7	0.37

* (kg/cm²)

** Desviación estándar (kg/cm²)

ANEXO 12

Prueba de diferencia de medias de T-Student para la resistencia a la penetración del suelo

Diferencia de medias en la resistencia a la penetración entre horizontes de los perfiles de suelo

Perfil 1

Horizonte	Profundidad (cm)	Media (kg/cm ²)	D.S.* (kg/cm ²)	t calculado
A	0 - 12	2.08	0.35	
AB	12 - 20	2.42	0.50	-1.73
B1	20 - 44	1.64	0.52	3.42
B2	44 - 110 y más	1.35	0.29	1.55

Perfil 2

Horizonte	Profundidad (cm)	Media (kg/cm ²)	D.S.* (kg/cm ²)	t calculado
A	0 - 8	3.62	0.61	
ABp	8 - 20	3.97	0.52	-1.40
BA	20 - 34	1.92	0.52	8.82
B1	34 - 87	1.94	0.70	-0.07
B2	87 - 120 y más	1.53	0.41	1.59

Perfil 3

Horizonte	Profundidad (cm)	Media (kg/cm ²)	D.S.* (kg/cm ²)	t calculado
A	0 - 8	2.08	0.48	
AB	8 - 13	2.87	0.51	-3.62
B1	13 - 35	2.18	0.62	2.74
B2	35 - 110 y más	1.58	0.39	2.56

Grados de libertad	18
α	0.05
t observado	2.10

Diferencia de medias en la resistencia a la penetración del suelo entre sectores muestreados

Perfil 1

Horizonte	Profundidad (cm)	Perfil 1		Árboles bajos		t calculado
		Media (kg/cm ²)	D.S.* (kg/cm ²)	Media (kg/cm ²)	D.S.* (kg/cm ²)	
A	0 - 12	2.08	0.35	1.90	0.41	1.05
AB	12 - 20	2.42	0.50	2.70	0.38	1.42
B1	20 - 44	1.64	0.52	1.93	0.24	1.61

Perfil 2

Horizonte	Profundidad (cm)	Perfil 2		Ruil 2		t calculado
		Media (kg/cm ²)	D.S.* (kg/cm ²)	Media (kg/cm ²)	D.S.* (kg/cm ²)	
A	0 - 8	3.62	0.61	1.87	0.46	7.27
ABp	8 - 20	3.97	0.52	2.98	0.44	4.58
BA	20 - 34	1.92	0.52	2.43	0.44	2.35

Perfil 3

Horizonte	Profundidad (cm)	Perfil 3		Huala		t calculado
		Media (kg/cm ²)	D.S.* (kg/cm ²)	Media (kg/cm ²)	D.S.* (kg/cm ²)	
A	0 - 8	2.08	0.48	1.51	0.41	2.86
AB	8 - 13	2.87	0.51	2.43	0.45	2.08
B1	13 - 35	2.18	0.62	1.68	0.37	2.19

Grados de libertad	18
α	0.05
t observado	2.10

* Desviación estándar

Anexo 13

Informes de análisis químico de suelos de los perfiles y muestras mezcla (Laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, UACH)

