

Sobrevivencia y crecimiento de alerce (*Fitzroya cupressoides* Mol. (Johnston)) en plantaciones experimentales en la Cordillera de la Costa de Valdivia*

Growth and survival of alerce (*Fitzroya cupressoides* Mol. (Johnston))
in experimental plantations at Cordillera de la Costa in Valdivia

CLAUDIO DONOSO, BERNARDO ESCOBAR, HECTOR CASTRO,
ALBERTO ZÚÑIGA, RENATO GREZ

Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile, casilla 567, Valdivia, Chile.

SUMMARY

In order to test the possibility of getting, successful plantations of *Fitzroya cupressoides* (alerce) and to learn about growing rates for future restorations, plants grown from seeds and from cuttings were planted in a transect through the Valdivian Coastal Cordillera; seed plants were planted with and without fertilization. Provenances belong to the Coastal Cordillera. Ten plots along the transect, on different sites and altitudes, were established. Each plot was divided into three plots with 16 plants each: one with seed plants with fertilization, another without fertilization and a third one with plants produced from cuttings. During the first five years mortality and heights of plants were measured. During the last year some climate and soil attributes were measured. Lower mortality and higher heights and better growth rates were found for plants growing on the western slopes of the Coastal Cordillera compared to plants growing on the eastern slopes. These effects seem to be related to vegetation cover in the plantation sites and is stronger in seed plants with fertilization. Height and mean annual growth were normally higher in fertilized plants if compared with the cuttings. And they were normally lower in high sites with low vegetation cover, where climatic and edaphic restrictions are very important.

Key words: plantations of *Fitzroya cupressoides*, Chile, seed plants and cuttings, fertilization, growth.

RESUMEN

Con el objeto de comprobar la posibilidad de obtener éxito con plantaciones de *Fitzroya cupressoides* (alerce) y verificar sus tasas de crecimiento con propósitos de futuras restauraciones, se plantaron plantas de semillas con y sin fertilización y plantas de estacas a lo largo de un transecto de este a oeste en la Cordillera de la Costa de Valdivia. Las procedencias utilizadas corresponden a la misma Cordillera. Se establecieron 10 puntos a lo largo del transecto en diferentes condiciones y altitudes y en ellos se establecieron 3 subparcelas de 16 plantas cada una correspondientes a plantas de semilla con fertilización, sin fertilización y plantas de estaca. Durante los primeros cinco años de plantación se midieron la mortalidad y las alturas de las plantas. En el último año se efectuaron mediciones de algunos factores del clima y características del suelo de los diferentes puntos. Se encontró una mortalidad claramente menor y mayores alturas y mejores crecimientos en las plantas creciendo en laderas occidentales de la Cordillera en relación con las laderas orientales y ello parece estar relacionado con la cobertura. Este efecto es más claro en las plantas con fertilización. Las alturas y crecimientos medios anuales son superiores en general en las plantas fertilizadas especialmente en relación con las de estacas y son inferiores en general en los sectores más altos, con baja cobertura, donde las restricciones climáticas y edáficas son determinantes.

Palabras clave: plantaciones de *Fitzroya cupressoides*, Chile, plantas de semillas y estacas, fertilización, crecimiento.

* Este trabajo se enmarca dentro del Convenio "Métodos de Manejo del Tipo Forestal Alerce" que mantienen hace 12 años la Corporación Nacional Forestal y la Universidad Austral de Chile.

INTRODUCCION

Alerce es una especie forestal emblemática de Chile. La historia trágica del bosque chileno empezó muy temprano justamente con las cortas de los bosques de alerce en Chiloé y en las cercanías del Estuario del Reloncaví a fines del siglo XVI (Fonck 1896).

La destrucción de los bosques de alerce llegó a su máximo durante el siglo XIX, cuando casi se eliminaron los bosques de la Depresión Intermedia a raíz de la colonización alemana (Fonck 1896, Veblen *et al.* 1976, Veblen y Ashton 1982, Donoso 1983).

A raíz de esta historia de destrucción y debido a la falta de soluciones silviculturales y legales eficaces, alerce fue declarado Monumento Natural por Decreto Supremo N° 490 de 1976, el que prohíbe la corta de todo individuo de alerce vivo en el territorio nacional. Luego, en 1979, es ubicado en la lista internacional de especies de fauna y flora amenazadas. Además, en la actualidad alerce se encuentra en el apéndice I de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora silvestres en peligro), que prohíbe la exportación de madera de alerce a todos los países adscritos a dicha convención.

