

El crecimiento de *Pinus ponderosa* Dougl. y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl. en diferentes condiciones de sitio (Prov. NQN-R.A.)*

The growth of *Pinus ponderosa* Dougl. and *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl. in different site conditions (Prov. NQN-R.A.)

C.D.O.: 181.3; 181.2

JORGE LUIS GIRARDIN, PATRICIA BROQUEN

A.U.S.M.A., Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue,
CC. 85, 8303 Cinco Saltos, Argentina.

SUMMARY

Pinus ponderosa Dougl. and *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl. are two species used in afforestation in the province of Neuquén (R. Argentina). They are distributed in very different site conditions, from wet forest to ecotones. They have different growth curves and yields, which are associated with different soil conditions. To compare their growth in different site conditions, as a first characterization, we developed height-age curves from stem analysis obtained from the dominant trees, using Site Index at 14 and 21 years. The best sites contain soils classified as Thaptic Hapludands; Thaptic Udivitrands; deep, Humic Vitrixerands; and deep, Vitrandic Argixerolls.

RESUMEN

Pinus ponderosa Dougl. y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl. son dos especies utilizadas en forestaciones en la provincia del Neuquén (R. Argentina). Están distribuidas en diferentes condiciones de sitio, desde el bosque húmedo hasta el ecotono, presentando diferentes curvas de crecimiento y rendimiento, los que están asociados a distintas condiciones de sitio. Para comparar sus crecimientos en diferentes condiciones de sitio, como primera caracterización, se desarrollan curvas altura-edad a partir del análisis fustal de los ejemplares dominantes, utilizándose el índice de sitio a 14 y 21 años. Los mejores índices de sitio están asociados a suelos clasificados como Hapludandes tápticos, Udivitrandes tápticos, Vitrixerandes húmicos fase profunda, y Argixeroles vitrándicos fase profunda.

INTRODUCCION

Pinus ponderosa Dougl. y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl. son dos de las especies con características deseables para la forestación y de importancia comercial en la Región Andino-

Patagónica, en particular en la provincia del Neuquén. Las plantaciones están distribuidas en una amplia gama de sitios, abarcando una extensa zona desde el bosque muy húmedo a húmedo, bosque húmedo, ecotono bosque-estepa y en la estepa. Estas últimas en forma de plantaciones muchas veces aisladas y distantes unas de otras.

Los crecimientos son variables, superando en muchos casos los valores comunicados para otras regiones. En EE.UU. los valores citados como de los bosques más productivos para *Pinus ponderosa* y *Pseudotsuga taxifolia* (Lamb.) Britton son de 2 a 9 m³/ha/año (Meurise, 1988). Para las especies en estudio en la Región se han encontrado valores

* Subsidado por la Secretaría de Investigación de la Universidad Nacional del Comahue, dentro del Proyecto de Investigación "Influencia de los factores ecológicos sobre el crecimiento del *Pinus ponderosa* Dougl. y el *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl".

Análisis fustal: con la participación de César Cuevas; Gabriel Falbo; Fernanda Izquierdo.

entre 16.53 a 76.14 m³/ha/año para *Pseudotsuga menziesii* y para *Pinus ponderosa* entre 6.07 y 44.62 m³/ha/año (Girardin y Broquen, 1993).

La distribución en la provincia del Neuquén de estas dos coníferas no es homogénea; *Pseudotsuga menziesii* está concentrado en el sur, en la zona de bosque muy húmedo y húmedo (régimen hídrico del suelo: údico), existiendo algún caso puntual de plantaciones que se encuentran en la zona de ecotono (régimen hídrico del suelo: xérico). *Pinus ponderosa* se encuentra de norte a sur de la provincia, y de oeste a este desde la zona de bosque húmedo hasta la estepa, algunas de ellas en el límite este con precipitaciones algo por debajo de los 500 mm. La variabilidad de condiciones de sitio es mucho mayor para *Pinus ponderosa* que para *Pseudotsuga menziesii*. Los crecimientos varían cuantitativa y cualitativamente y están asociados a las diferentes condiciones.

Es importante contar con una primera caracterización de los crecimientos de ambas especies en las zonas arealmente más representativas con potencial forestal, incluyendo el análisis de los datos existentes para la generación de estimaciones preliminares y permitir la instalación de parcelas de muestreo y experimentación para en el futuro poder producir modelos de crecimiento.

MATERIAL Y METODOS

DETERMINACION DE LAS PARCELAS. Para la elección de las parcelas se utilizaron dos criterios, uno respecto a la determinación de las características dasométricas, que incluye las condiciones que debe reunir una plantación para ser utilizada como parcela (Bell, 1993), y otro relativo al componente sitio.

Para la determinación de las características dasométricas, se partió de un relevamiento de las plantaciones existentes eligiendo aquellas que cumplieran los requisitos para poder utilizar la altura máxima como indicadora de las condiciones de sitio, dado que ésta es relativamente insensible, dentro de ciertos rangos, a las variaciones de densidad del rodal (García, 1995):

- Que la población a muestrear no se encuentre en los estadios de crecimiento juveniles. En esos estadios los rasgos de crecimiento son muchas veces variables y afectados por otros factores que no son la calidad del sitio. Por otra parte,

en los estadios juveniles de desarrollo no tiene sentido la utilización del volumen como variable de importancia.

- Que las densidades no sean extremas, entre 900 a 2.500 árboles/ha, de forma tal de garantizar que no afectan las alturas máximas.
- Que no hayan sido intervenidas con prácticas silvícolas que remueven los ejemplares dominantes.
- Que el estado sanitario sea bueno, y que los árboles dominantes no hayan sufrido daños severos.