RESULTADOS ANALITICOS EXPRESADOS
EN RELACION PESO/PESO

Nº	IDENTIFICACION			pH	pH	Ct	Nt	C/N	N-	P	Al	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	S	Al-		
				H ₂ O	KCl																		%	%	NO_{3}	Olsen	Acetato de Amonio pH 4.8 - DTPA
LAB.				ppm																				
446	HzA1	Sitio	1	5.46	4.64	12.97	0.51	25.6		3.4	1970	56	147	535	178	177	44	4.7	2.4	1.1	14	44		
447	HzAB	Sitio	1	5.52	4.83	8.57	0.35	24.8		2.2	2280	40	85	95	52	166	16	4.9	0.6	0.9	17	13		
448	HzB1	Sitio	1	5.42	5.39	2.86	0.14	20.6		1.2	1210	25	54	10	24	149	12	2.4	0.1	0.4	52	5		
449	HzB2	Sitio	1	5.32	5.06	0.99	0.08	12.6		1.0	740	33	40	10	65	174	12	3.4	0.1	0.4	56	5		
450	HzA	Sitio	2	5.44	4.61	13.00	0.57	23.0		1.8	2780	46	46	130	59	136	10	4.8	0.9	0.5	13	58		
451	HzABp	Sitio	2	5.35	4.89	10.30	0.43	24.0		1.2	2440	35	22	20	15	100	6	4.2	0.2	0.5	14	14		
452	HzBA	Sitio	2	5.72	5.61	5.30	0.24	21.8		1.0	1590	25	15	10	10	111	7	2.6	0.1	0.3	14	5		
453	Mz altos	Sitio	2	5.74	5.07	12.13	0.55	22.3		2.8	1400	63	61	1520	250	172	50	5.4	2.1	0.9	16	7		
454	Mz chicos	Sitio	2	5.51	4.76	11.43	0.47	24.3		1.0	2170	50	53	484	114	141	17	5.1	1.2	0.7	14	25		
455	HzA	Sitio	3	5.70	4.90	10.13	0.39	26.0		1.0	1200	56	67	960	218	168	14	5.2	1.0	0.8	12	9		
456	HzAB	Sitio	3	5.66	4.94	8.27	0.33	24.9		0.8	1460	45	40	460	119	152	11	5.1	0.6	0.8	13	6		
457	HzB1	Sitio	3	5.52	5.34	3.57	0.17	20.6		1.0	1280	34	25	47	42	159	35	3.5	0.2	0.5	34	5		
458	HzB2	Sitio	3	5.39	5.07	0.73	0.08	9.7		1.0	770	48	7	34	51	180	35	4.9	0.3	0.4	32	5		

RESULTADOS ANALITICOS EXPRESADOS
EN MILIEQUIVALENTES

OBSERVACIONES

Nº	Na	K	Ca	Mg	SUMA DE	Al-	SATURAC.
	Acetato de Amonio pH 4.8 - DTPA							BASES	KCl	ALUMINIO
LAB.	meq/100g				%		
446	0.24	0.38	2.68	1.47	4.76	0.49	9.25
447	0.17	0.22	0.47	0.43	1.29	0.14	10.02
448	0.11	0.14	0.05	0.20	0.50	0.06	10.06
449	0.14	0.10	0.05	0.53	0.83	0.06	6.29
450	0.20	0.12	0.65	0.49	1.45	0.65	30.79
451	0.15	0.06	0.10	0.12	0.43	0.16	26.49
452	0.11	0.04	0.05	0.08	0.28	0.06	16.46
453	0.27	0.16	7.60	2.06	10.09	0.07	0.73
454	0.22	0.14	2.42	0.94	3.71	0.28	7.06
455	0.24	0.17	4.80	1.79	7.00	0.10	1.47
456	0.20	0.10	2.30	0.98	3.58	0.06	1.68
457	0.15	0.06	0.24	0.34	0.79	0.06	6.57
458	0.21	0.02	0.17	0.42	0.81	0.06	6.42

LOS VALORES DE REFERENCIA TIENEN SOLO CARACTER GENERAL DE ORIENTACION.
PARA LA INTERPRETACION SE SUGIERE CONSULTAR UN ESPECIALISTA O DOCUMENTARSE SOBRE EL PARTICULAR

TECNICAS ANALITICAS UTILIZADAS: pH en agua destilada y sol.KCl 0.1N en relación suelo:solución=1:2.5.
P disponible o extracto Olsen; Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y Al en extracto Acetato de amonio a pH 4.8-DTPA con 2 horas de agitación
Ct oxidación con dicromato de potasio ác. Sulfúrico, determinación colorimétrica; Nt digestión Kjeldahl, determinación colorimétrica.
N-Nitrato en extracto Ca(OH)₂ saturado; S-Sulfato en extracto fosfato de calcio; Al de intercambio en extracto KCl 1M.

