

# Impactos de las plantaciones de pino oregón sobre la vegetación y el suelo en la zona centro-sur de Chile

Impact of Douglas-fir plantations on vegetation and soil in south-central Chile

DOROTHEA FRANK<sup>1</sup> y MANFRED FINCKH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lehrstuhl Biogeographie, Universität Bayreuth  
D-95440 Bayreuth, Alemania

<sup>2</sup>Proyecto C.E.E., c/o Departamento de Ciencias Químicas  
Universidad de la Frontera, Casilla 54 D, Temuco, Chile

## RESUMEN

En el presente trabajo se investigan los efectos de la forestación con pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*) sobre la vegetación y la química de los suelos, para evaluar las consecuencias ecológicas de la actividad forestal en el sur de Chile. El muestreo florístico se realizó mediante censos fitosociológicos y métodos de transecto. Los análisis edafológicos se basaron en cuatro perfiles seleccionados. Los fragmentos de bosque nativo del Fundo Voipir (39°19'S, 72°18'W, Villarrica) se caracterizan por su estructura escalonada y su riqueza específica, el estrato arbóreo está dominado por *Nothofagus obliqua*, *N. alpina* y *N. dombeyi*, y una cantidad de trepadoras y epífitas. Los estratos arbóreos inferiores están constituidos por especies del bosque siempreverde valdiviano. Entre los bosques nativos y las plantaciones de pino oregón se observó un empobrecimiento extremo en cuanto a especies vegetales nativas y un establecimiento de plantas introducidas. Junto con los drásticos efectos negativos sobre las comunidades naturales, se reconocen signos de cambio en la química de los suelos, producto de la forestación con *Pseudotsuga menziesii*. En los horizontes superiores del suelo de las plantaciones de pino oregón se reconoce, en comparación con los bosques nativos, una tendencia al empobrecimiento de bases. También se encuentran niveles significativamente menores de saturación de bases, cationes básicos y contenido de fósforo que en los horizontes superiores del suelo bajo bosque nativo. Desde el punto de vista ecológico las plantaciones con pino oregón en monocultivo no son sustentables, pues las comunidades nativas son reemplazadas casi completamente. La ampliación de plantaciones de pino oregón no debiera, por eso, extenderse a áreas ecológicamente valiosas.

**Palabras clave:** biodiversidad, monocultivos, bosque nativo, suelos forestales, sustentabilidad

## ABSTRACT

The ecological consequences of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) plantations in the south of Chile and their impact on the native vegetation and soil chemistry were studied. The study area was a private forest property close to Villarrica (39°19'S, 72°18'W) in southern Chile. Vegetation samples and transect methods were used to assess floristic structure. Samples from four typical soil profiles under native forest and Douglas-fir plantations were analyzed to evaluate the impact of plantations on soil chemistry. Large differences in species diversity and vegetational structure were found between native forest and Douglas-fir plantations. Native forests are rich in epiphytes, climbers and endemic species, the top layer is formed by emergent *Nothofagus obliqua*, *N. alpina* or *N. dombeyi*, the layers below are formed by evergreen tree species from Valdivian rainforest. Douglas-fir plantations are characterized by non-native species (mostly european species of meadows or disturbed sites) and they are extremely poor in native plant species. In addition to the negative influences on the diversity of native flora, the Douglas-fir plantations show changes in soil chemistry compared with soil profiles under native forest. The upper soil horizons under *Pseudotsuga menziesii* show the tendency to be impoverished in base cations, their base saturation is lower and they have lower levels of phosphorus. From an ecological point of view the Douglas-fir plantations are not sustainable because of their destructive influences on the native vegetation. Therefore the Douglas-fir plantations should not be extended to areas with a high ecological value.

**Key words:** biodiversity, monocultures, temperate forests, forest soils, sustainability

## INTRODUCCION

Originalmente el sur de Chile estaba casi completamente cubierto por extensos bosques templados. A partir de la segunda mitad del siglo pasado estos bosques fueron alterados y destruidos en gran escala para obtener tierras agrícolas. En las últimas décadas se inició un segundo cambio del uso de suelo en gran escala: se empezó la forestación con especies introducidas en forma de monocultivos. Actualmente las plantaciones tienen un gran impacto económico y ecológico para el país y sus superficies siguen creciendo a un nivel muy alto.

La silvicultura en Chile se basa casi exclusivamente en plantaciones de especies exóticas. Estas se componían, en 1991, en un 85% de monocultivos de *Pinus radiata* (Cabrera 1992). El pino oregón, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco var. *menziesii* constituye una interesante alternativa y complemento a las plantaciones de *Pinus radiata*, si bien hasta ahora ocupa sólo una pequeña proporción del área forestada, cercana al 1% (Hartwig 1991). *Pseudotsuga menziesii* es una conífera introducida de Norteamérica, de la familia *Pinaceae*. Se caracteriza por su crecimiento relativamente rápido (período de rotación entre 50 y 60 años) y por las buenas propiedades de su madera dura, de gran resistencia mecánica y fácil de trabajar (Kannegiesser 1988). El pino oregón se utiliza en variadas formas como madera de construcción.

En los últimos años los extensos monocultivos de *Pinus radiata* han sido criticados. Tanto porque con los métodos de cultivo actuales en Chile, no se daría una sustentabilidad en relación al suelo, como porque con los monocultivos aumentaría el riesgo de extenso daño por plagas y, en tercer lugar, las plantaciones de *Pinus radiata* serían un ambiente inhóspito para la biota nativa (von Buch & Osorio 1987) asociada a bosques mixtos.

Aunque hasta el presente no hay investigaciones sobre las consecuencias de los monocultivos de pino oregón en el sur de Chile, antes de comenzar una forestación a gran escala con esta especie introducida debieran investigarse, en forma preventiva, sus consecuencias ecológicas sobre el ambiente.

Con este objetivo, las interrogantes centrales de este estudio son: 1) ¿Qué consecuencias tiene la plantación de pino oregón sobre la vegetación autóctona?, y 2) ¿Cómo cambian las características químicas del suelo debido a la forestación con *Pseudotsuga menziesii*?

A través del análisis de suelos se evalúa el impacto de plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* a la fertilidad de suelo. En conjunto con los datos obtenidos sobre los impactos de las plantaciones a la vegetación autóctona se evalúa su sustentabilidad ecológica, de la cual biodiversidad y fertilidad de suelo son dos aspectos principales.

Las investigaciones se realizaron entre enero y abril de 1993, en el Fundo Voipir en Villarrica (IX Región), el más grande e importante fundo forestal de pino oregón en Chile. Los análisis de suelo y la interpretación de los datos se desarrollaron en Bayreuth y Temuco en los años 1993 a 1996.

*Area de estudio*

La IX Región de Chile se puede dividir, desde el punto de vista geomorfológico, en cuatro grandes unidades: Cordillera de la Costa, depresión intermedia, precordillera y Cordillera de los Andes. El Fundo Voipir se ubica en el área de la precordillera, al oeste-suroeste de Villarrica (Fig. 1) e incluye la mayor parte de los Cerros Voipir. Los cerros están cubiertos por morrenas pleistocénicas, sobre las cuales se acumularon cenizas andesíticas del volcán Villarrica, que sirvieron como material generador de los suelos (von Buch 1970). Estos son suelos jóvenes, que en Chile se clasifican como trumaos, y según la nomenclatura de la FAO como andosols. El principal componente de las cenizas fueron vidrios volcánicos que se transformaron por los procesos de meteorización en alofanos y, con el desarrollo del suelo, en minerales cristalinos de arcilla. Los trumaos de la precordillera tienen propiedades físicas favorables para el crecimiento de plantas, como una alta capacidad de campo, una gran profundidad (1 - 3 m) y un buen drenaje. Respecto a la textura domina la fracción de limo (2-63 µm). La disponibilidad de nutrientes es buena, aunque la alta capacidad de fijación

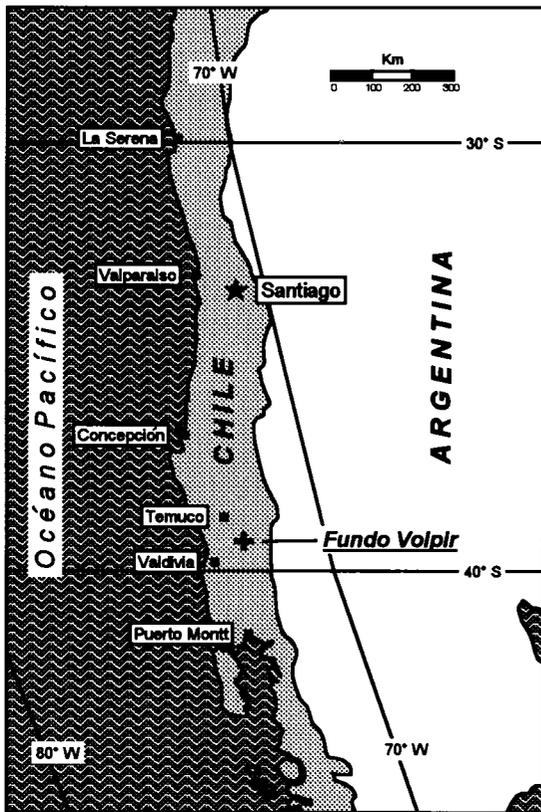


Fig. 1: Area de estudio en Chile sur-central  
Study area in south-central Chile.

de fosfato en suelos volcánicos ocasionalmente produce una escasez de fósforo.

El clima del área de estudio se asemeja al del bosque valdiviano. Se le describe como húmedo a subhúmedo (von Buch 1975), con episódicos períodos secos en el verano. En Villarrica la precipitación anual es de 3 000 mm (Donoso 1979) y la temperatura media anual es de 12°C.

De acuerdo a la clasificación de la vegetación de Schmithüsen (1956), el área investigada se encuentra en la zona de transición entre el área del bosque caducifolio de la zona templada y la del bosque valdiviano. Esta posición intermedia se refleja también en la zonación altitudinal de los bosques del Voipir.

En el Fundo Voipir las plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* ocupan aproximadamente 2 000 ha, la mayor parte de su superficie total de 2 400 ha. Las plantaciones se encuentran todas en la primera rotación, las más antiguas tienen una edad de aproxima-

damente 40 años. En el área se encuentran también fragmentos de bosque nativo de distintos tamaños y estadios de conservación. Los bosques nativos del Fundo Voipir fueron explotados en distinto grado por medio de "floreo". De esta manera se aprovecharon en forma selectiva las mejores especies arbóreas y los mejores ejemplares, el resto fue dejado en pie o quemado. Los dos mayores fragmentos de bosque nativo del Fundo Voipir (de 50 ha y 30 ha, respectivamente) fueron sólo levemente explotados, con la extracción selectiva de ejemplares, y desde hace 30 años se mantienen sin perturbación.

#### MATERIAL Y METODOS

Los efectos de las plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* sobre la vegetación nativa fueron investigados mediante censos fitosociológicos (según Braun-Blanquet 1964) y métodos de transectos. Así se pudo comparar la vegetación de los rodales de pino oregón con la de los fragmentos de bosque nativo. La nomenclatura de las especies sigue Marticorena & Quezada (1985).