La última información sobre superficie cubierta por el tipo forestal alerce entregada por el Catastro de Recursos Vegetacionales de Chile es de 264.993 hectáreas, de las cuales 47.395 se encuentran en el Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas por el Estado (Conaf 1997).

Resulta curioso que, considerando esta larga y desfavorable historia de esta especie, seguida de medidas de protección nacionales e internacionales tan fuertes, los estudios de carácter científico referidos a ella se hayan iniciado sólo en 1975. Antes de esa fecha hay numerosos trabajos desde 1850, pero esencialmente relacionados con la botánica sistemática y con la madera. A partir de 1975 se publican diferentes trabajos sobre la fitosociología, autoecología y suelos, estructura y dinámica, semillas, viverización y silvicultura.

Las características estructurales, fitosociológicas, autoecológicas, medioambientales y de dinámica de los bosques de alerce de la Cordillera de la Costa son develadas por Ramírez y Riveros (1975), Peralta (1975), Peralta *et al.* (1982), Veblen y Ashton (1982), Kuhne (1983), Tupper (1983), Gutiérrez (1984), Donoso *et al.* (1987), Cortés (1990), Donoso *et al.* (1990b), Donoso (1993) y más recién

temente Lara *et al.* (1999). Para la Cordillera de los Andes por Veblen *et al.* (1976), Schmidt y Burgos (1977), Peralta *et al.* (1979), Kuhne (1984, 1985), Donoso *et al.* (1987), Rodríguez (1989), Donoso *et al.* (1990b), Lara (1991), Donoso *et al.* (1993c), Schlegel (1997), Ramírez de Arellano (1997) y Lara *et al.* (1998). Silla (1997), y Fraver *et al.* (1999) han estudiado la dinámica y composición de rodales jóvenes remanentes en la Depresión Intermedia.

En el ámbito de la silvicultura la primera incursión corresponde a Donoso *et al.* (1980) en relación con la capacidad y energía germinativas de alerce. Posteriormente Garrido y Caldenty (1982) analizan el efecto del viento en el tratamiento silvicultural de protección en bosques de alerce costero. Donoso *et al.* (1990a) discuten la aplicación del método de selección en bosques de alerce y realizan un estudio tendiente a seleccionar árboles productores de semillas viables para efecto de recolección de semillas y producción de plantas (Donoso *et al.* 1993a.) y publican un documento técnico en relación con la germinación de semillas, propagación asexual por estacas y viverización de alerce (Donoso *et al.* 1993b).

Estos trabajos aclaran una gran cantidad de teorías e hipótesis no comprobadas respecto a las propiedades ecológicas y capacidades de regeneración y establecimiento de alerce. Se muestra que posee alta capacidad para establecerse bajo determinadas condiciones de alteración y, fundamentalmente, que presenta años con alta producción de semillas en ciclos aún no bien determinados y que algunos árboles presentan semillas viables mientras que otros producen semillas inviables. Se obtienen buenos resultados de germinación tanto en laboratorio como en vivero y se determina que las plantas necesitan tres años en el vivero para adquirir las condiciones adecuadas para ser plantadas en terreno.

Con estos antecedentes, se realizaron pequeñas plantaciones experimentales en terrenos cercanos a Valdivia y al pueblo Alerce en la Depresión Intermedia de Llanquihue, las cuales han sido exitosas (Donoso *et al.* en preparación). Todos los ensayos con semillas y producción de plantas se han efectuado con semillas procedentes de las poblaciones de la Cordillera de la Costa de Valdivia. Otras experiencias de plantaciones de pequeña escala con alerce han sido efectuadas en el Centro Experimental de la Universidad de Chile en Frutillar, la cual se hizo con plantas provenientes de bosque

hace aproximadamente 20 años (información sin publicar). Recientemente se ha realizado una plantación cercana a El Tepual, en la Depresión Intermedia, con plantas de semilla y estacas provenientes de rodales adyacentes como una experiencia de conservación genética y restauración ecológica.

Considerando la procedencia de las plantas producidas en vivero y el hecho de que en la Cordillera de la Costa de Valdivia (Cordillera Pelada), se encuentran más de 24 mil hectáreas con alerzales quemados y con ninguna o escasa regeneración de alerce (Donoso *et al.* 1990b), se estimó conveniente establecer en 1993 un ensayo de plantaciones en un transecto desde la ladera occidental hasta la ladera oriental de dicha cordillera. Este trabajo tiene por objeto analizar los resultados de este ensayo después de cinco años de efectuada la plantación con la perspectiva de abrir la posibilidad de un esfuerzo de restauración de esos alerzales. Constituye un avance de investigación de un ensayo que debe seguir siendo controlado, lo que junto a otros antecedentes dará origen a nuevas publicaciones.