Respecto al componente sitio, se considera la representatividad areal del muestreo, a los efectos de obtener datos que permitan caracterizar los crecimientos en las condiciones de sitio de mayor importancia areal para la forestación. Para esto se tuvieron en cuenta las variaciones latitudinales y altitudinales, estableciéndose tres transectas. Se ubicó una en la zona norte, otra en el centro y otra en el sur. La dirección de las tres transectas es oeste este, de forma tal de incluir las variaciones longitudinales, las altitudinales y las posibles variaciones debidas a las climo-topo-secuencias características de la región (Colmet Daage *et al.*, 1988). La localización de las parcelas fue condicionada por la presencia de plantaciones, es decir, que los sitios muestreados reflejan la variabilidad existente actualmente en las forestaciones comerciales.

Para considerar la representatividad areal se toman los valores areales en porcentaje respecto a la superficie forestable de la provincia del Neuquén. La distribución areal de las plantaciones determina que en las tres transectas esté representado *Pinus ponderosa*, pero no *Pseudotsuga menziesii*.

Se determinaron parcelas de prueba en cada transecta para las especies presentes. Se eligen como parcelas las plantaciones que cumplen con los requisitos ya enumerados para poder utilizar la altura máxima como indicadora de las condiciones de sitio, y en la medida de lo posible que se pueda aplicar la función de regresión volumen-altura máxima obtenida para la región, para determinar la productividad (Girardin y Broquen, 1993). Las funciones utilizadas fueron para:

$$-Pinus ponderosa: \text{Volumen total} = -1.091.36 + 96.94 * H_{max}$$

$$\text{restricción: altura máxima} \geq 12 \text{ m}$$

-*Pseudotsuga menziesii*: Volumen total =
 $-1.667.28 + 108.66 * H_{max}$
 restricción: altura máxima ≥ 15 m
 donde H_{max} es la altura máxima

En los casos que no fue posible determinar la productividad utilizando esta función se aplicó el método tradicional de inventario y determinación del árbol tipo (F.A.O. Montes, 1982, Parde y Bouchon, 1988).

Las parcelas comprendieron, en promedio, en cada rodal el 5% del total, inventariándola en su totalidad. Se tomó la altura dominante a un número de ejemplares equivalente a 100 ejemplares por hectárea. Se contrastó luego el número de la muestra para cada parcela con:

$$n = \frac{n^{\circ}}{1 + n^{\circ}/N} \quad n^{\circ} = t^2 \cdot s^2 / r^2 \cdot y^2$$

tomándose $n = n^{\circ}$ por ser n°/N despreciable. Siendo "t" el valor de la desviación normal correspondiente a $P = 0.95$ y $n-1$ grados de libertad, "s" la desviación estándar, "r" el error relativo, "y" la altura máxima promedio (Cochran, 1977). Se apea luego el ejemplar más alto de los medidos, se realiza el análisis fustal tomando muestras por barrenado cada 1 metro (Dahms, 1963). Se confecciona la curva altura-edad, para poder luego comparar los crecimientos entre los diferentes sitios uniformando a una cierta edad.

En cada parcela se realiza una descripción detallada del sitio, dándole principal importancia al suelo. Se reconoce y describe el suelo, se toman muestras para análisis, se lo clasifica hasta nivel de subgrupo según la *Soil Taxonomy/92* (Soil Survey Staff, 1992), realizando luego un paralelismo entre ésta y la *Soil Taxonomy/75*, a modo de poder determinar la representatividad de las parcelas muestreadas, utilizando la información de base existente en la región (mapa de suelos, mapa de aptitud forestal, zonificación del potencial forestal) (Colmet Daage *et al.*, 1988; Ferrer, Mendía e Irisarri, 1991).

Se toman en cuenta los factores del sitio que se encuentran citados en la bibliografía como los más determinantes, que se engloban principalmente en parte de las propiedades físicas del suelo (Jones, 1967). Se descartaron los sitios con alguna característica particular que de incluirlo aportaban datos puntuales que distorsionan las características generales del crecimiento en cada zona, como ser presencia de fragipan, influencia de napa freática

permanente, contacto paralítico y otras variables que se deberán incluir cuando se realicen estudios particulares de calidad de sitio. Se determina a que suelos están asociados los mejores índices de sitio, bajo régimen údico y bajo régimen xérico.

RESULTADOS

SITUACIONES MUESTREADAS. De las unidades de suelo y por aptitud forestal, condicionado por la existencia de plantaciones que se puedan utilizar como parcelas, se muestrearon situaciones que representan el 52% del área forestable, en el resto de la superficie utilizable no existen plantaciones, o las mismas no cumplen con los requisitos. Los resultados se agrupan y analizan por especie y por zona.

Pinus ponderosa. Se resumen en el cuadro 1 los datos dasométricos y en el cuadro 2 las características de sitio de las parcelas incluidas en cada transecta. Los cuadros 3, 4 y 5 reúnen los datos obtenidos del análisis fustal de cada parcela para cada transecta.

La tendencia de los crecimientos se ilustra en la figura 1, como primera caracterización del crecimiento de cada transecta, donde se grafican los valores promediados obtenidos de los análisis fustales de la totalidad de las parcelas de cada transecta. En la figura 4 se visualizan las curvas de crecimiento de las parcelas agrupadas por régimen hídrico del suelo (údico y xérico).