Se modificó el método fitosociológico tradicional para obtener informaciones sobre la estructura vegetacional que permite conclusiones sobre la dinámica de los rodales y la regeneración de sus especies. Por esto en los censos fitosociológicos se distinguieron tres estratos arbóreos (B1: >20 m, B2: 20-10 m, B3: 10-5 m), un estrato arbustivo (S1: 5-0,5 m) y un estrato herbáceo (K: <0,5 m). Las trepadoras fueron muestreadas en tres estratos (L1: trepadoras en B, L2 en S, L3 en el suelo). De esta forma se consigue información sobre la estructura vertical de los bosques que permite conclusiones tanto sobre la composición florística de los bosques como sobre su dinámica regenerativa. Se realizaron 72 censos en bosque nativo, de ellos 20 en bosques de altitudes sobre 600 m, 43 en bosques de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. bajo los 600 m y nueve censos en pequeños renovales de *Nothofagus obliqua*. 13 censos se realizaron en áreas recién taladas, 36 censos en plantaciones densas de pino oregón y 22 censos en plantaciones recién raleadas.

Los censos de vegetación fueron ordenados según su similitud florística en comuni-

dades. La tabla fitosociológica original sirvió como base para calcular el número promedio de especies en total, de especies nativas y de especies introducidas en cada una de las comunidades (Tab. 1). De la misma tabla se calculó la altura promedio de las distintas comunidades. Los cálculos consideraron todas las especies claramente determinadas. Aquellas especies indeterminadas (e.g., *Solanum spec.*) no fueron consideradas dentro de los cálculos.

De esta tabla fitosociológica (Frank 1994) se calculó además la constancia de las especies (diferenciado por estrato) en cada comunidad. Las tablas de constancia de plantaciones y bosques del Fundo Voipir (Tab. 2, Tab. 3) permiten comparar la presencia o ausencia de las especies en las diferentes comunidades. Así se evalúa el impacto de plantaciones (con su respectivo manejo) a la diversidad florística del Fundo Voipir. Para lograr una presentación más clara se reunieron en las tablas de constancia los tres estratos arbóreos en uno solo, y sólo se consideraron aquellas especies que aparecieron en al menos tres censos. La primera tabla (Tab. 2) representa los censos en zonas bajas y medianas, la segunda tabla (Tab. 3) los censos en zonas altas sobre los 600 m.s.n.m.

Por medio de transectos a través del margen desde los renovales deciduos de

*N. obliqua* hasta las plantaciones siempreverdes y oscuras de *Pseudotsuga menziesii* se investigó la influencia de la luz sobre la composición específica de los bosques. La Fig. 2 muestra uno de estos transectos. A lo largo de un transecto de 20 m de largo se registraron todas las especies arbóreas hasta una distancia de 2 m de la línea de transecto y se mapearon los individuos en un diagrama de distribución horizontal.

Los análisis edafológicos se realizaron en cuatro perfiles principales. El primer perfil se encuentra en una planicie en la zona de la cumbre del Cerro Voipir, a 740 m. Se ubica en una plantación de *Pseudotsuga menziesii* plantada en 1962 y podada hasta una altura de 12 - 15 m. A una distancia de 100 m de este punto se encuentra en la misma planicie el segundo perfil bajo un típico rodal de bosque nativo dominado por *Nothofagus alpina* (P. et E.) Oerst. y *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. (*Nothofago alpinae-Dasyphylletum diacanthoides* Finckh 1996). En las zonas bajas del Voipir se situaron el tercer perfil en una plantación de *Pseudotsuga menziesii* y el cuarto perfil en un bosque dominado por *Nothofagus obliqua* y *Persea lingue* (R. et P.) Nees ex Kopp (*Nothofago-Perseetum lingue*). El perfil bajo *Pseudotsuga menziesii* se encuentra a 415 m, en una ladera de 18° de inclinación este-noreste.

TABLA 1

## Datos estadísticos de los censos de vegetación

## Statistical data of vegetation samples

N° de comunidad	Nombre de la comunidad	Número de censos	Altura promedio (m.s.n.m.)	Número total de especies	Número de especies introducidas	Número de especies nativas	Cobertura promedio (%)
<i>Sitios de zonas bajas y medianas:</i>							
Com. 1	Plantaciones densas de <i>P. menziesii</i>	26	368 ± 62	6,9 ± 2,7	1,4 ± 1,1	5,5 ± 2,2	98,3 ± 4,6
Com. 2	Plantaciones raleadas de <i>P. menziesii</i>	12	365 ± 78	25,3 ± 5,6	9,4 ± 3,7	15,9 ± 4,2	92,9 ± 5,9
Com. 3	Sitios de tala rasa	5	500 ± 0	23,0 ± 2,8	17,2 ± 2,6	5,8 ± 1,0	86,0 ± 8,0
Com. 4	Renovales de <i>N. obliqua</i>	9	426 ± 45	19,7 ± 4,5	2,3 ± 1,3	17,3 ± 3,5	97,8 ± 3,4
Com. 5	<i>Nothofago-Perseetum lingue</i>	43	379 ± 87	27,7 ± 4,5	1,6 ± 1,9	26,0 ± 3,9	100,0 ± 0,3
<i>Sitios de zonas altas:</i>							
Com. 6	Plantaciones densas de <i>P. menziesii</i>	10	658 ± 44	9,1 ± 5,6	1,1 ± 0,3	8,0 ± 5,5	97,8 ± 3,2
Com. 7	Plantaciones raleadas de <i>P. menziesii</i>	10	653 ± 45	28,5 ± 5,9	7,9 ± 3,7	20,6 ± 6,4	80,0 ± 16,0
Com. 8	Sitios de tala rasa	8	691 ± 3	24,1 ± 8,6	7,7 ± 4,4	16,4 ± 4,9	74,0 ± 12,0
Com. 9	<i>Nothofago-Dasyphylletum</i>	20	716 ± 20	30,1 ± 4,5	0,2 ± 0,5	29,9 ± 4,2	99,8 ± 1,1

TABLA 2

Tabla de constancia de las zonas bajas y medianas  
Constancy table of the lower zones

N° de la comunidad:			1	2	3	4	5
			Pld	Plr	Tr	Re	Bn
Especies forestales introducidas:							
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	B	N	IV	IV	-	III	-
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	S	N	-	II	I	I	r
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	K	N	II	III	-	I	r
<i>Cupressus cf lusitanica</i>	B	N	-	III	-	-	-
<i>Cupressus cf lusitanica</i>	K	N	-	III	-	-	-
<i>Quercus robur</i>	K	N	-	II	-	-	-
<i>Pinus radiata</i>	K	N	-	I	III	-	-
<i>Acer pseudoplatanos</i>	S	N	-	I	II	II	r
<i>Acer pseudoplatanos</i>	K	N	-	II	IV	I	I
<i>Acacia melanoxylon</i>	S	N	-	I	II	-	-
<i>Acacia melanoxylon</i>	K	N	-	II	II	-	-
<i>Castanea sativa</i>	K	N	+	+	-	-	-
Especies de zonas de tala rasa:							
<i>Hypochaeris radicata</i>	K	N	-	III	IV	-	r
<i>Digitalis purpurea</i>	K	N	-	IV	IV	-	I
<i>Relbunium hypocarpium</i>	K	A	+	II	II	-	r
<i>Solanum cyrtopodium</i>	S	A	r	III	-	-	r
<i>Solanum cyrtopodium</i>	K	A	r	II	IV	-	r
<i>Holcus lanatus</i>	K	N	-	II	II	-	-
<i>Rumex acetosella</i>	K	N	-	II	IV	-	-
<i>Crepis capillaris</i>	K	N	-	I	IV	-	r
<i>Prunella vulgaris</i>	K	N	+	IV	IV	I	+
<i>Lotus uliginosus</i>	K	N	I	III	II	-	-
<i>Solanum nigrum</i>	K	N	-	II	II	-	r
<i>Cirsium vulgare</i>	K	N	-	II	IV	-	-
<i>Leucanthemum vulgare</i>	K	N	-	II	II	-	-
<i>Plantago lanceolata</i>	K	N	-	+	I	-	-
<i>Agrostis leptotricha</i>	K	A	-	-	IV	-	-
<i>Lolium multiflorum</i>	K	N	-	-	I	-	r
<i>Verbascum thapsus</i>	K	N	-	-	IV	-	-
<i>Conyza cf lechleri</i>	K	?	-	-	IV	-	-
<i>Triticum spec.</i>	K	N	-	-	IV	-	-
<i>Geranium cf core-core</i>	K	A	-	-	IV	-	-
<i>Cerastium spec.</i>	K	?	-	-	IV	-	-
<i>Taraxacum officinale</i>	K	N	-	+	IV	-	r
<i>Leontodon taraxacoides</i>	K	N	-	+	III	-	-
<i>Cynosurus echinatus</i>	K	N	-	-	II	-	-
<i>Trifolium repens</i>	K	N	-	-	IV	-	-
<i>Acaena ovalifolia</i>	K	A	-	I	-	II	r
<i>Alstroemeria aurantiaca</i>	K	A	-	II	-	II	+
<i>Ribes magellanicum</i>	S	A	-	+	-	-	I
<i>Ribes magellanicum</i>	K	A	-	I	-	-	I
<i>Stellaria debilis</i>	K	A	-	-	-	-	r
<i>Oxalis valdiviensis</i>	K	A	-	II	I	-	-
<i>Geranium spec. div.</i>	K	?	-	I	-	-	-
<i>Senecio otites</i>	K	A	-	+	-	-	-
<i>Loasa acanthifolia</i>	K	A	r	I	-	-	+
Especies nativas en plantaciones raleadas:							
<i>Aristotelia chilensis</i>	S	A	-	III	I	IV	IV
<i>Luma apiculata</i>	S	A	I	+	-	IV	III
<i>Lomatia dentata</i>	S	A	r	+	-	III	IV
<i>Lomatia dentata</i>	K	A	+	II	-	II	III
<i>Laurelia sempervirens</i>	S	A	-	II	-	III	III
<i>Laurelia sempervirens</i>	K	A	+	III	-	II	III

Tabla 2 (Continuación)