MATERIAL Y METODOS

Para efectuar el ensayo de plantación se seleccionó un transecto que cubre desde la vertiente oriental a la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa. En el transecto se eligieron originalmente 11 puntos que representan diferentes situaciones edafoclimáticas, ubicados cerca del camino La Unión-Hueycolla y aproximadamente con una diferencia altitudinal de 100 m entre cada punto (figuras 1 y 2 y cuadro 3). El punto 3 fue eliminado en el momento de realizar la plantación porque el suelo era excesivamente rocoso y con alta pendiente.

En cada punto se estableció una parcela de 13 x 35 m, la cual fue dividida en tres subparcelas de 3 x 3 m (figura 3). En cada subparcela se plantaron 16 plantas a un distanciamiento de 3 x 3 m, a las cuales se les aplicaron los siguientes tratamientos:

- Subparcela 1: Plantas originadas de semillas, con tres años de vivero (1/2), plantadas sin fertilización.
- Subparcela 2: Plantas originadas de semillas, con tres años de vivero (1/2), plantadas con fertilización.

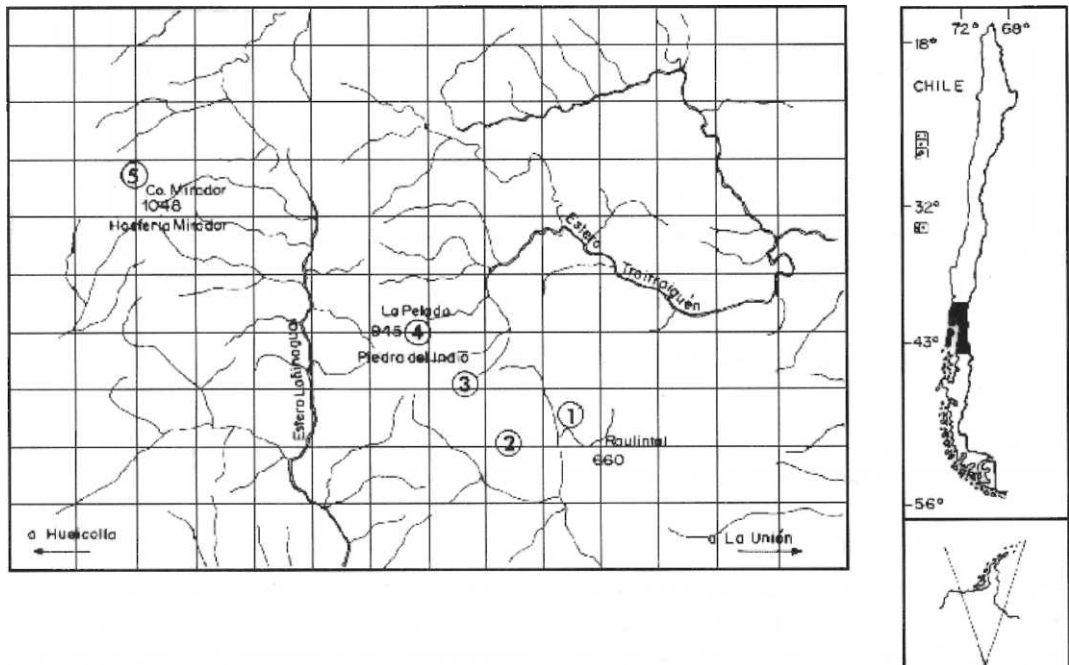


Figura 1. Distribución de los puntos 1 a 5 a lo largo del transecto en la Cordillera de la Costa de Valdivia. Distribution of points 1 to 5 along a transect in the Valdivian Coastal Cordillera.