Pseudotsuga menziesii. Se resumen en el cuadro 6 los datos dasométricos y en el cuadro 7 las características de sitio de las parcelas incluidas.

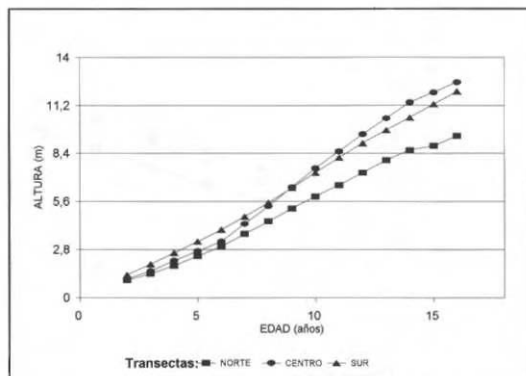


Figura 1. Curvas altura máxima/edad. *Pinus ponderosa* Dougl.

Curves of maximum height/age. *Pinus ponderosa* Dougl.

CUADRO 1

Valores dasométricos: *Pinus ponderosa* Dougl.
 Dasometric values: *Pinus ponderosa* Dougl.

Parcela	Altura máxima m	Media m	Edad años	Densidad N/ha	Volumen/ha m ³ /ha	Area basal m ² /ha	DAP cm	Crecimiento medio m ³ /ha/año
N1	8.7	6.4	17	1750	49.9	17.24	12.0	2.93
N6	10.7	7.3	17	1250	44.3	14.13	12.0	2.60
N4	8.7	5.6	15	2250	57.4	19.48	10.5	3.82
N3	8.7	6.5	15	1850	64.4	32.68	14.8	4.30
N2	8.3	6.5	15	2703	141.1	44.84	14.3	9.40
N7	10.4	7.5	14	2338	189.6	53.08	16.7	13.54
N5	9.2	7.0	15	1950	107.4	34.62	14.8	7.16
C1	12.1	9.5	16	1250	143.5	36.84	19.2	8.96
C2	12.5	9.0	16	1500	147.0	43.76	18.9	9.19
C3	12.7	10.5	16	525	184.6	45.29	19.3	11.53
S3	24.3	19.4	33	1077	1259.9	162.36	43.8	38.18
S4	28.6	22.9	41	853	1446.0	119.00	42.2	35.25
S5	13.7	10.0	18	1111	193.4	43.00	22.2	10.74
S6	12.6	10.1	17	1111	103.0	32.00	19.2	6.05
S7	26.5	22.5	37	1078	1478.0	160.04	43.5	39.94
S8	18.9	15.1	24	1110	741.2	108.94	35.4	30.88
S9	20.7	16.6	26	1078	918.7	131.89	39.5	35.33
S10	39.6	33.6	50	442	2743.1	160.00	67.9	54.86

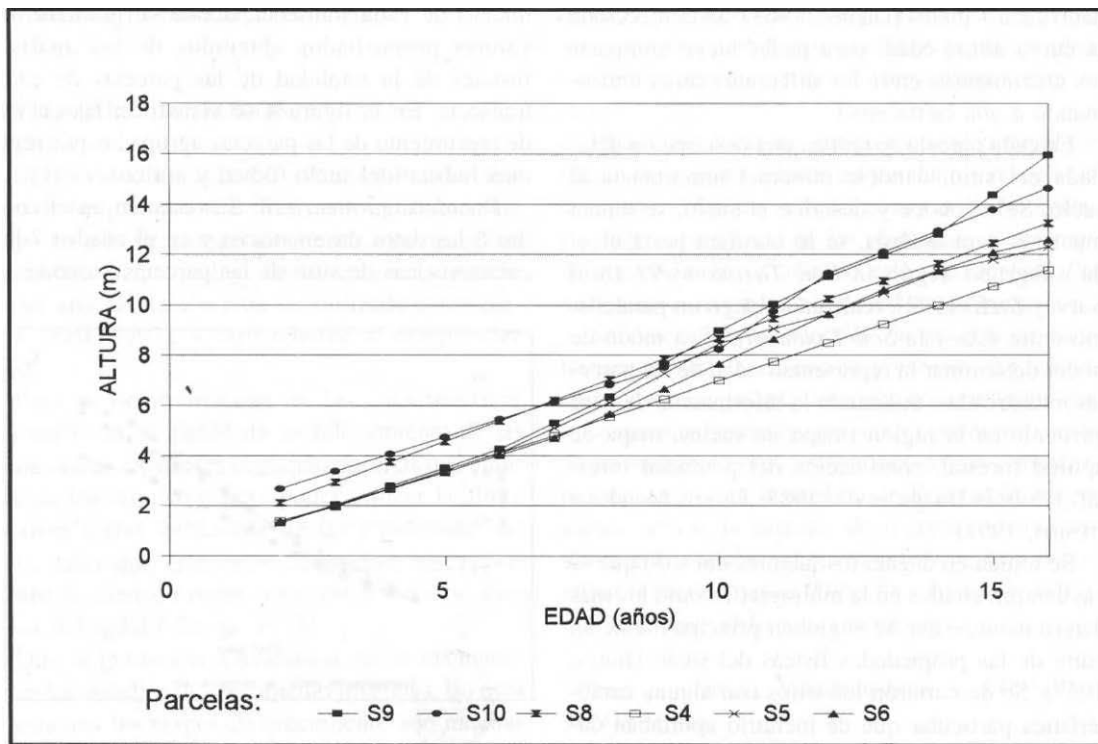


Figura 2. Curvas altura máxima/edad. Régimen údico *Pinus ponderosa* Dougl.
 Curves of maximum height/age. Udic regime *Pinus ponderosa* Dougl.