Nº de la comunidad:			1	2	3	4	5
			Pld	Plr	Tr	Re	Bn
<i>Cissus striata</i>	L1	A	-	-	-	III	III
<i>Cissus striata</i>	L2	A	+	III	-	IV	III
<i>Persea lingue</i>	S	A	r	I	-	III	III
<i>Hydrocotyle poeppigii</i>	K	A	-	II	-	III	II
<i>Boquila trifoliolata</i>	L2	A	r	II	-	IV	IV
<i>Rhaphithamus spinosus</i>	S	A	+	+	-	IV	IV
<i>Aextoxicon punctatum</i>	S	A	+	+	-	III	IV
<i>Lapageria rosea</i>	L2	A	+	II	-	IV	IV
<i>Osmorhiza chilensis</i>	K	A	+	-	-	III	III
<i>Gevuina avellana</i>	S	A	-	-	-	III	III
<i>Gevuina avellana</i>	K	A	+	II	-	II	IV
<i>Rhamnus diffusus</i>	S	A	+	-	-	IV	III
<i>Chusquea quila</i>	L1	A	-	-	-	I	I
<i>Chusquea quila</i>	S	A	-	II	-	II	III
<i>Chusquea quila</i>	K	A	-	I	-	I	III
<i>Fuchsia magellanica</i>	S	A	-	I	-	-	II
<i>Fuchsia magellanica</i>	K	A	-	+	-	-	I
<i>Oxalis corniculata</i>	K	N	-	+	-	II	+
Especies exclusivas del bosque nativo:							
<i>Nothofagus obliqua</i>	B	A	+	-	-	IV	IV
<i>Nothofagus obliqua</i>	S	A	-	+	-	-	+
<i>Nothofagus obliqua</i>	K	A	-	-	-	I	+
<i>Eucryphia cordifolia</i>	B	A	-	-	-	-	III
<i>Eucryphia cordifolia</i>	S	A	-	I	-	I	III
<i>Eucryphia cordifolia</i>	K	A	-	-	-	I	III
<i>Gevuina avellana</i>	B	A	-	-	-	I	III
<i>Aextoxicon punctatum</i>	B	A	-	-	-	-	II
<i>Laureliopsis philippiana</i>	B	A	-	-	-	-	II
<i>Laureliopsis philippiana</i>	S	A	-	I	-	-	III
<i>Laureliopsis philippiana</i>	K	A	-	II	-	-	II
<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	B	A	-	-	-	-	II
<i>Mitraria coccinea</i>	L2	A	-	-	-	-	III
<i>Mitraria coccinea</i>	K	A	-	+	-	-	III
<i>Luzuriaga radicans</i>	L2	A	-	-	-	-	III
<i>Luzuriaga radicans</i>	K	A	-	-	-	-	IV
<i>Blechnum mochaenum</i>	K	A	-	-	-	-	II
<i>Asplenium dareoides</i>	L2	A	-	-	-	-	IV
<i>Hymenophyllum dentatum</i>	L2	A	-	-	-	-	II
<i>Hymenophyllum pectinatum</i>	L2	A	-	-	-	-	+
<i>Hymenophyllum plicatum</i>	L2	A	-	-	-	-	I
<i>Grammitis magellanica</i>	L2	A	-	-	-	-	+
<i>Pyrrhobryum spiniforme</i>	M	A	-	-	-	-	II
<i>Klytropus chilensis</i>	L2	A	-	+	-	-	I
<i>Klytropus chilensis</i>	K	A	-	+	-	II	II
<i>Hydrangea serratifolia</i>	L1	A	-	-	-	-	r
<i>Hydrangea serratifolia</i>	L2	A	-	-	-	-	I
<i>Hydrangea serratifolia</i>	K	A	-	-	-	-	I
<i>Polypodium feuillei</i>	L1	A	-	-	-	I	r
<i>Polypodium feuillei</i>	L2	A	-	-	-	-	I
<i>Polypodium feuillei</i>	K	A	-	-	-	I	I
<i>Lophosoria quadripinnata</i>	K	A	-	-	-	-	I
<i>Pseudopanax laeterivens</i>	S	A	-	-	-	-	r
<i>Pseudopanax laeterivens</i>	K	A	-	-	-	-	r
<i>Weinmannia trichosperma</i>	B	A	-	-	-	-	+
<i>Weinmannia trichosperma</i>	S	A	-	-	-	-	I
<i>Weinmannia trichosperma</i>	K	A	-	-	-	-	+
<i>Hymenophyllum bibraianum</i>	L2	A	-	-	-	-	+
<i>Blechnum blechnoides</i>	K	A	r	-	-	-	r

Tabla 2 (Continuación)

Nº de la comunidad:			1	2	3	4	5
			Pld	Plr	Tr	Re	Bn
Especies del							
<i>Nothofago-Perseetum</i>							
	B	A	-	-	-	-	III
	L1	A	r	+	-	-	III
	B	A	-	-	-	-	III
	B	A	-	-	-	-	II
	B	A	-	-	-	I	III
	L1	A	-	-	-	-	II
	L2	A	-	+	-	-	II
	K	A	-	-	-	-	II
	L2	A	-	-	-	-	I
	K	A	-	+	-	-	I
	B	A	-	-	-	-	I
	S	A	-	-	-	I	II
	K	A	-	+	-	I	I
	K	A	-	-	-	-	I
	B	A	-	-	-	-	I
	B	A	-	-	-	-	II
	S	A	-	+	-	III	II
	K	A	-	II	-	II	I
	B	A	-	-	-	-	+
	S	A	-	-	-	-	I
	K	A	-	I	-	-	I
Especies del							
<i>Nothofago-Dasyphyllum:</i>							
	B	A	-	-	-	-	r
	S	A	-	-	-	-	r
	K	A	-	-	-	-	r
	S	A	-	-	-	-	+
	K	A	-	-	-	-	r
	B	A	-	-	-	-	I
	S	A	-	-	-	-	+
	K	A	-	+	-	-	+
	M	A	-	+	-	-	+
	B	A	-	-	-	-	r
	S	A	-	-	-	-	+
	K	A	-	-	-	-	r
	B	A	-	-	-	-	-
	S	A	-	-	-	-	r
	K	A	-	-	-	-	-
	K	A	-	-	-	-	r
	S	A	-	-	-	I	I
	K	A	-	+	-	-	r
	L2	A	-	-	-	-	r
	L1	A	-	-	-	-	r
	L2	A	-	-	-	-	r
	K	A	-	-	-	-	r
Especies mayoritariamente							
ornitócoras:							
	K	A	IV	IV	-	IV	IV
	K	A	III	IV	-	IV	III
	K	A	+	III	-	III	III
	K	A	III	III	-	IV	IV
	K	A	III	II	-	III	III
	K	A	III	III	-	IV	IV
	K	A	IV	IV	-	IV	IV
	K	A	-	II	-	III	III
	K	A	I	III	I	IV	IV
	K	A	I	IV	IV	III	IV

Tabla 2 (Continuación)

N° de la comunidad:			1	2	3	4	5
			Pld	Plr	Tr	Re	Bn
<i>Luma apiculata</i>	K	A	I	III	-	IV	III
<i>Berberis darwinii</i>	S	A	-	-	-	II	r
<i>Berberis darwinii</i>	K	A	+	-	-	III	I
<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	L2	A	-	II	-	II	I
<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	K	A	+	III	IV	I	I
<i>Uncinia Phleolides</i>	K	A	-	II	-	II	r
<i>Solanum valdiviense</i>	S	A	r	I	-	-	+
<i>Solanum valdiviense</i>	K	A	r	III	-	-	-
<i>Tropaeolum speciosum</i>	L2	A	-	-	-	I	r
<i>Tropaeolum speciosum</i>	K	A	-	I	-	-	I
<i>Dioscorea brachybothrya</i>	L2	A	-	-	-	-	r
<i>Dioscorea brachybothrya</i>	K	A	r	-	-	-	+
<i>Ugni molinae</i>	S	A	-	-	-	I	+
<i>Ugni molinae</i>	K	A	-	-	-	I	+
<i>Blechnum chilense</i>	K	A	-	-	-	-	I
Especies acompañantes nativas:							
<i>Dysopsis glechomoides</i>	K	A	-	-	-	-	r
<i>Gaultheria phillyreifolia</i>	K	A	-	-	-	-	r
<i>Agrostis philippiana</i>	K	A	-	I	-	-	r
<i>Gavilea araucana</i>	K	A	-	I	-	-	+
<i>Hypolepis rugosula</i>	K	A	-	+	-	-	r
<i>Polystichum chilense</i>	K	A	-	-	-	-	+
<i>Salix cf chilensis</i>	K	A	r	I	-	-	-
<i>Cynanchum pachyphyllum</i>	K	A	-	-	-	-	r
<i>Campsidium valdivianum</i>	L2	A	-	-	-	-	r
<i>Campsidium valdivianum</i>	K	A	-	-	-	-	r
<i>Bromus fonckii</i>	K	A	r	-	-	-	r
<i>Senecio yegua</i>	S	A	-	+	-	-	+
<i>Senecio yegua</i>	K	A	-	-	-	-	+
<i>Solanum spec.</i>	S	?	-	I	-	I	-
<i>Solanum spec.</i>	K	?	r	-	-	-	-
Especies acompañantes introducidas:							
<i>Rubus constrictus</i>	S	N	-	III	-	III	II
<i>Rubus constrictus</i>	K	N	+	IV	II	II	III
<i>Dactylis glomerata</i>	K	N	-	-	-	II	I
<i>Prunus avium</i>	K	N	-	III	-	I	+
<i>Rosa moschata</i>	S	N	-	-	-	I	I
<i>Rosa moschata</i>	K	N	-	-	-	-	I
<i>Sonchus asper</i>	K	N	-	II	I	-	-
<i>Senecio sylvaticus</i>	K	N	-	-	-	-	-

- r : Presente en 1-5% de los censos.  
 + : Presente en 6-10% de los censos.  
 I : Presente en 11-20% de los censos.  
 II : Presente en 21-40% de los censos.  
 III : Presente en 41-60% de los censos.  
 IV : Presente en 61-80% de los censos.  
 V : Presente en 81-100% de los censos.

- M : Musgo.  
 K : Estrato herbáceo.  
 S : Estrato arbustivo.  
 B : Estrato arbóreo.  
 L : Enredadera.  
 A : Especie nativa.  
 N : Especie introducida.

Presencia mínima: 3 censos.