B en extracto CaCl₂ 0.15% a ebullición 5 minutos
EQUIVALENCIA DE UNIDADES: 1mg/kg = 1ppm; 1cmol+/kg = 1meq/100g

COMENTARIOS

RESULTADOS ANALITICOS EXPRESADOS EN
RELACION PESO/PESO

Nº LAB.	IDENTIFICACION	pH H ₂ O	pH KCl	Ct %	Nt %	C/N	N- NO ₃	P Olsen	Al	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	S	Al- KCl
									Acetato de Amonio pH 4.8 - DTPA											
ppm																				
459	Mz Sitio 1	5.25	4.49	11.83	0.36	33.1		2.4	1800	48	59	286	115	187	23	3.5	1.4	1.0	15	68
460	Mz (Ruuil 5 y 6) Sitio 2/3	5.74	4.93	11.03	0.38	28.8		2.8	1420	37	83	690	157	180	20	4.5	0.9	0.8	12	6
461	Mz Huala Sitio 3	5.60	4.76	7.77	0.32	24.1		1.0	1270	33	78	454	113	151	20	4.3	1.0	0.7	15	8
462	Mz Hualo Sitio 3	5.81	4.98	5.83	0.33	17.7		1.0	1040	38	78	975	172	158	24	4.9	1.0	0.6	12	5

RESULTADOS ANALITICOS EXPRESADOS EN
MILIEQUIVALENTES

OBSERVACIONES

Nº LAB.	Na	K	Ca	Mg	SUMA DE	Al-	SATURAC. ALUMINIO %
	Acetato de Amonio pH 4.8 - DTPA				BASES	KCl	
meq/100g							
459	0.21	0.15	1.43	0.95	2.74	0.76	21.69
460	0.16	0.21	3.45	1.29	5.12	0.07	1.37
461	0.14	0.20	2.27	0.93	3.54	0.09	2.55
462	0.16	0.20	4.88	1.42	6.66	0.06	0.83

LOS VALORES DE REFERENCIA TIENEN SOLO
CARACTER GENERAL DE ORIENTACION.

PARA LA INTERPRETACION SE SUGIERE CONSULTAR UN
ESPECIALISTA O DOCUMENTARSE SOBRE EL PARTICULAR
TECNICAS ANALITICAS UTILIZADAS: pH en agua
destilada y sol.KCl 0.1N en relación suelo:solución=1:2.5.

P disponible o extracto Olsen; Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y Al en
extracto Acetato de amonio a pH 4.8-DTPA con 2 horas de agitación
Ct oxidación con dicromato de potasio ác. Sulfúrico, determinación
colorimétrica; Nt digestión Kjeldahl, determinación colorimétrica.

N-Nitrato en extracto Ca(OH)₂ saturado; S-Sulfato en extracto
fosfato de calcio; Al de intercambio en extracto KCl 1M.

B en extracto CaCl₂ 0.15% a ebullición 5 minutos

EQUIVALENCIA DE
UNIDADES: 1mg/kg =
1ppm; 1cmol+/kg =
1meq/100g

Anexo 14
Tumores en fustes de *Nothofagus alessandrii*, Arboretum (UACH)



Segmentos blancos y rojos de la barra = 10 cm

Anexo 15

Pruebas Ji^2 de significancia
entre variables dasométricas y sanitarias de las especies

Pruebas Ji^2 de significancia entre protuberancias en los fustes y altura de ruil

DAP (cm)	Protuberancias (número de árboles)						Total	
	0		<= 3		> 3		N	%
	N	%	N	%	N	%		
[1 -5[	11	84.6	1	7.7	1	7.7	13	100
[5 - 9[	12	50.0	7	29.2	5	20.8	24	100
[9 - 13[	2	16.7	0	0.0	10	83.3	12	100
Total	25	51.0	8	16.3	16	32.7	49	100

Grados de libertad	4
α	0.05
Ji^2 crítico	9.49
Ji^2 observado	23.58

Matriz

DAP	Protuberancias	Frecuencia			
		O _i *	E _i **	(O _i - E _i)	(O _i - E _i) ² /E _i
[1 -5[	0	11	6.6	4.37	2.88
	<= 3	1	2.1	-1.12	0.59
	> 3	1	4.2	-3.24	2.48
[5 - 9[	0	12	12.2	-0.24	0.00
	<= 3	7	3.9	3.08	2.42
	> 3	5	7.8	-2.84	1.03
[9 - 13[	0	2	6.1	-4.12	2.78
	<= 3	0	2.0	-1.96	1.96
	> 3	10	3.9	6.08	9.44
Total		49	49.0	0.00	23.58