CUADRO 2

Características de sitio de las parcelas: *Pinus ponderosa* Dougl.
Plots site characteristics: *Pinus ponderosa* Dougl.

Parcela	Altitud m s.n.m	Pendiente %	Posición	pp mm	Suelo			
					Profundidad a efectiva cm	Clasificación (Soil Taxonomy/92)		
TRANSECTA NORTE								
N1	1280	24	NO	ML	800	8	45	Xerortente típico
N2	1600	2	-	P	1100	5	53	Vitrixerand húmico
N3	1610	16	ONO	PL	1100	50	100+	Haploxerol vitrándico
N4	1260	35	NE	ML	650	20	60	Haploxerol vitrándico
N5	1510	16	SO	PL	1400	60	100+	Vitrixerand húmico
N6	1170	23	O	MLB	650	10	60	Argixerol vitrándico
N7	1660	24	NE	ML	650	15	100+	Vitrixerand húmico
TRANSECTA CENTRO								
C1	700	10	SSE	MLA	700	40	85	Vitrixerand húmico
C2	1450	5	N	MLA	700	60	105+	Vitrixerand húmico
C3	700	22	E	ML	700	40	110+	Vitrixerand húmico
C4	900	45	S	ML	1270	28	110+	Udivitrand húmico
TRANSECTA SUR								
S1	730	30	NNE	MLA	500	10	55	Argixerol calcico
S2	900	45	S	ML	500	90	120+	Haploxerol éntico
S3	875	2	-	P	600	20	130	Argixerol vitrándico
S4	900	20	NO	MLA	1600	75	180+	Udivitrand táptico
S5	1110	8	NNE	C	1000	110	110+	Udivitrand húmico
S6	1110	25	NNE	ML	1000	70	110+	Udivitrand húmico
S7	850	30	ONO	ML	1200	65	125+	Udivitrand húmico
S8	640	6	-	PL	2000	50	110+	Hapludand táptico
S9	640	8	-	PL	2000	14	70	Udivitrand húmico
S10	740	35	SE	ML	2000	30	150+	Udivitrand táptico

Posición: MLA: media loma alta, ML media loma, MLB media loma baja, P1 pie de loma, P plano, C cima.

CUADRO 3

Valores obtenidos del análisis fustal, parcelas de *Pinus ponderosa* Dougl: Transecta norte
Values obtained from stem analysis of *Pinus ponderosa* Dougl. plots: North transect.

Altura máx.				Altura máx.			
Edad	\bar{X}	STD	CV	Edad	\bar{X}	STD	CV
años	m			años	m		
				9	5.19	0.892	17
2	1.02	0.256	25	10	5.89	0.928	16
3	1.40	0.406	29	11	6.55	0.876	13
4	1.86	0.556	30	12	7.28	0.867	12
5	2.43	0.616	25	13	8.01	0.841	10
6	2.99	0.710	24	14	8.59	0.989	12
7	3.72	0.713	19	15	8.84	0.746	8
8	4.45	0.772	17	16	9.41	1.063	11

CUADRO 4

Valores obtenidos del análisis fustal, parcelas de *Pinus ponderosa* Dougl: Transecta centro.
Values obtained from stem analysis of *Pinus ponderosa* Dougl. plots: Central transect.

Altura máx.				Altura máx.			
Edad	\bar{X}	STD	CV	Edad	\bar{X}	STD	CV
años	m			años	m		
2	1.10	0.213	19	9	6.43	0.225	4
3	1.54	0.258	17	10	7.53	0.403	5
4	2.16	0.242	11	11	8.53	0.392	5
5	2.72	0.481	18	12	9.52	0.381	4
6	3.27	0.750	23	13	10.45	0.266	3
7	4.30	0.355	8	14	11.39	0.152	1
8	5.33	0.048	1	15	11.97	0.207	2
				16	12.55	0.296	2

CUADRO 5

Valores obtenidos del análisis fustal, parcelas *Pinus ponderosa* Dougl: Transecta Sur.
 Values obtained from stem analysis of *Pinus ponderosa* Dougl. plots: South transect.

Edad años	Altura máxima			Edad años	Altura máxima		
	STD m	Media m	CV %		STD m	Media m	CV %
2	0.523	1.56	34	22	1.763	17.74	10
3	0.619	2.18	28	23	1.723	18.28	9
4	0.657	2.86	23	24	1.619	18.86	19
5	0.706	3.55	20	25	1.634	19.43	8
6	0.719	4.28	17	26	1.500	20.02	7
7	0.735	5.07	14	27	1.553	20.53	8
8	0.719	5.94	12	28	1.397	21.33	7
9	0.772	6.87	11	29	1.510	22.28	7
10	0.844	7.83	11	30	1.676	23.16	7
11	0.930	8.79	11	31	1.636	23.92	7
12	1.095	9.70	11	32	1.691	24.43	7
13	1.111	10.51	11	33	1.949	25.07	8
14	1.137	11.28	10	34	2.150	25.88	8
15	1.320	12.11	11	35	2.107	26.53	8
16	1.550	12.90	12	36	2.010	27.60	7
17	1.545	13.65	11	37	2.288	28.02	8
18	1.611	14.61	11	38	2.717	29.35	9
19	1.731	15.55	11	39	2.715	29.69	9
20	1.795	16.33	11	40	2.472	30.26	8
21	1.747	17.07	10	41	2.345	30.95	8

CUADRO 6

Valores dasométricos: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl.
 Dasometric values: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl.