TABLA 3

## Tabla de constancia de las zonas altas

Constancy table of the upper zones

Nº de la comunidad:			6	7	8	9
			Pld	Plr	Tr	Bn
Especies forestales introducidas:						
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	B	N	IV	IV	-	-
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	K	N	+	III	III	r
Especies de zonas de tala rasa:						
<i>Hypochaeris radicata</i>	K	N	-	IV	IV	-
<i>Digitalis purpurea</i>	K	N	-	IV	IV	-
<i>Relbunium hypocarpium</i>	K	A	I	III	III	-
<i>Solanum cyrtopodium</i>	S	A	+	+	-	r
<i>Solanum cyrtopodium</i>	K	A	II	III	IV	-
<i>Holcus lanatus</i>	K	N	-	III	III	-
<i>Rumex acetosella</i>	K	N	-	III	III	-
<i>Crepis capillaris</i>	K	N	-	+	III	-
<i>Prunella vulgaris</i>	K	N	+	IV	I	-
<i>Lotus uliginosus</i>	K	N	-	II	I	-
<i>Solanum nigrum</i>	K	N	-	II	-	-
<i>Cirsium vulgare</i>	K	N	-	II	III	-
<i>Leucanthemum vulgare</i>	K	N	-	II	III	-
<i>Plantago lanceolata</i>	K	N	-	II	II	-
<i>Agrostis leptotricha</i>	K	A	-	II	-	-
<i>Lolium multiflorum</i>	K	N	-	+	I	-
<i>Cerastium spec.</i>	K	?	-	+	I	-
<i>Leontodon taraxacoides</i>	K	N	-	-	I	-
<i>Cynosurus echinatus</i>	K	N	-	-	I	-
<i>Trifolium repens</i>	K	N	-	+	III	-
<i>Embothrium coccineum</i>	K	A	-	-	IV	I
<i>Nothofagus alpina</i>	S	A	-	+	IV	+
<i>Acaena ovalifolia</i>	K	A	-	IV	III	r
<i>Buddleja globosa</i>	K	A	-	III	III	-
<i>Viola reichei</i>	K	A	-	III	III	-
<i>Alstroemeria aurantiaca</i>	K	A	+	+	IV	I
<i>Ribes magellanicum</i>	S	A	-	+	-	-
<i>Ribes magellanicum</i>	K	A	+	IV	IV	+
<i>Stellaria debilis</i>	K	A	-	II	I	-
<i>Oxalis valdiviensis</i>	K	A	-	+	-	-
<i>Urtica magellanica</i>	K	A	-	III	-	-
<i>Geranium spec. div.</i>	K	?	-	II	-	-
<i>Senecio otites</i>	K	A	-	III	-	-
<i>Loasa acanthifolia</i>	K	A	II	II	I	II
<i>Conyza spec.</i>	K	?	-	II	-	-
Especies nativas en plantaciones raleadas:						
<i>Aristotelia chilensis</i>	S	A	+	I	+	I
<i>Luma apiculata</i>	S	A	+	-	-	+
<i>Lomatia dentata</i>	S	A	-	-	-	I
<i>Lomatia dentata</i>	K	A	I	+	I	I
<i>Laurelia sempervirens</i>	S	A	-	-	-	+
<i>Cissus striata</i>	L1	A	-	-	-	r
<i>Cissus striata</i>	L2	A	+	-	-	+
<i>Hydrocotyle poeppigii</i>	K	A	-	II	-	+
<i>Boquila trifoliolata</i>	L2	A	+	-	-	I
<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	S	A	I	+	-	IV
<i>Aextoxicon punctatum</i>	S	A	-	+	-	IV
<i>Lapageria rosea</i>	L2	A	II	II	-	III
<i>Osmorhiza chilensis</i>	K	A	-	II	III	III
<i>Gevuina avellana</i>	S	A	-	-	II	III
<i>Gevuina avellana</i>	K	A	-	-	III	III

Tabla 3 (Continuación)

N° de la comunidad:			6	7	8	9
			Pld	Plr	Tr	Bn
<i>Rhamnus diffusus</i>	S	A	-	-	-	II
<i>Chusquea quila</i>	S	A	-	-	III	I
<i>Chusquea quila</i>	K	A	-	-	III	II
<i>Fuchsia magellanica</i>	S	A	-	I	-	II
<i>Fuchsia magellanica</i>	K	A	+	IV	-	I
<i>Oxalis corniculata</i>	K	N	-	+	-	-
Especies exclusivas del bosque nativo:						
<i>Nothofagus obliqua</i>	B	A	-	+	I	III
<i>Nothofagus obliqua</i>	S	A	-	-	I	r
<i>Nothofagus obliqua</i>	K	A	-	I	I	+
<i>Eucryphia cordifolia</i>	B	A	-	-	-	II
<i>Eucryphia cordifolia</i>	S	A	-	-	-	II
<i>Eucryphia cordifolia</i>	K	A	-	-	-	II
<i>Gevuina avellana</i>	B	A	-	-	-	II
<i>Aextoxicon punctatum</i>	B	A	-	-	-	II
<i>Laureliopsis philippiana</i>	B	A	-	-	-	III
<i>Laureliopsis philippiana</i>	S	A	-	-	-	IV
<i>Laureliopsis philippiana</i>	K	A	II	+	II	III
<i>Rhaphithammus spinosus</i>	B	A	-	-	-	II
<i>Mitraria coccinea</i>	L2	A	-	+	-	IV
<i>Mitraria coccinea</i>	K	A	+	+	II	IV
<i>Luzuriaga radicans</i>	L2	A	-	+	-	III
<i>Luzuriaga radicans</i>	K	A	-	+	II	IV
<i>Blechnum mochaenum</i>	K	A	-	+	-	III
<i>Asplenium dareoides</i>	L2	A	-	II	II	IV
<i>Hymenophyllum dentatum</i>	L2	A	-	+	-	IV
<i>Hymenophyllum pectinatum</i>	L2	A	-	-	-	I
<i>Hymenophyllum plicatum</i>	L2	A	-	-	-	IV
<i>Grammitis magellanica</i>	L2	A	-	-	-	I
<i>Pyrhobryum spiniforme</i>	M	A	-	-	-	III
<i>Elytropus chilensis</i>	L2	A	+	+	-	I
<i>Elytropus chilensis</i>	K	A	II	II	I	IV
<i>Hydrangea serratifolia</i>	L1	A	-	-	-	II
<i>Hydrangea serratifolia</i>	L2	A	-	-	-	III
<i>Hydrangea serratifolia</i>	K	A	-	-	-	III
<i>Polypodium feuillei</i>	L1	A	-	-	-	r
<i>Polypodium feuillei</i>	L2	A	-	-	-	I
<i>Polypodium feuillei</i>	K	A	-	-	-	I
<i>Lophosoria quadripinnata</i>	K	A	-	II	-	II
<i>Pseudopanax laetevirens</i>	S	A	-	-	-	I
<i>Pseudopanax laetevirens</i>	K	A	-	-	-	I
<i>Weinmannia trichosperma</i>	B	A	-	-	-	II
<i>Weinmannia trichosperma</i>	S	A	-	-	-	I
<i>Weinmannia trichosperma</i>	K	A	-	+	-	+
<i>Hymenophyllum bibratianum</i>	L2	A	-	-	-	I
<i>Blechnum blechnoides</i>	K	A	-	-	-	+
Especies del <i>Nothofago-Perseetum</i> :						
<i>Lapageria rosea</i>	L1	A	-	-	-	+
<i>Lomatia dentata</i>	B	A	-	-	-	r
<i>Caldcluvia paniculata</i>	B	A	-	-	-	+
<i>Caldcluvia paniculata</i>	S	A	-	-	-	I
<i>Caldcluvia paniculata</i>	K	A	-	-	-	I
<i>Luma apiculata</i>	B	A	-	-	-	r
<i>Lomatia hirsuta</i>	B	A	-	-	-	+
<i>Lomatia hirsuta</i>	S	A	-	-	-	r
<i>Lomatia hirsuta</i>	K	A	-	+	I	+
<i>Drimys winteri</i>	K	A	+	-	-	-

Tabla 3 (Continuación)

Nº de la comunidad:			6	7	8	9
			Pld	Plr	Tr	Bn
<b>Especies del</b>						
<i>Nothofago-Dasyphyllum:</i>						
<i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	B	A	-	+	-	IV
<i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	S	A	I	+	II	IV
<i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	K	A	II	I	II	IV
<i>Chusquea culecu</i>	S	A	II	-	-	IV
<i>Chusquea culecu</i>	K	A	-	-	-	II
<i>Nothofagus dombeyi</i>	B	A	-	-	I	IV
<i>Nothofagus dombeyi</i>	S	A	-	-	I	+
<i>Nothofagus alpina</i>	B	A	-	-	I	IV
<i>Nothofagus alpina</i>	K	A	+	-	II	II
<i>Azara lanceolata</i>	S	A	+	II	-	IV
<i>Azara lanceolata</i>	K	A	II	IV	II	IV
<i>Rigodium implexus</i>	M	A	-	-	-	IV
<i>Amomyrtus luma</i>	B	A	-	-	-	II
<i>Amomyrtus luma</i>	S	A	+	+	-	III
<i>Amomyrtus luma</i>	K	A	I	+	-	III
<i>Lomatia ferruginea</i>	B	A	-	+	-	I
<i>Lomatia ferruginea</i>	S	A	-	-	-	III
<i>Lomatia ferruginea</i>	K	A	-	I	-	III
<i>Greigia landbeckii</i>	K	A	-	-	-	III
<i>Myrceugenia planipes</i>	S	A	-	+	-	III
<i>Myrceugenia planipes</i>	K	A	+	+	-	III
<i>Hymenophyllum tortuosum</i>	L2	A	-	-	-	II
<i>Mitraria coccinea</i>	L1	A	-	-	-	II
<i>Asplenium trilobum</i>	L2	A	-	-	-	II
<i>Uncinia erinacea</i>	K	A	-	+	-	II
<b>Especies mayoritariamente</b>						
<b>ornitócoras:</b>						
<i>Cissus striata</i>	K	A	III	III	I	I
<i>Persea lingue</i>	K	A	-	+	-	+
<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	K	A	II	III	III	III
<i>Lapageria rosea</i>	K	A	II	I	-	III
<i>Rhamnus diffusus</i>	K	A	I	-	-	I
<i>Aextoxicon punctatum</i>	K	A	II	II	-	IV
<i>Blechnum hastatum</i>	K	A	III	III	I	II
<i>Nertera granadensis</i>	K	A	+	IV	II	III
<i>Boquila trifoliolata</i>	K	A	II	I	IV	II
<i>Aristolelia chilensis</i>	K	A	II	IV	IV	I
<i>Luma apiculata</i>	K	A	+	-	-	+
<i>Berberis darwinii</i>	S	A	-	-	-	+
<i>Berberis darwinii</i>	K	A	+	I	III	II
<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	K	A	-	+	I	-
<i>Uncinia phleoides</i>	K	A	I	III	II	r
<i>Solanum valdiviense</i>	S	A	-	+	-	-
<i>Solanum valdiviense</i>	K	A	+	II	-	-
<i>Tropaeolum speciosum</i>	L2	A	-	I	-	-
<i>Tropaeolum speciosum</i>	K	A	II	III	-	II
<i>Dioscorea brachybothrya</i>	L2	A	-	I	-	r
<i>Dioscorea brachybothrya</i>	K	A	+	+	II	I
<i>Blechnum chilense</i>	K	A	+	II	-	-
<b>Especies acompañantes</b>						
<b>nativas:</b>						
<i>Dysopsis glechomoides</i>	K	A	-	III	-	I
<i>Gaultheria phillyreifolia</i>	K	A	-	+	II	I
<i>Agrostis philippiana</i>	K	A	-	+	-	-
<i>Hypolepsis rugosula</i>	K	A	-	II	-	-
<i>Cynanchum pachyphyllum</i>	K	A	-	+	-	+
<i>Campsidium valdivianum</i>	L2	A	+	-	-	+

Tabla 3 (Continuación)

Nº de la comunidad:			6	7	8	49
			Pld	Plr	Tr	Bn
<i>Campsidium valdivianum</i>	K	A	+	-	-	r
<i>Griselinia ruscifolia</i>	K	A	-	-	-	I
<i>Bromus fonckii</i>	K	A	-	+	I	-
<i>Solanum spec.</i>	K	?	+	I	-	-
Especies acompañantes introducidas:						
<i>Rubus constrictus</i>	S	N	--	+	-	r
<i>Rubus constrictus</i>	K	N	-	III	IV	r
<i>Dactylis glomerata</i>	K	N	-	-	I	r
<i>Prunus avium</i>	K	N	-	-	I	-
<i>Senecio sylvaticus</i>	K	N	-	I	I	-

- r : Presente en 1-5% de los censos.  
 + : Presente en 6-10% de los censos.  
 I : Presente en 11-20% de los censos.  
 II : Presente en 21-40% de los censos.  
 III : Presente en 41-60% de los censos.  
 IV : Presente en 61-80% de los censos.  
 V : Presente en 81-100% de los censos.