Pruebas Ji^2 de significancia entre altura y vigor de ruil, hualo y huala

Ruil

Altura (m)	Vigor (número de árboles)								Total	
	0		1		2		3		N	%
	N	%	N	%	N	%	N	%		
<4	0	0.0	0	0.0	2	100.0	0	0	2	100
[4 - 7[	17	54.8	14	45.2	0	0.0	0	0	31	100
[7 - 10]	13	81.3	3	18.8	0	0.0	0	0	16	100
Total	30	61.2	17	34.7	2	4.1	0	0	49	300

Grados de libertad	6
α	0.05
Ji^2 crítico	12.6
Ji^2 observado	52.32

Matriz

Altura	Vigor	Frecuencia			
		O _i *	E _i **	(O _i - E _i)	(O _i - E _i) ² /E _i
<4	0	0	1.2	-1.22	1.22
	1	0	0.7	-0.69	0.69
	2	2	0.1	1.92	45.08
	3	0	0.0	0.00	0.00
[4 - 7[	0	17	19.0	-1.98	0.21
	1	14	10.8	3.24	0.98
	2	0	1.3	-1.27	1.27
	3	0	0.0	0.00	0.00
[7 - 10]	0	13	9.8	3.20	1.05
	1	3	5.6	-2.55	1.17
	2	0	0.7	-0.65	0.65
	3	0	0.0	0.00	0.00
Total		49	49.0	0.00	52.32

Hualo

Altura (m)	Vigor (número de árboles)								Total	
	0		1		2		3			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<3	0	0.0	1	20.0	2	40.0	2	40.0	5	100
[3 - 5[	11	26.8	21	51.2	9	22.0	0	0.0	41	100
[5 - 7]	17	81.0	3	14.3	0	0.0	1	4.8	21	100
Total	28	41.8	25	37.3	11	16.4	3	4.5	67	300

Grados de libertad	6
α	0.05
Ji^2 crítico	12.6
Ji^2 observado	34.86

Matriz

Altura	Vigor	Frecuencia			
		Oi*	Ei**	(Oi - Ei)	(Oi - Ei) ² /Ei
<3	0	0	8.8	-8.75	8.75
	1	1	7.8	-6.81	5.94
	2	2	3.4	-1.44	0.60
	3	2	0.9	1.06	1.20
[3 - 5[	0	11	71.8	-60.75	51.44
	1	21	64.1	-43.06	28.95
	2	9	28.2	-19.19	13.06
	3	0	7.7	-7.69	7.69
[5 - 7]	0	17	36.8	-19.75	10.61
	1	3	32.8	-29.81	27.09
	2	0	14.4	-14.44	14.44
	3	1	3.9	-2.94	2.19
Total		67	280.6	-213.56	171.96

Huala

Altura (m)	Vigor (número de árboles)								Total	
	0		1		2		3			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<2	3	21.4	3	21.4	7	50.0	1	7.1	14	100
[2 - 4,5[	19	36.5	17	32.7	15	28.8	1	1.9	52	100
[4,5 - 7]	7	58.3	5	41.7	0	0.0	0	0.0	12	100
Total	29	37.2	25	32.1	22	28.2	2	2.6	78	300

Grados de libertad	6
α	0.05
Ji^2 crítico	12.6
Ji^2 observado	10.52

Matriz

Altura	Vigor	Frecuencia			
		Oi*	Ei**	(Oi - Ei)	(Oi - Ei) ² /Ei
<2	0	3	5.2	2.21	0.93
	1	3	4.5	1.49	0.49
	2	7	3.9	3.05	2.36
	3	1	0.4	0.64	1.14
[2 - 4,5[	0	19	19.3	0.33	0.01
	1	17	16.7	0.33	0.01
	2	15	14.7	0.33	0.01
	3	1	1.3	0.33	0.08
[4,5 - 7]	0	7	4.5	2.54	1.44
	1	5	3.8	1.15	0.35
	2	0	3.4	3.38	3.38
	3	0	0.3	0.31	0.31
Total		78	78.0	0.00	10.52