Parcela	Altura		Edad años	Densidad N/ha	Vol/ha m ³ /ha	AB m ² /ha	DAP cm	C medio m ³ /ha/año
	Máxima m	Media m						
1	43.00	36.55	51	1600	3005.1	178.74	37.71	58.92
2	18.04	15.33	21	1400	292.9	45.49	20.34	13.95
3	30.50	25.93	41	1800	1646.9	132.34	30.60	40.17
4	23.30	19.81	42	900	864.5	99.21	37.46	20.58

Esta especie se encontró solamente en la zona sur, lo que se explica por los requerimientos ecológicos de la misma. El cuadro 8 corresponde a los valores obtenidos a partir del análisis fustal de cada parcela y en la figura 2 se reúnen las curvas de crecimiento de cada parcela.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

REPRESENTATIVIDAD DE LAS SITUACIONES MUESTREADAS. Las clases por aptitud forestal según Ferrer, Mendia e Irisarri (1991) en la provincia del Neuquén abarcan diferentes categorías; la

CUADRO 7

Características de sitio: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl.Site characteristics: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl.

Parcela	Altitud m s.n.m.	Pendiente %	Exposición	Posición	PP mm	Suelo		Clasificación (Soil Taxonomy/92)
						profundidad a cm	efectiva cm	
1	730	30	SE	ML	2.000	45	150+	Udivitrand húmico
2	840	8	ONO	PiL	1.600	50	125+	Udivitrand húmico
3	900	10	ONO	PiL	1.200	70	180+	Udivitrand húmico
4	870	2	-	PI	600	25	130	Argixerol vitrândico

Posición: ML media loma, PiL, perilago, PI pie de loma.

CUADRO 8

Valores obtenidos del análisis fustal: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl.Values obtained from stem analysis: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl.

EDAD años	MEDIA m	STD m	CV %	EDAD años	MEDIA m	STD m	CV %
2	0.965	0.305	23	21	15.554	2.868	18
3	1.319	0.464	35	22	15.417	2.618	17
4	2.001	0.699	35	23	16.025	2.492	16
5	2.723	1.013	37	24	17.025	2.838	17
6	3.319	1.230	37	25	18.038	3.167	18
7	3.943	1.418	36	26	18.910	3.330	18
8	4.531	1.574	35	27	19.727	3.472	18
9	5.119	1.733	34	28	20.543	3.614	18
10	5.708	1.894	33	29	21.393	3.713	17
11	6.296	2.056	33	30	22.243	3.813	17
12	7.110	2.167	30	31	23.068	3.945	17
13	7.925	2.296	29	32	23.855	4.012	17
14	8.726	2.430	28	33	24.667	4.049	16
15	9.528	2.578	27	34	25.585	4.211	16
16	10.310	2.732	26	35	26.365	4.548	17
17	11.261	2.682	24	36	26.965	4.674	17
18	12.434	2.757	22	37	27.505	4.759	17
19	13.608	2.859	21	38	28.143	4.957	18
20	14.613	2.817	19	39	28.782	5.156	18
				40	29.448	5.389	18

muy apta ocupa un total de 146.000 ha, comprende tres unidades cartográficas de suelos, encontrándose en todas las parcelas de muestreo. La clase apta, con un total de 445.000 ha, comprende cuatro unidades cartográficas de suelos, las cuales están

todas muestreadas. La clase moderadamente apta (1.238.600 ha) comprende diez unidades, de las cuales en cuatro hay parcelas establecidas, lo que implica un 30% del área. De la clase marginalmente apta (333.200 ha) 2 de las 9 unidades tienen par-