- M : Musgo.  
 K : Estrato herbáceo.  
 S : Estrato arbustivo.  
 B : Estrato arbóreo.  
 L : Enredadera.  
 A : Especie nativa.  
 N : Especie introducida.

Presencia mínima: 3 censos.

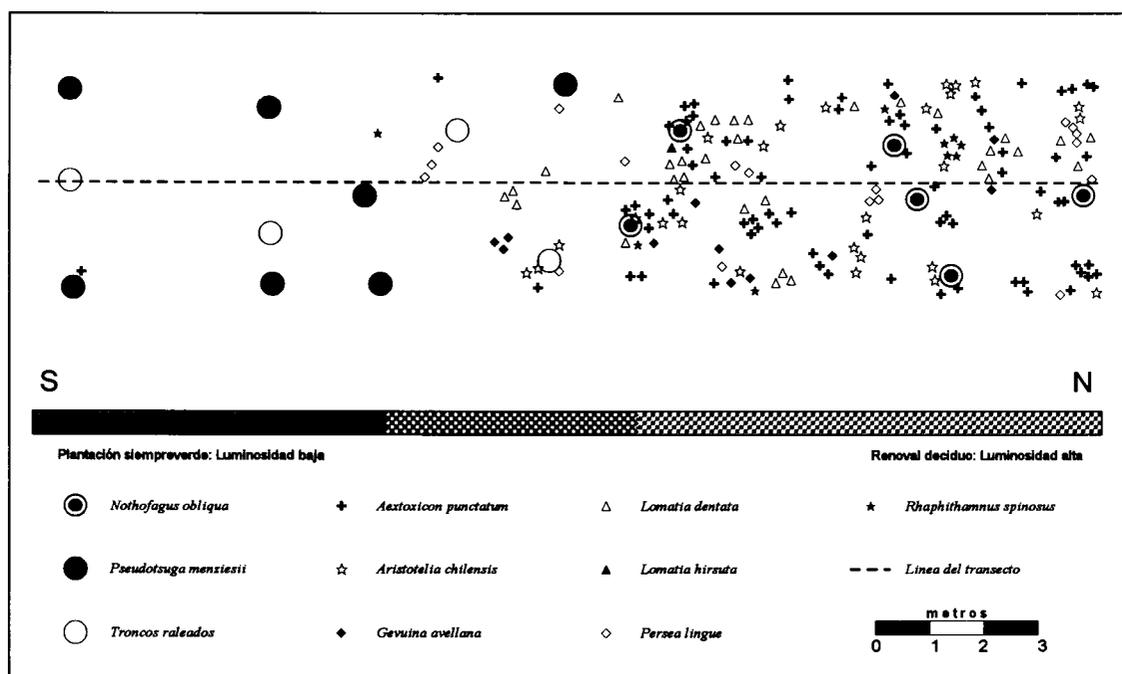


Fig. 2: Diagrama de distribución horizontal  
Diagram of horizontal distribution.

Esta plantación data de 1969 (con una densidad original de 2 500 árboles/ha) y ha sido podado hasta 6 m de altura. El perfil en el *Nothofago-Perseetum* se encuentra a 380 m en una ladera de 20° de inclinación 20° este, o sea en una altitud y posición de relieve comparable con la plantación a 415 m.

Para la caracterización y descripción de los horizontes de los cuatro perfiles se utilizó la clasificación edafológica alemana (AG Bodenkunde 1982). De cada horizonte se tomaron muestras que se secaron al aire a temperatura ambiente.

Para todos los horizontes de los perfiles se determinó el valor del pH por medio de un electrodo de vidrio, en agua y en solución 1 M de KCl. Los cationes intercambiables de Ca, Mg, K y Na se extrajeron con una solución 1 M de acetato de amonio, según el método descrito en Sadzawka (1990). La medición de Ca, K y Na se realizó mediante espectrofotometría de emisión de llama (EEL), la de Mg por espectrofotometría de absorción atómica (EAA). Para determinar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la saturación de bases (SB) se percolaron las pruebas con un exceso de solución 1 M de acetato sódico (pH 7). A continuación se realizó el lavado del sodio sobrante con una mezcla de etanol y agua, y el recambio de los iones de sodio mediante la percolación con solución 1 M de acetato de amonio (pH 7). El contenido de sodio en el percolado se determinó por EEL, sirviendo para el cálculo de CIC y SB. Los contenidos de nitrógeno y carbono, así como la relación carbono/nitrógeno (C/N) se obtuvieron con un analizador C/N (tipo "Carlo Erba ANA 1500"). Se determinó el contenido de fósforo de las muestras de suelo colorimétricamente según el método de extracción de "Bray y Kurtz 1" (Sadzawka 1990). Todos los análisis químicos se hicieron con duplicados.

## RESULTADOS

### *Efectos de la forestación con pino oregón sobre la flora nativa*

Los bosques nativos y plantaciones forestales muestran grandes diferencias respecto a

la estructura y composición florística. Los fragmentos de bosque nativo se caracterizan por su mayor riqueza de especies. Estos bosques son dominados por *Nothofagus obliqua*, *N. dombeyi* y *N. alpina* que forman el estrato arbóreo superior, las especies arbóreas laurifoliadas ocupan los estratos arbóreos inferiores. Trepadoras y epífitas muestran una gran diversidad.

Desde el punto de vista fitosociológico, los bosques nativos de las zonas bajas del Voipir son típicos representantes del *Nothofago-Perseetum lingue* Oberdorfer 1960 (Tab. 2, col. 5), mientras que los bosques de zonas elevadas (Tab. 3, col. 9) corresponden al *Nothofago alpinae-Dasyphyllum diacanthoides* Finckh 1996. Las plantaciones, por el contrario, tienen una estructura florística monótona, con un sólo estrato arbóreo y un escaso estrato herbáceo. La ocurrencia de muchas especies autóctonas de bosque nativo (e.g., *Caldcluvia paniculata*, epífitas como *Polypodium feulliei* y la totalidad de especies de *Hymenophyllaceae*) está estrictamente ligada a los remanentes de bosque nativo en el área.

Los rodales de *Pseudotsuga menziesii*, que no han sido raleados, o lo fueron hace mucho tiempo (Tab. 2, col. 1 y Tab. 3, col. 6), prácticamente no ofrecen espacio a otras plantas superiores. Aisladamente aparecen plántulas de especies de propagación ornitócora. Aparte de ellas, sólo se encuentra *Blechnum hastatum*, que se propaga por esporas y que es, aparentemente, altamente tolerante a la sombra.

Una serie de especies nativas, la mayoría de propagación ornitócora, aparecen como plántulas en las plantaciones recién raleadas (Tab. 2, col. 2 y Tab. 3, col. 7), pero aparentemente no sobreviven más allá de esta fase. Típicos representantes de este grupo son *Aristotelia chilensis*, *Rhaphithamnus spinosus*, *Rhamnus diffusus*, *Persea lingue* y las trepadoras *Cissus striata*, *Boquila trifoliata* y *Lapageria rosea*. Estas se encontraron en los bosques prácticamente sólo en estado vegetativo y casi siempre en estadio juvenil, el que no permite la reproducción. Estas especies no encuentran en las plantaciones las condiciones adecuadas para su desarrollo y reproducción. Su aparición está ligada al aporte de semillas y esporas desde el exterior.

La interpretación estadística de los datos fitosociológicos muestra grandes diferencias entre los distintos comunidades (Tab. 2, Tab. 3). Se notan grandes diferencias tanto en el número absoluto de especies autóctonas e introducidas de cada comunidad como entre las comunidades. El número promedio más bajo de especies lo presentan las plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* no raleadas (comunidad 1 y 6) con un promedio de  $6,9 \pm 2,7$  especies en altitudes bajas y medianas y  $9,1 \pm 5,6$  especies en zonas altas. Cuando se abre el dosel de las plantaciones con poda y raleo entra más luz y aumenta notablemente el número total de especies (a 25,3 y 28,5, respectivamente). Cuando vuelve a cerrarse el dosel, el número baja a los valores anteriores. La tabla de constancia permite constatar que el alto número total de especies en plantaciones raleadas se compone por un tercio de especies introducidas y por el resto de plantas nativas en estadio juvenil. No obstante, el alto número de plantas nativas hace pensar que otras formas de manejo podrían mejorar considerablemente el establecimiento de un sotobosque nativo dentro de las plantaciones.

Los bosques nativos de zonas altas presentan el mayor número de especies nativas ( $29,9 \pm 4,2$ ) en conjunto con el menor de especies introducidas ( $0,2 \pm 0,5$ ). Igual tienen el mayor promedio de especies en total ( $30,1 \pm 4,5$ ).

El diagrama de proyección de troncos (Fig. 2) ilustra la transición de un rodal de *Pseudotsuga menziesii* a un renoval de *Nothofagus obliqua*. En los primeros metros del rodal de pino oregón se presenta una zona de luminosidad intermedia, gracias a la luz que penetra del norte por las copas de los robles. Aquí se establecen algunas especies del bosque nativo en la plantación de pino oregón.

En la zona sombreada por el dosel de *Pseudotsuga menziesii* no crece casi ninguna de las especies típicas del bosque nativo. En todos los transectos efectuados se verificó la estrecha relación entre la luminosidad del dosel y el número de especies autóctonas en el sotobosque. Esto sugiere que la falta de luz es el factor limitante para el establecimiento de especies nativas en las plantaciones de pino oregón (Frank 1994).

Las áreas recién sometidas a tala rasa (Tab. 2, col. 3 y Tab. 3, col. 8), como las plantaciones claras de *Pseudotsuga menziesii* (Tab. 2, col. 2 y Tab. 3, col. 7), que poco antes de la investigación se ralearon y podaron, se caracterizan por un grupo común de especies alóctonas de origen europeo (Fig. 3). *Hypochoeris radicata*, *Digitalis purpurea*, *Holcus lanatus*, *Prunella vulgaris*, *Crepis capillaris* y *Rumex acetosella* son ejemplos de este grupo que proviene de praderas y sitios alterados. Las especies nativas se encuentran representadas sólo por *Relbunium hypocarpium* y *Solanum cyrtopodium*. Las plantaciones recientemente raleadas de *Pseudotsuga menziesii* (Tab. 2, col. 2 y Tab. 3, col. 7) presentan un bloque de especies nativas en conjunto con la vegetación espontánea en áreas de tala rasa (e.g., *Acaena ovalifolia*, *Buddleja globosa*, *Viola reichei*, *Alstroemeria aurea* y *Ribes magellanicum*).