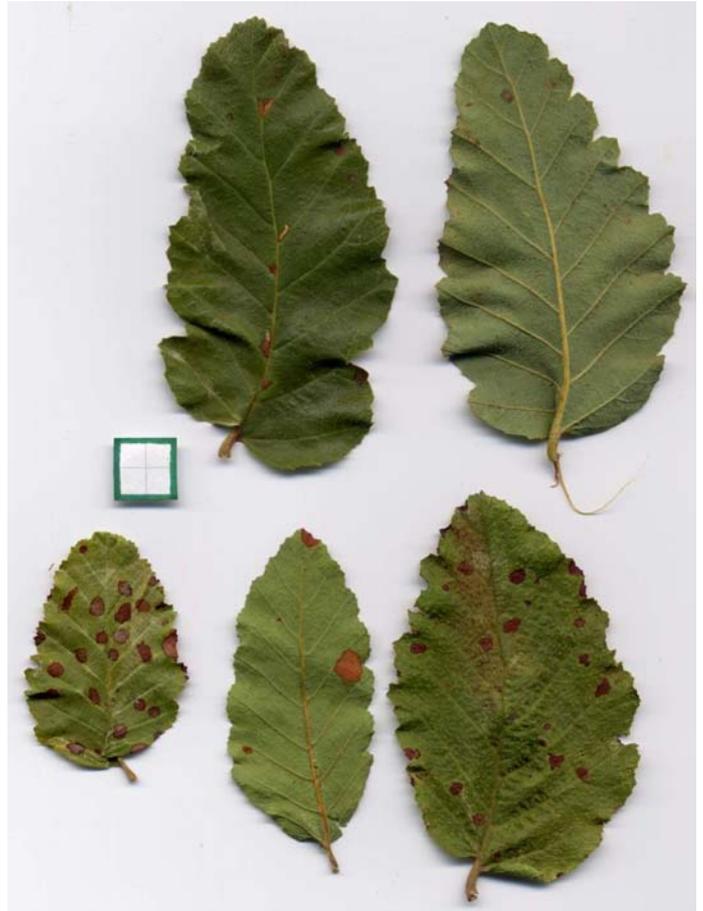
* Observada; ** Esperada

Anexo 16

Síntomas visuales en el follaje de las especies en el *Arboretum* (marzo-abril, 2004)



Nothofagus alessandrii



Nothofagus leonii



 = 1 cm²

Nothofagus glauca

Anexo 17

Informes de análisis químico de follaje en el *Arboretum* (UACH) y Reserva Nacional Los Ruiles (Laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, UACH)

FECHA RECEPCION 25/Mar/2004 FECHA ENTREGA

RESULTADOS ANALITICOS REFERIDOS A MUESTRA SECA A 105°C

Nº LAB.	IDENTIFICACION			ELEMENTOS MAYORES						ELEMENTOS MENORES					
				N	P	N/P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Cenizas
				%						ppm					%
172	Ruil 1 (Sitio 1)	hoja nueva		1.64	0.08	20.5	0.59	0.55	0.30	114	275	7.0	24	41	3.8
173	Ruil 1 (Sitio 1)	hoja vieja		1.70	0.08	21.3	0.58	0.62	0.29	113	342	6.3	24	39	3.8
174	Ruil 2 (Sitio 1)	hoja nueva		1.33	0.08	16.6	0.44	0.67	0.33	93	387	6.2	22	39	3.9
175	Ruil 2 (Sitio 1)	hoja vieja		1.60	0.08	20.0	0.42	0.70	0.28	156	430	6.7	23	37	4.0
176	Ruil 3 (Sitio 2)	hoja nueva		1.30	0.08	16.3	0.35	0.73	0.32	77	466	6.7	32	36	4.0
177	Ruil 3 (Sitio 2)	hoja vieja		1.43	0.08	17.9	0.39	0.83	0.34	88	554	5.8	33	41	4.3
178	Ruil 4 (Sitio 2)	hoja nueva		1.28	0.07	18.3	0.44	0.68	0.24	67	505	4.8	31	44	3.7
179	Ruil 4 (Sitio 2)	hoja vieja		1.36	0.07	19.4	0.42	0.76	0.27	76	569	5.1	28	44	3.9
180	Ruil 5 (Sitio 2/3)	hoja nueva		1.27	0.06	21.2	0.42	0.67	0.25	93	445	6.1	24	41	3.8
181	Ruil 5 (Sitio 2/3)	hoja vieja		1.30	0.07	18.6	0.44	0.78	0.25	106	471	5.7	23	44	4.1
182	Ruil 6 (Sitio 2/3)	hoja nueva		1.20	0.07	17.1	0.38	0.76	0.26	77	617	5.4	25	42	4.0
183	Ruil 6 (Sitio 2/3)	hoja vieja		1.30	0.07	18.6	0.37	0.90	0.26	91	686	5.3	22	43	4.4