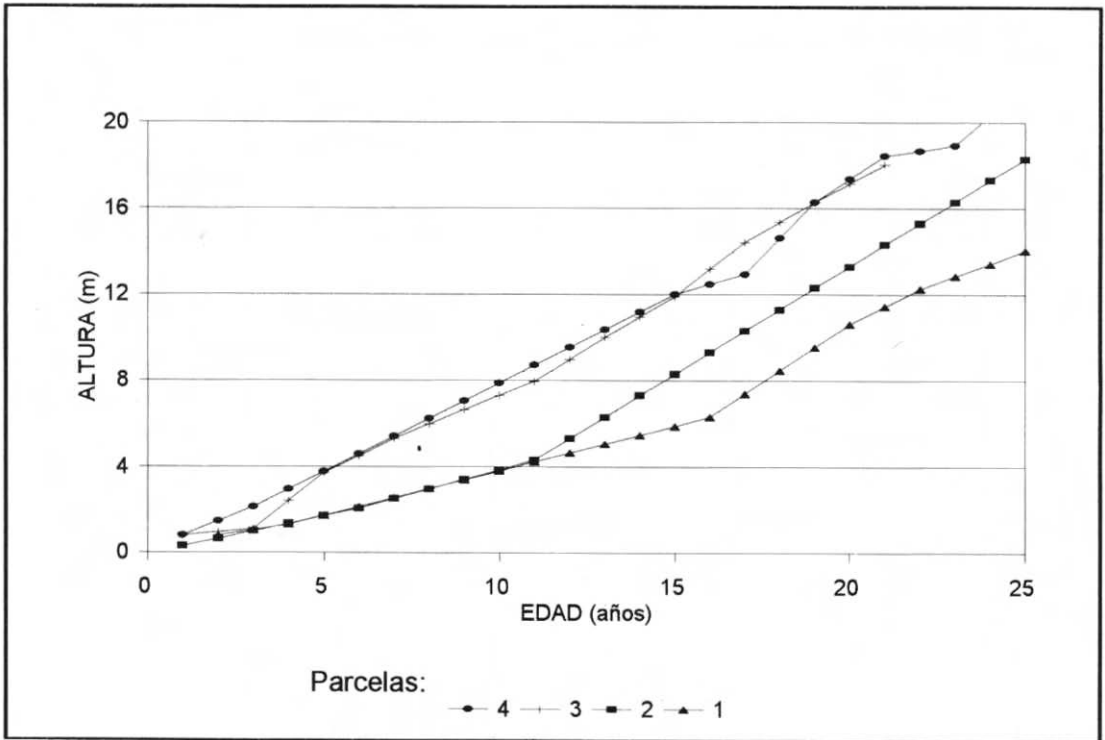


Figura 3. Curvas altura máxima/edad: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl.
 Curves of maximum height/age: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl.

celas, lo que implica un 6% del área. Es decir, que los datos obtenidos tienen una buena representación areal en las unidades de mayor importancia para la actividad forestal.

Pinus ponderosa

Análisis de las curvas. Para cada transecta se promedian las curvas altura máxima-edad, a partir de los datos volcados en el cuadro de datos dasométricos (cuadro 1). Se desprenden dos familias de curvas, surgiendo claramente diferencias entre ellas aún a edades tempranas. A los 16 años las diferencias son del orden de 4 metros, superando las parcelas ubicadas en la transecta sur y centro, a las del norte.

Se analiza el rango de edad de 2 a 16 años por ser éste el período en el cual están representadas todas las parcelas, dada la diferencia de edades entre ellas. Las curvas se entrecruzan marcadamente en las tres transectas analizadas, notándose una cierta tendencia a la polimorfía de las mismas. Esta tendencia es menos acentuada a mayores edades. Se gráfica este comportamiento para la transecta suroeste, bajo régimen údico, y bajo ré-

gimen xérico (figs. 2 y 3) y para la transecta norte bajo régimen xérico (fig. 4).

En el cuadro 9 se resumen los datos correspondientes a los índices de sitio a los 14 años para todas las parcelas, agrupadas por transecta y ordenadas dentro de cada transecta en forma creciente de índice de sitio, con la clasificación correspondiente al suelo de cada parcela.

En la zona norte la desviación estándar de la media es baja, lo que se relaciona con que las variaciones climáticas oeste-este son menores que en la zona sur, lo que puede estar acentuado por la mayor homogeneidad climática de la región y del régimen hídrico del suelo, que es en todos los casos xérico o xérico seco.

Por otro lado, se realizó la prueba de regresión parcial entre los datos de la transecta norte entre la altura máxima y el volumen, para determinar si era factible predecir a partir de ésta el volumen, utilizando la metodología planteada (Girardin y Broquen, 1993), obteniéndose un r^2 muy bajo, 0.36, no siendo significativo para el nivel del 5%. Los crecimientos en volumen por razones similares deben ser tomados solamente a título informativo. En principio, el análisis de los residuales indicaría

CUADRO 9

Indice de sitio 14 años: *Pinus ponderosa* Dougl.
Site Index at 14 years: *Pinus ponderosa* Dougl.

Transecta	Suelo Clasificación	Altura m
Norte		
N1	Xerortente típico	7.7
N2	Vitrikerand húmico	7.8
N3	Haploxerol vitrándico	8.0
N4	Haploxerol vitrándico	8.2
N5	Vitrikerand húmico	8.3
N6	Argixerol típico	9.8
N7	Vitrikerand húmico	10.0
Media		8.6
Std		0.96
Centro		
C1	Vitrikerand húmico	11.3
C2	Vitrikerand húmico	11.3
C3	Vitrikerand húmico	11.3
C4	Udivitrando húmico	11.7
Media		11.4
Std		0.11
Sur		
S1	Argixerol cálcico	6.1
S2	Haploxerol éntico	8.6
S3	Argixerol vitrándico	9.5
S4	Udivitrando húmico	10.0
S5	Udivitrando húmico	10.7
S6	Udivitrando húmico	11.3
S7	Udivitrando húmico	11.3
S8	Udivitrando húmico	11.7
S9	Hapludando táptico	12.8
S10	Udivitrando táptico	13.0
Media		10.5
Std		1.94

que el no ajuste de la función no se debería a que exista una relación de otro tipo que se adapte mejor al analizado. Los mejores sitios están asociados a Vitrikerand húmico y Argixerol vitrándico.

En la zona sur la desviación estándar de la media es mucho mayor, lo que llevó a desagregar las parcelas por régimen hídrico del suelo (cuadro 10). Si se compara la media del IS14 bajo régimen xérico con la de la zona norte se observa que ambas son muy similares, pudiendo deberse a que el régimen hídrico del suelo es uno de los determinan-

tes de dichos crecimientos. A partir de este análisis se agrupan por régimen hídrico independientemente de las transectas, graficándose los resultados en la figura 4. Las dos curvas son muy similares a las que se derivan al agrupar las parcelas por situación geográfica (fig. 1). Esto puede deberse al dominio en la zona sur del régimen hídrico údico del suelo, y por ser xérico en la totalidad de las parcelas de la transecta norte.

En la zona centro la media de crecimiento supera a la zona sur a partir de los 9 años. Se debe considerar en el análisis que los resultados obtenidos pueden estar limitados por el bajo número de parcelas y la homogeneidad de las condiciones de sitio de las parcelas incluidas.