Condiciones especiales presentan las áreas sometidos a tala rasa, que forman parte integral del sistema de manejo del Fundo Voipir (Tab. 2, col. 3 y Tab. 3, col. 8). Ellos tienen el grupo de especies alóctonas en común con las plantaciones raleadas. Especialmente la vegetación espontánea de zonas altas (col. 8) presenta además un grupo característico de plantas nativas. Se trata de especies que tienen su centro de distribución en bosques subandinos dominados por *Nothofagus deciduos* (e.g., *Acaena ovalifolia*, *Ribes magellanicum*, *Alstroemeria aurea*, *Viola reichei*) y que bajan a claros y bordes del bosque templado.

#### *Efecto de la forestación con pino oregón sobre los suelos*

Los análisis de suelo muestran notables diferencias entre los cuatro perfiles mencionados anteriormente (Tab. 4). La Fig. 4 presenta el valor del pH en los cuatro perfiles tipo, para cada horizonte. En plantaciones de 33 años de crecimiento de pino oregón no se detectaron señales de una acidificación del suelo en los horizontes superiores. Se detectó un nivel levemente menor del pH de las zonas altas en comparación con las zonas bajas, lo que se debe probablemente a la mayor cantidad de precipitaciones que percolan por el perfil.

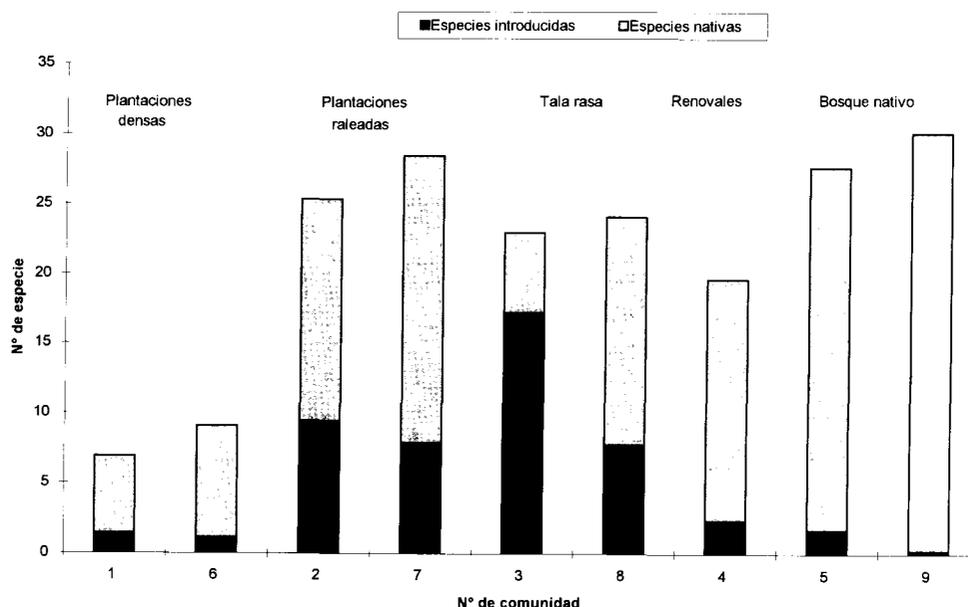


Fig. 3: Relación de especies nativas e introducidas

Relation of native and introduced species.

Se registraron claras diferencias en la concentración de nutrientes en los suelos bajo pino oregón y bosque nativo. Así, bajo el dosel de pino oregón se aprecia una tendencia al empobrecimiento de bases. Esto se verifica para los cationes básicos  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{K}^+$  (Fig. 5), y también para  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ . La saturación de bases (SB%) de los horizontes superiores de los suelos de bosque nativo es mucho mayor que la de los horizontes superiores en las plantaciones de pino oregón (Fig. 6).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) en los suelos trumaos muestra una estrecha relación con el contenido de materia orgánica (Fig. 7). La estrecha dependencia entre CIC y el contenido de materia orgánica demuestra la importancia del contenido de humus para la fertilidad del suelo. Los valores de fósforo de los suelos bajo *Pseudotsuga menziesii* también se encuentran por debajo de los correspondientes a bosque nativo (Fig. 6). En general los suelos en las zonas bajas son más ricos en nutrientes que los suelos de las zonas altas, lo que se debería a diferencias en las velocidades del lavado de nutrientes, dependiente del clima más húmedo de las zonas altas.

#### DISCUSION

De la comparación de la vegetación entre plantaciones de pino oregón y bosques nativos se puede concluir que las condiciones ecológicas reinantes en las primeras excluyen totalmente el desarrollo de la mayoría de las especies de plantas nativas. Se puede constatar que las plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* presentan zonas hostiles para la vegetación nativa y todos los organismos con baja movilidad ligadas a ella. Con su manejo actual las plantaciones no contribuyen a la conservación de la biodiversidad del bosque templado. Junto con el extremo empobrecimiento de la flora autóctona, se incrementa el establecimiento de especies introducidas europeas en las áreas recién taladas y en las plantaciones de pino oregón recién raleadas. Estas especies no pertenecen al espectro natural de la flora de los bosques del sur de Chile. Las especies introducidas se distinguen de la flora nativa por su alta capacidad de formar un banco de semillas permanente en el suelo (Scherer 1994), lo que hace casi irreversible la alteración florística de zonas una vez invadidas.

Aunque el número de especies del bosque nativo y de los áreas recientemente taladas es parecido, su valor ecológico es

TABLA 4  
Tabla de datos de suelos  
Soil data table

Perfil del suelo	Perfil	Color	Altitud	pH	pH	P	Ca	Mg	Na	K	CIC	SB	C	N	C/N
	(cm)	(Munsell)	m.s.n.m.	-KCl	-H <sub>2</sub> O	mg/kg	(cmol+/kg)								
Plantación de <i>Pseudotsuga menziesii</i> de zonas altas:															
<i>P. menziesii</i> Ah1	0-10	5 YR 2/3	740	4,6	5,4	6,36	2,888	0,541	0,099	0,209	34,94	10,70	14,98	0,95	15,71
<i>P. menziesii</i> Ah2	10-22	5 YR 3/3	740	4,6	5,3	4,79	1,979	0,429	0,187	0,180	36,16	7,67	12,24	0,75	16,36
<i>P. menziesii</i> IIB	22-35	5 YR 3/6	740	5,5	5,5	0,90	0,17	0,056	0,049	0,128	12,42	3,24	2,27	0,10	22,22
<i>P. menziesii</i> IIIfAhB	35-65	7,5 YR 4/4	740	5,5	5,7	0,35	0,438	0,114	0,050	0,089	13,36	5,17	4,85	0,31	15,56
<i>P. menziesii</i> Bh	65-95+	7,5 YR 4/4	740	5,6	5,6	0,26	0,853	0,187	0,040	0,105	27,73	4,27	4,67	0,30	15,77
Bosque nativo de zonas altas:															
Bosque nativo Ah1	0-14	7,5 YR 2/2	740	4,8	5,6	12,26	6,79	1,021	0,147	0,335	40,25	20,81	15,58	0,94	16,63
Bosque nativo IIB	14-20	5YR 1,7/1 y 4/8	740	5,7	5,8	1,86	0,225	0,056	0,078	0,098	12,63	3,62	3,49	0,16	22,14
Bosque nativo IIIfAh2	20-32	7,5 YR 3/3	740	5,0	5,5	1,17	0,069	0,076	0,080	0,070	33,64	0,88	9,53	0,56	16,96
Bosque nativo Bh	32-60	7,5 YR 4/4	740	5,5	5,6	0,67	0,105	0,077	0,071	0,054	14,66	2,09	5,62	0,29	19,2
Bosque nativo BC	60-90+	7,5 YR 4/4	740	5,4	5,5	0,35	0,056	0,093	0,059	0,052	11,35	2,29	3,04	0,18	16,88
Plantación de <i>Pseudotsuga menziesii</i> de zonas bajas:															
<i>P. menziesii</i> Ah	0-10	7,5 YR 2/3	415	5,0	5,8	3,75	11,018	1,305	0,130	0,194	39,50	32,02	15,53	1,00	15,52
<i>P. menziesii</i> Bh1	10-30	7,5 YR 3/2	415	5,4	6,0	0,88	1,566	0,247	0,080	0,059	38,63	5,05	8,66	0,53	16,3
<i>P. menziesii</i> Bh2	30-70	7,5 YR 3/4	415	5,5	6,0	1,37	1,792	0,295	0,083	0,073	27,06	8,29	8,26	0,50	16,43
<i>P. menziesii</i> B	70-100	7,5 YR 3/4	415	5,7	6,2	2,56	1,792	0,200	0,158	0,074	28,48	7,91	6,07	0,45	13,51
<i>P. menziesii</i> BC	100-150+	7,5 YR 4/3	415	5,7	5,9	1,61	1,274	0,240	0,063	0,050	22,21	7,33	4,13	0,28	12,14
Bosque nativo de zonas bajas:															
Bosque nativo Ah1	0-15	2,5 YR 2/1	380	4,7	5,6	18,94	24,48	3,550	0,347	0,552	60,79	47,76	26,28	1,43	18,36
Bosque nativo Ah2	15-30	7,5 YR 2/2	380	5,1	5,9	2,61	7,872	0,935	0,141	0,136	42,77	21,24	12,88	0,74	17,34
Bosque nativo Bh1	30-42	7,5 YR 3/4	380	5,4	6,1	0,92	1,804	0,579	0,123	0,078	27,46	9,41	8,34	0,53	13,4
Bosque nativo Bh2	42-100	7,5 YR 4/4	380	5,6	6,2	0,80	0,457	0,297	0,084	0,068	19,59	4,62	6,87	0,51	11,18
Bosque nativo BC	100-160+	7,5 YR 3/3	380	5,9	6,0	0,82	0,303	0,259	0,063	0,050	19,20	3,52	4,00	0,32	12,69

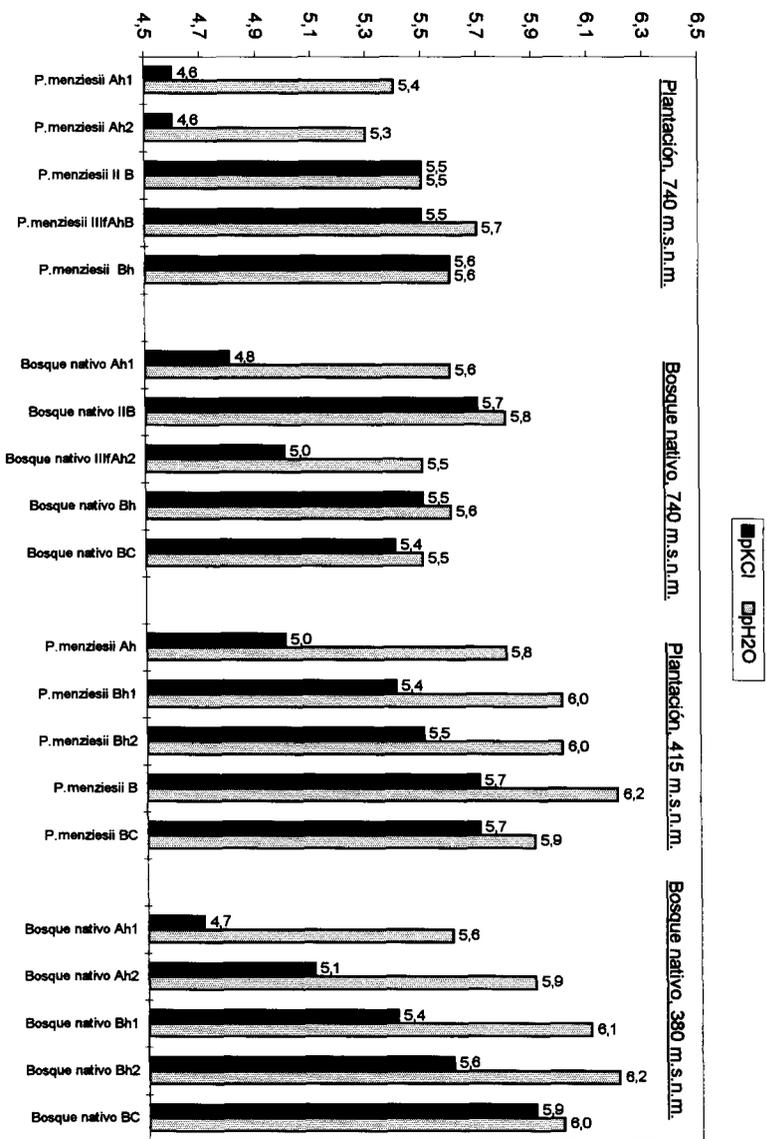


Fig. 4: Valores de pH (H<sub>2</sub>O) y pH (KCl).  
Values of pH (H<sub>2</sub>O) and pH (KCl).