Ruil: Nothofagus alessandrii

FECHA RECEPCION 25/Mar/2004 FECHA ENTREGA

RESULTADOS ANALITICOS REFERIDOS A MUESTRA SECA A 105°C

N° LAB.	IDENTIFICACION		ELEMENTOS MAYORES						ELEMENTOS MENORES					
			N	P	N/P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Cenizas
			%						ppm					%
184	Leonii 1 (Sitio 3)	hoja nueva	1.64	0.07	23.4	0.39	0.51	0.18	96	137	4.0	26	24	2.4
185	Leonii 1 (Sitio 3)	hoja vieja	1.57	0.07	22.4	0.39	0.60	0.20	143	256	5.3	30	30	2.9
186	Leonii 2 (Sitio 3)	hoja nueva	1.44	0.08	18.0	0.38	0.57	0.19	85	198	5.2	37	26	2.6
187	Leonii 2 (Sitio 3)	hoja vieja	1.44	0.09	16.0	0.40	0.62	0.18	97	284	5.0	42	28	2.7
188	Glauca 1 (Sitio 3)	hoja nueva	1.30	0.07	18.6	0.34	0.52	0.22	88	128	3.7	27	24	2.4
189	Glauca 1 (Sitio 3)	hoja vieja	1.24	0.08	15.5	0.35	0.70	0.24	103	231	3.9	35	26	3.1
190	Glauca 2 (Sitio 3)	hoja nueva	1.26	0.06	21.0	0.39	0.53	0.19	133	242	4.5	22	27	2.7
191	Glauca 2 (Sitio 3)	hoja vieja	1.26	0.06	21.0	0.40	0.64	0.18	112	309	4.1	27	30	3.1

Leonii: *Notofagus leonii*
 Glauca: *Nothofagus glauca*

FECHA RECEPCION 5/Apr/2004 FECHA ENTREGA 16/Jul/2004

RESULTADOS ANALITICOS REFERIDOS A MUESTRA SECA A 105°C

Nº LAB.	IDENTIFICACION			ELEMENTOS MAYORES					
				N	P	N/P	K	Ca	Mg
				(%)					
218	Glauca	Lugar 1	hoja nueva	1.14	0.06	19.0	0.47	0.97	0.23
219	Glauca	Lugar 1	hoja vieja	1.20	0.07	17.1	0.50	1.02	0.23
220	Glauca	Lugar 2	hoja nueva	1.04	0.06	17.3	0.48	0.67	0.26
221	Glauca	Lugar 2	hoja vieja	1.10	0.06	18.3	0.48	0.64	0.26
222	Ruil	Lugar 3	hoja nueva	1.10	0.07	15.7	0.55	0.78	0.21
223	Ruil	Lugar 3	hoja vieja	1.06	0.06	17.7	0.53	0.74	0.22
224	Ruil	Lugar 4	hoja nueva	1.12	0.06	18.7	0.58	0.66	0.18
225	Ruil	Lugar 4	hoja vieja	1.14	0.06	19.0	0.54	0.66	0.18
226	Leonii	Árbol	hoja nueva	1.26	0.07	18.0	0.49	1.03	0.21
227	Leonii	Árbol	hoja vieja	1.35	0.08	16.9	0.59	0.93	0.23

ELEMENTOS MENORES						
Fe	Mn	Cu	Zn	B	Cenizas	
ppm					%	
133	547	4.8	29	13	4.4	
180	560	5.1	33	14	4.7	
107	491	3.8	31	10	3.6	
104	489	3.1	31	11	3.6	
143	611	4.4	20	23	4.6	
89	597	3.7	17	21	4.3	
82	524	3.7	18	19	4.1	
83	487	4.2	20	20	4.2	
219	539	4.4	30	23	4.9	
294	607	5.5	31	18	4.5	