Las consideraciones vertidas sobre la incidencia del régimen hídrico habrá que cuantificarlas en su peso relativo en relación a los demás factores del sitio, en posteriores estudios donde se profundice la relación entre los crecimientos y las características del sitio.

Como primera consideración se puede afirmar que los mejores crecimientos en altura a los 14 años se encuentran asociados al Udivitrando húmico y Vitrikerand húmico, siendo en estos dos casos, mayor el volumen de suelo disponible para la exploración de las raíces y por lo tanto, mayor la disponibilidad de agua.

Analizando en forma conjunta todas las parcelas con suelos con régimen údico (cuadros 9 y 10) se observa que el IS14 es mayor en los sitios sobre Udivitrando tápticos, Hapludando táptico fase profunda, y Udivitrando húmicos.

Tomando las parcelas correspondientes a régimen xérico en la transecta sur se observa el mejor crecimiento sobre el Argixerol vitrándico (cuadro 10).

Pseudotsuga menziesii

Se analizan en forma conjunta los datos dasométricos (cuadro 6) y las curvas de crecimiento (fig. 2) Las edades de las parcelas analizadas son mayores que para *Pinus ponderosa*, por lo que los volúmenes y los crecimientos volumétricos representan mejor las características de la zona bajo estudio. Las densidades son menores que para *Pinus ponderosa*. Con similar criterio que para *Pinus ponderosa*, el tramo de las curvas de crecimiento analizado fue de 2 a 25 años. El entrecruzamiento es menos importante ya que a partir de los 10 años las curvas se diferencian. Los casos

CUADRO 10

IS14 Parcelas de *Pinus ponderosa* Dougl. Transecta Sur agrupado por régimen hídrico.
 Site Index at 14 years: *Pinus ponderosa* (Dougl.) plots.
 South transects grouped by hydric regime.

Transecta sur:		
Parcela	Suelo Clasificación	IS14
REGIMEN XERICO (SURESTE)		
S1	Argixerol cálcico	6.1
S2	Haploxerol éntico	8.6
S3	Argixerol vitrándico	9.5
Media		8.8
Std		1.24
REGIMEN UDICO (SUROESTE)		
S4	Udivitránd húmico	10.0
S5	Udivitránd húmico	10.7
S6	Udivitránd húmico	11.3
S7	Udivitránd húmico	11.3
S8	Udivitránd húmico	11.7
S9	Hapludánd táptico	12.8
S10	Udivitránd táptico	13.0
Media		11.5
Std		0.990

CUADRO 11

Índice de sitio 14 y 21 años: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl.
 Site Index at 14 and 21 years: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Dougl.

Parcela	Clasificación	IS14	IS21
1	Argixerol vitrándico	5.5	11.4
2	Udivitránd húmico	7.3	14.3
3	Udivitránd húmico	11.0	18.0
4	Udivitránd táptico	11.2	18.4
Media		8.7	15.5
Std		2.43	2.88

que se superponen a partir de esa edad corresponden a sitios de similares características. La diferencia a los 21 años es del orden de 3-4 metros, pudiendo estimarse que a partir de los 17 años las curvas tienden a ser anamórficas.

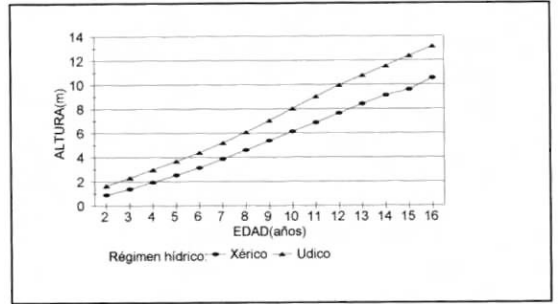


Figura 4. Curvas altura máxima/edad agrupadas por régimen hídrico: *Pinus ponderosa* Dougl.
 Curves of maximum height/age grouped by hydric regime: *Pinus ponderosa* Dougl.

En el cuadro 11 se resumen los datos correspondientes a los índices de sitio a los 21 años y a los 14 años, respectivamente, para todas las parcelas, ordenadas en forma creciente, con la clasificación correspondiente al suelo de cada parcela.

Análisis de datos dasométricos para ambas especies. La variación de los datos existentes para *Pinus ponderosa* es mucho más amplia que para *Pseudotsuga menziesii*, debido a que la primera especie es mucho más plástica, lo que determinó que fuera más utilizada en forestaciones comerciales e implantada en una zona más extensa.

Hay una clara concentración de parcelas para la categoría de edades entre 15 y 18 años, más del 60% de los casos, que corresponde con el período en el cual la actividad forestal experimentó un fuerte incremento a partir de las políticas oficiales.

La densidad es muy variable; salvo excepciones, se encuentran de 1.000-2.500 ejemplares por hectárea; no hay relación entre la densidad de plantación y la época de realización de la misma. En muchos casos las altas densidades corresponden a expectativas de alta mortandad que luego no se verificaron. No se justifican estos altos valores de densidad por el bajo aprovechamiento de raleos que se realizan.

Los datos de existencia por hectárea se brindan sin considerar su diferenciación entre diferentes tipos de volumen. Se observa que los valores privilegian a las parcelas de mayor edad, lo que se justifica por poder utilizar el volumen como variable de evaluación cuando las poblaciones están maduras.