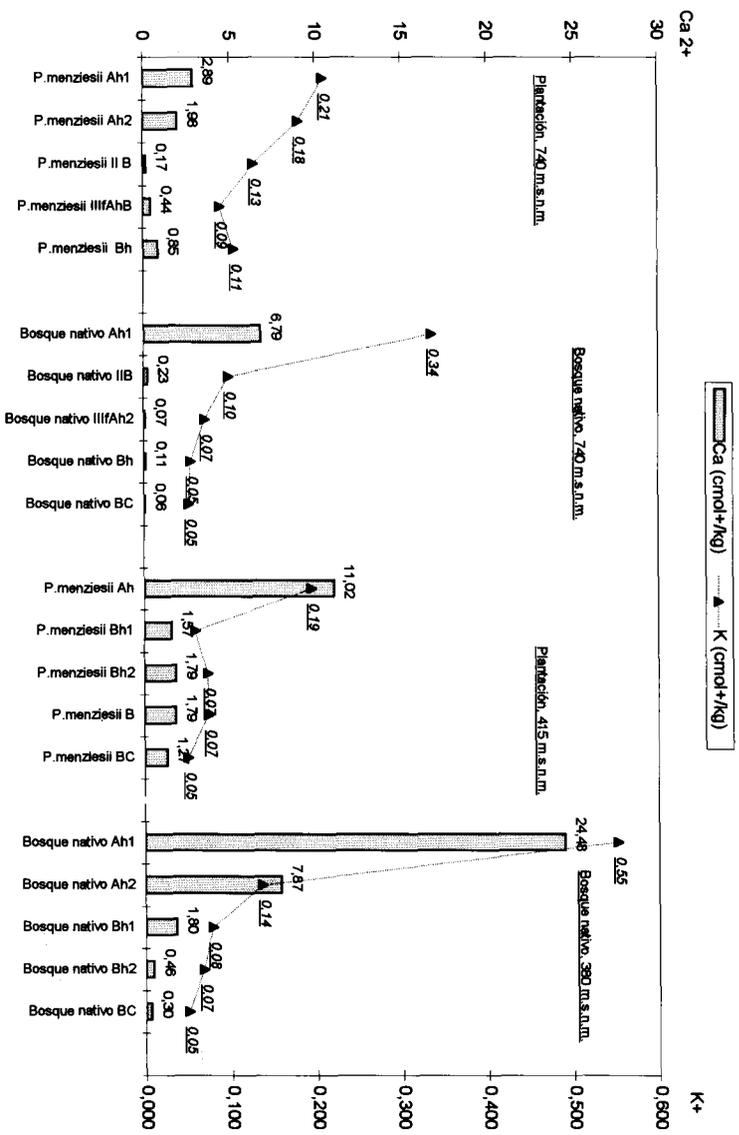


Fig. 5: Concentración de K<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup>.  
Concentration of K<sup>+</sup> and Ca<sup>2+</sup>.

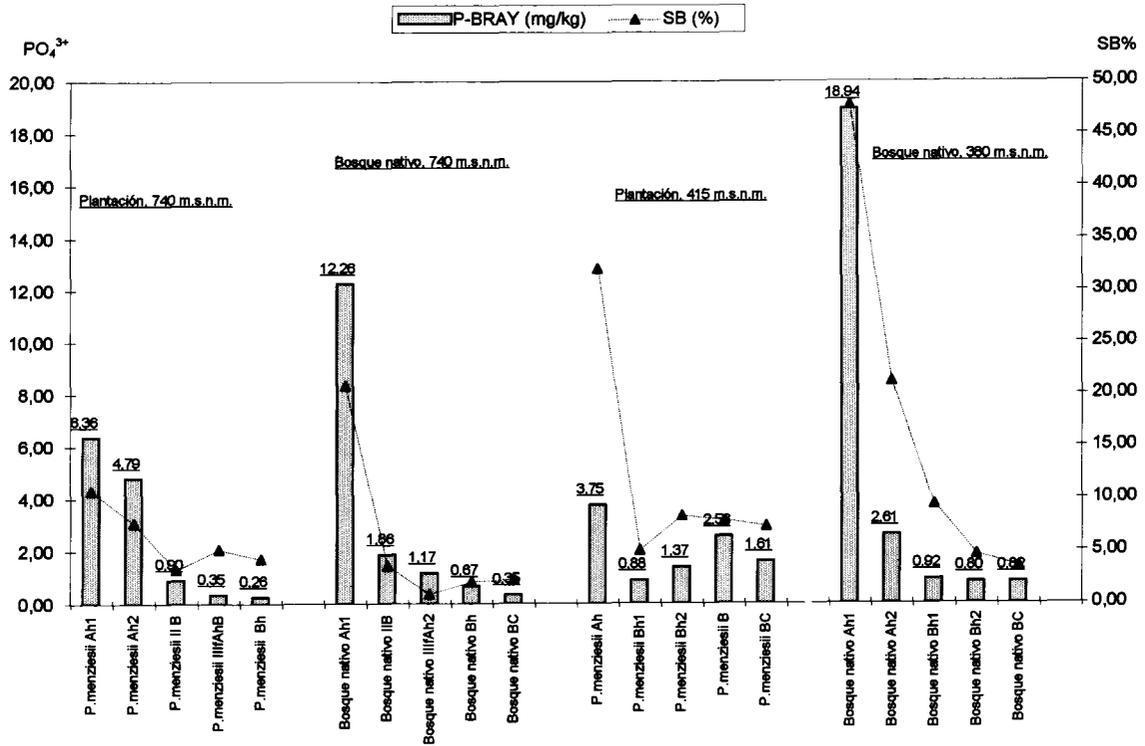


Fig. 6: Concentración de PO<sub>4</sub><sup>3+</sup> y saturación de bases  
Concentration of PO<sub>4</sub><sup>3+</sup> and base saturation.

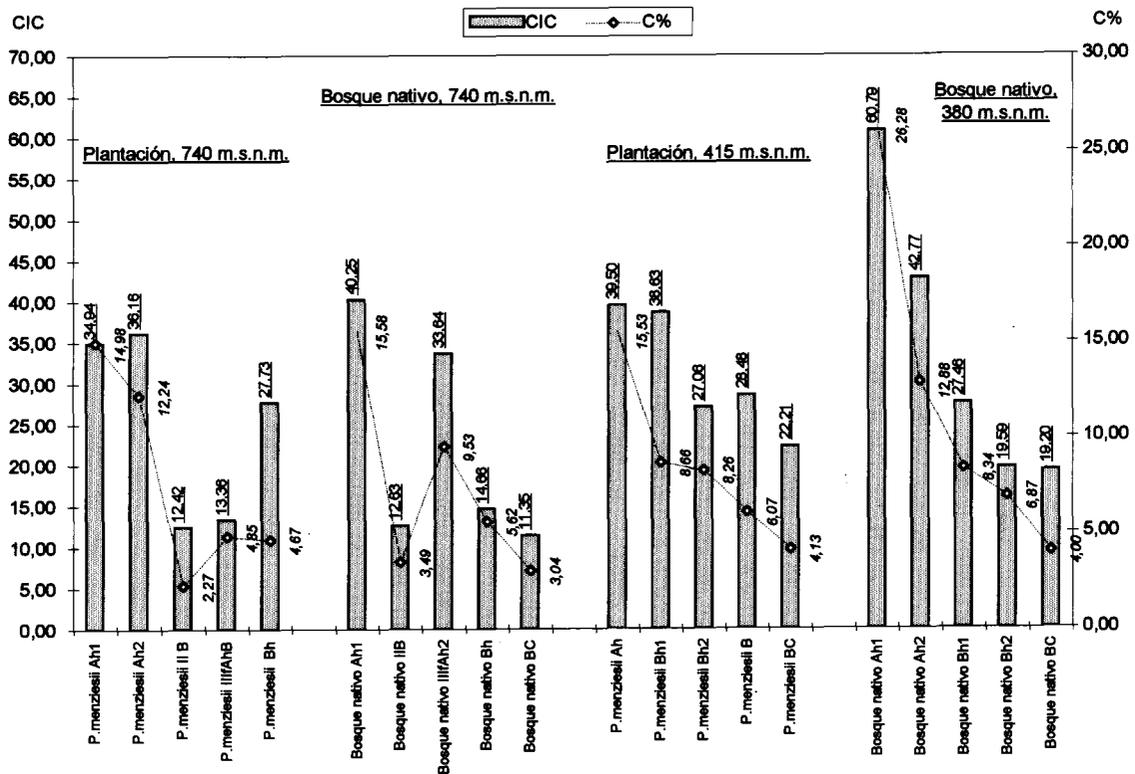


Fig. 7: Valores de CIC y C-orgánico  
Values of IEC and soil organic carbon.

muy distinto. El número de especies por sí sólo no es un indicador adecuado, además deben considerarse la ecología y procedencia de las especies. Así se encuentran en el bosque nativo especies con tolerancias ecológicas estrechas (e.g., *Hymenophyllaceae*), con complejas dependencias bióticas para la polinización (e.g., familias ornitógamas tal que *Gesneriaceae*, *Bignoniaceae* y *Loranthaceae*) y dispersión de semillas (e.g., familias ornitócoras tal que *Myrtaceae* y *Lardizabalaceae*) (Finckh 1996), y muchas especies potencialmente amenazadas. Especialmente las especies que dependen de condiciones microclimáticas constantes (e.g., *Hymenophyllaceae*) o de troncos viejos como base de desarrollo (e.g., *Mitraria*, *Luzuriaga*, muchos musgos y líquenes) presentan problemas de conservación. En las plantaciones, por el contrario, predominan especies generalistas de distribución cosmopolita, con estrategias de dispersión por viento (e.g., *Taraxacum officinale*, *Leontodon taraxacoides*), polinización por viento (e.g., *Lolium multiflorum*, *Plantago lanceolata*) o autopolinización (e.g., *Verbascum thapsus*, *Cirsium vulgare*). Las epífitas son muy buenos indicadores del estado de conservación de los bosques, la presencia de especies alóctonas indica, por el contrario, perturbación.

Los análisis edafológicos indican que en plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* de 30 años no ha ocurrido una acidificación de los horizontes superiores del suelo diferente a bosques nativos. Sin embargo, existen diferencias en la concentración de nutrientes, especialmente en los horizontes superiores del suelo. En plantaciones se observa una notable tendencia al empobrecimiento de bases en comparación con el bosque nativo. La saturación de bases en los suelos de bosques nativos es mucho mayor que en plantaciones de pino oregón. La resistencia del suelo a la acidificación depende de procesos de intercambio de protones con sustancias que tienen capacidad de buffer (e.g., cargas variables de sustancias orgánicas, de óxidos o de minerales arcillosos). La velocidad de la acidificación depende de la capacidad de buffer del suelo. Con un continuo input de protones al suelo, el pH del mismo baja más lento con mejor capacidad de buffer. Al inicio de este

proceso los suelos pierden cationes como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  que se intercambian por protones (Scheffer & Schachtschabel 1989). Así se explica la saturación de bases más baja en los horizontes superiores de suelos bajo plantaciones aun sin que se muestre una acidificación notable.

Los contenidos de fósforo de los suelos de las plantaciones están claramente por debajo de los correspondientes a bosques nativos. Un alto número de especies nativas tiene mecanismos especiales que facilitan la incorporación de fósforo, especialmente a través de asociaciones micorrízicas (e.g., *Nothofagus spec.* - Godoy et al. 1995) y raíces proteoideas (e.g., *Proteaceae* - Hengeler 1990). Debido a la ausencia de especies nativas con estos mecanismos de captura de fósforo, se puede postular a largo plazo una perturbación del ciclo de fósforo en las plantaciones. Tanto la bajada de la saturación de bases como de los contenidos de fósforo surgen que al cabo de varias rotaciones de *Pseudotsuga menziesii* podría reducirse la fertilidad del suelo.

Hace tiempo existen distintas definiciones de sustentabilidad en el mundo forestal y científico que se distinguen según el autor. Antiguas definiciones de sustentabilidad se restringen a aspectos cuantitativos de productividad, es decir lo que se extrae del bosque debe estar en equilibrio con lo que recrece (Dengler 1990). Como la función de bosques no se restringe únicamente a la producción maderera, surgieron otros conceptos de sustentabilidad. Estos conceptos incluyen funciones protectoras del bosque para clima, suelo, agua, aire y biota, como el uso recreativo por la población (Haber 1994). Para evaluar el impacto de las plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* a los ecosistemas de los Cerros Voipir es importante considerar tanto el impacto a factores abióticos, como el impacto a las biocenosis.

Considerando los distintos aspectos de sustentabilidad se llega a las siguientes conclusiones: Las plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* del Fundo Voipir se manejan sustentablemente respecto a la producción de madera. Con respecto a sus impactos sobre los suelos, la reducción de la fertilidad pone en cuestión la sustentabilidad a largo plazo, aunque a base de los datos actuales el desa-

rollo futuro no se puede pronosticar con seguridad. En relación a la fertilidad de suelo, *Pseudotsuga menziesii*, a raíz de sus características biológicas (hojarasca relativamente fácil de descomponer) y los largos períodos de rotación, recibió hasta el momento una mejor evaluación (von Buch & Osorio 1987), pero los resultados del presente estudio sugieren que, en el largo plazo, se provocarán reducciones de la fertilidad.

Entendiendo como un componente integral de sustentabilidad la conservación de la biodiversidad, podemos concluir que las plantaciones de pino oregón no cumplen ni con los requisitos básicos de sustentabilidad. Los monocultivos extensos de *Pseudotsuga menziesii* tienen los mismos efectos negativos sobre la flora nativa y las comunidades locales, que los que han sido descritos para monocultivos de *Pinus radiata* (von Buch & Osorio 1987). Ambos tipos de plantaciones reducen drásticamente la diversidad de flora y fauna nativa. Grupos de alta diversidad y abundancia en el bosque nativo faltan completamente en las plantaciones (e.g., *Hymenophyllaceae*). La característica estructura multiestratificada del bosque templado se reduce a un solo estrato arbóreo y, a menudo, un estrato herbáceo. La estructura monótona de las plantaciones elimina no sólo casi la totalidad de enredaderas y epífitas. Igualmente reduce drásticamente la cantidad de nichos para la fauna asociada (e.g., aves dependiendo de madera muerta o cuevas tal que *Campephilus magellanicus*, *Strix rufipes*, *Pygarrhichas albogularis* o aves adaptadas a un sotobosque denso tal que los *Rhinocryptidae*). La ausencia total de flora nativa en estadio reproductivo indica que las plantaciones forman barreras separadoras entre los fragmentos de biocenosis nativas y "sinks" para semillas nativas.

No obstante la presencia de flora nativa en plantaciones raleadas indica que la situación depende mucho del manejo técnico de las plantaciones.

Evaluando la sustentabilidad biológica a la escala del fundo entero, los resultados no son tan negativos como al nivel de las parcelas. La omnipresencia de plántulas nativas indica que existe todavía una red de fragmentos boscosos que permite la dispersión ornitócora de semillas sobre todo el

fundo. Las distancias entre refugios y plantaciones aparentemente no sobrepasan el radio de actividad de las principales aves dispersoras. Por lo tanto se tiene que enfatizar la importancia de redes de hábitats nativos en fundos forestales para la conservación de la biodiversidad. El alto porcentaje de especies ornitócoras en la flora chilena (Armesto & Rozzi 1989) hace recomendable diseñar dichas redes de tal manera que satisfagan las necesidades de hábitat de los principales propagadores de semillas.

Por los problemas respecto a la sustentabilidad de plantaciones de pino oregón, se recomienda aumentar las superficies con dicha especie sólo con cuidado. Se necesita profundizar primero los conocimientos de sus efectos sobre suelo y vegetación y sobre las posibilidades de modificarlos por método de manejo técnico. De ninguna manera se deberían reemplazar bosques o matorrales de especies nativas por *Pseudotsuga menziesii*, mientras su aforestación en zonas actualmente cubiertas por *Pinus radiata* o *Eucalyptus globulus* por lo menos no incrementa la destrucción de biocenosis nativas.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos profundamente a la familia Weber de Villarrica, por su hospitalidad y el amable apoyo del trabajo en su fundo, asimismo a la cátedra de Biogeografía y al departamento de Agroecología de la Universidad Bayreuth, por su colaboración e incentivación hacia el presente trabajo. Dos revisores anónimos ayudaron con comentarios críticos. A Luis Pauchard por tener mucha paciencia con nuestro castellano.

Investigación cofinanciada por EC-project N° TS3-LT94-0335.

#### LITERATURA CITADA

- AG-BODENKUNDE (1982) Bodenkundliche Kartieranleitung. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Hannover. 331 pp.
- ARMESTO JJ & R ROZZI (1989) Seed dispersal syndromes in the rain forest of Chiloé: evidence for the importance of biotic dispersal in a temperate rain forest. *Journal of Biogeography* 14: 219-226.
- BRAUN-BLANQUET J (1964) Pflanzensozioologie. Springer Verlag. Wien. 631 pp.

- VON BUCH MW (1970) Der Einfluß vulkanischer Eruptionen und Erdbeben auf die Böden Südchiles. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 121: 225-252.
- VON BUCH MW (1975) Waldformationen und Landnutzungen im chilenisch-argentinischen Grenzgebiet der Bezirke Pucón und Coñaripe. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft 110: 11-26.
- VON BUCH MW & MOSORIO (1987) Probleme um die *Pinus radiata*-Monokulturen in Südchile. Forstarchiv 58: 249-253.
- CABRERA J (1992) Demanda global por madera y la necesidad de protección ambiental: una visión sudamericana. Ciencia e Investigación Forestal (Chile) 6: 81-98.
- DENGLER A (1992) Waldbau auf ökologischer Grundlage t. 1. Paul Parey Verlag. Hamburg und Berlin. 350 pp.
- DONOSO C (1979) Genecological differentiation in *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. in Chile. Forest Ecology and Management 2: 53-66.
- DONOSO C (1993) Bosques templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 484 pp.
- EISENHAUER G (1975) Probleme der Waldnutzung - dargestellt am Beispiel Chiles. Forstarchiv 46: 120-124
- EISENHAUER G (1981) Chile: Auf dem Weg zu einem Waldland mit Zukunft. Holz aktuell 3: 48-53.
- FINCKH M (1996) Die Wälder des Villarrica-Nationalparks (Südchile) - Lebensgemeinschaften als Grundlage für ein Schutzkonzept. Dissertationes Botanicae 259. 181 pp.
- FRANK D (1994) Douglasienanbau in Südchile. Auswirkungen auf Vegetation und Boden am Beispiel des Fundo Voipir. Tesis Depto. de Biogeografía Universität Bayreuth. 103 pp.
- GODOY R, R CARRILLO & H PEREDO (1995) Ökologische und experimentelle Arbeiten über Mykorrhiza in Naturwäldern Südchiles. Verhandlungen Gesellschaft für Ökologie 24: 619-622.
- HABER W (1994) Nachhaltige Entwicklung - aus ökologischer Sicht. Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 7: 9-13.
- HARTWIG F (1991) Chile. Desarrollo Forestal Sustentable. Santiago de Chile. 185 pp.
- HENGELER C (1990) Untersuchungen zur Induktion und Funktion von Proteoidwurzeln bei *Hakea* spp. (*Proteaceae*) und *Lupinus albus* (*Fabaceae*). Tesis Lehrstuhl für Pflanzenernährung TU München. 70 pp.
- HUECK K (1966) Die Wälder Südamerikas. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart 422 pp.
- INFOR (1986) *Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco (syn. *Pseudotsuga taxifolia*). Especies forestales exóticas de interés económico para Chile. Instituto Forestal, Santiago de Chile.
- KANNEGIESSER U (1988) Descripción básica del Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*). Ciencia e Investigación Forestal 2: 57-63. Santiago de Chile.
- MARTICORENA C & M QUEZADA (1985) Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Botánica 42. 157 pp.
- SADZAWKA A (1990) Métodos de análisis de suelos. INIA. Santiago de Chile. 130 pp.
- SCHEFFER F & P SCHACHTSCHABEL (1989) Lehrbuch der Bodenkunde. Enke Verlag. Stuttgart 491 pp.
- SCHERER M (1995) Einfluß indigener und marktorientierter Landnutzungssysteme auf die Vegetation in Südchile. Tesis Depto. de Biogeografía Universität Bayreuth. 152 pp.
- SCHMITHÜSEN J (1956) Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. Bonner Geographische Abhandlungen 17. 86 pp.
- TOSSO J (1985) Suelos volcánicos de Chile. INIA. Santiago de Chile. 723 pp.