Comparando el IS14 para *Pinus ponderosa* con el de *Pseudotsuga menziesii* se ve que es mayor para el primero, considerando para ambos la totalidad de los casos como desagregados por régimen hídrico del suelo. Al considerar el IS21 tomando

las parcelas que tienen esa edad o más, bajo régimen údico se observa que es mayor para *Pinus ponderosa* (17.81) que para *Pseudotsuga menziesii* (16.92). Si se consideran las plantaciones de mayor edad (entre 40 y 50 años) que fueron medidas para el estudio de regresión (Girardin y Broquen, 1993), esta tendencia no se mantiene, superando ampliamente *Pseudotsuga menziesii* a *Pinus ponderosa*, lo que indica que la etapa actual de crecimiento no permite predecir el comportamiento futuro de las especies en cuanto a las alturas y volúmenes a alcanzar.

CONCLUSIONES

- Los mejores sitios se encuentran asociados a Hapludandos tápticos, Udivitrandos tápticos y Udivitrandos húmicos.
- Bajo régimen xérico se encuentran asociados a Vitrixerandos húmicos, Argixeroles vitrándicos; incidiendo en forma más notable que en el régimen údico la profundidad efectiva y la contaminación por cenizas volcánicas.
- La altura máxima puede utilizarse como indicadora de las condiciones de sitio, pero no como variable predictora del volumen, dada la etapa de crecimiento en la que se encuentran.
- No es utilizable la metodología de curvas de sitio para las diferentes especies analizadas, dado el estadio juvenil de las plantaciones.
- Los datos volumétricos no están relacionados con la altura máxima para los datos de la transecta norte.
- La polimorfía de las curvas de *Pinus ponderosa* no se puede explicar en esta etapa del trabajo. Podría deberse a limitaciones o ventajas del sitio de aparición tardía, así como también a causa de variaciones del lugar de origen de la semilla de esta especie, introduciendo una mayor variabilidad genética y o de técnicas de plantación. La variación de los orígenes utilizados para plantación con *Pseudotsuga menziesii* es mucho menor y también lo es la variación de los lugares de plantación, lo que explicaría la diferencia en el comportamiento de las curvas.
- Dada la etapa de desarrollo de las plantaciones,

que hace que la mayoría se encuentre en los estadios juveniles, los datos de volúmenes por hectárea deben utilizarse con cautela, no siendo adecuada para determinar las alternativas de manejo.

Debe continuarse con este tipo de estudio desagregando a mayor nivel de detalle las condiciones de sitio que puedan estar relacionadas con los diferentes crecimientos.

BIBLIOGRAFIA

- BELL, J.F. 1993. *Log scaling and timber cruising*. Oregon. O.S.U., Book Stores Inc. 439 pp.
- CARMEAN, W. 1980. "Site quality for douglas fir in Southwestern Washington and its relation with precipitation, elevation and physical properties". *Soil Sci. Soc. Amer. Press.* 18: 330-34.
- COLMET DAAGE F., A. MARCOLIN, C. LOPEZ, M. LANCIOTTI, J. AYESA, D. BRAN, E. ANDENMATTEN, P. BROQUEN, J.L. GIRARDIN, G. CORTES, J. IRISARRI, E. BESOAIN, A. SADZAWKA, G. SEPULVEDA, S. MASSARO, G. MILLOT, P. BOULEAU. 1988. *Características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de la cordillera y precordillera del norte de la Patagonia*. S.C. Bariloche, Argentina INTA-ORSTOM, 167 pp.
- CURTIS, R., D. DE MARS, F. HERMAN. 1974. "Which dependent variable in site index-Height-Ageregressions?". *Forest Sc.* 20: 74-90.
- COCHRAN, W. 1977. *Técnicas de muestreo*. México. 2ª ed., CECSA, 507 pp.
- DAHMS, W. 1963. "Correction for a possible bias in developing site index curves from sectioned tree data", *Journal of Forestry* 541: 25-27.
- FAO MONTES, 1982. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, FAO Montes n° 22/2. 92 pp.
- FERRER, J., M. MENDIA, J. IRISARRI. 1991. Estudio regional de los suelos de la provincia del Neuquén. Buenos Aires. CFI-COPADEF-PROV. NQN. V. 1 T2: 147 pp., T3: 197 pp.
- GARCIA, O. 1995. *Índices de sitio preliminares para Eucalipto*. Instituto Forestal - Proyecto CONICYT - FONDEF 2/33 Chile, 17 pp.
- _____. 1994. Minimum data for forest plantation management. Instituto Forestal y Universidad Austral de Chile. IUFRO Conference Data requirements for Sustainable Forest Management. Stellenbosh, South Africa.
- GIRARDIN, J.L., P. BROQUEN. 1993. La altura máxima como indicadora del volumen para el *Pinus ponderosa* y el *Pseudotsuga menziesii* en diferentes condiciones de sitio (Región del Comahue-R.A.) Congreso Forestal Latinoamericano y Argentino, Paraná, pp. 52-65.
- JONES, J. 1967. Review and comparison of site evaluation methods. Research Paper RM-51 U.S. Forest Service, Rocky Mountains Forest and Range Experiments Station.
- MEURISE, R. 1987. "Forest soil management of U.S. Andisols". *Proceedings of the first ISCOM Characterization, classification and utilization of Andisols*. USDA-USAID, pp. 130-142.
- PARDE, J.; J. BOUCHON. 1988. *Dendrometrie*. ENGREF, 2ª ed., Nancy, 340 pp.
- SOIL SURVEY STAFF. 1992. *Keys to Soil Taxonomy*. Blacksburg, Virginia, 5th. ed. AID, USDA, Technical Monograph N° 19, 523 pp.