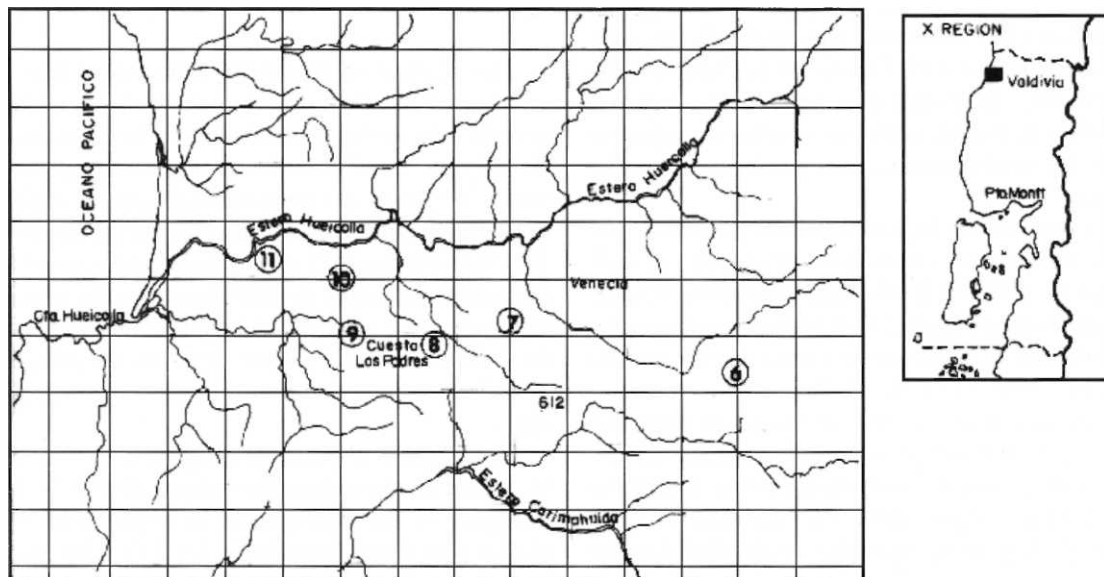


Figura 2. Distribución de los puntos 6 a 11 a lo largo del transecto en la Cordillera de la Costa de Valdivia. Distribution of points 6 to 11 along a transect in the Valdivian Coastal Cordillera.

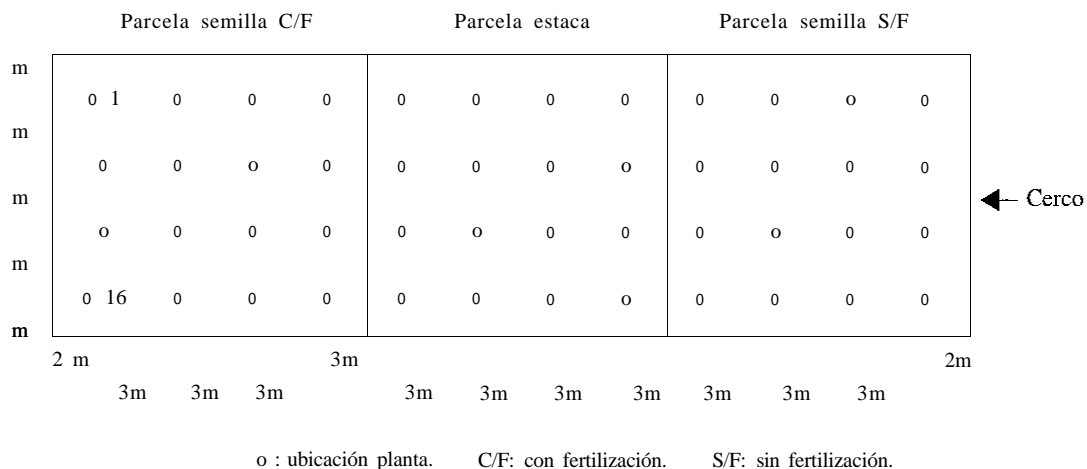


Figura 3. Diseño de plantación experimental de alerce en un transecto de la Cordillera de la Costa de Valdivia. Experimental plantation design of Alerce along a transect in the Valdivian Coastal Cordillera.

- Subparcela 3: Plantas originadas de estacas, con tres años de vivero, plantadas sin fertilización. Las características generales de los puntos, vegetación y cobertura se presentan en los cuadros 3 y 4 en resultados. La procedencia de las semillas y de las estacas es la Cordillera de la Costa de Valdivia, en el

Monumento Natural Alerce Costero y áreas adyacentes. Las plantas fueron producidas en el Vivero Experimental del Instituto de Silvicultura de la Universidad Austral de Chile. La fertilización se efectuó con una mezcla estándar de 300 g de N, P, K y B para cada planta fertilizada. La plantación y la fertilización se reali-

zaron en septiembre de 1993. El promedio de altura de las plantas de semilla fue de 45.3 cm y el rango de 16 a 94 cm. Para las plantas de estaca, el promedio fue de 36.9 cm y el rango de 15 a 84 cm (cuadro 1).

En agosto de 1994 se efectuó un replante con plantas de tres años de vivero (1/2) y de la misma procedencia y un segundo y último replante, correspondiente a la mortalidad del segundo año, se efectuó en agosto de 1995 con el mismo tipo de plantas. Se replantaron en ambos años 41 plantas de semillas con fertilización, 44 sin fertilización y 52 de estacas de las cuales murieron 26.83% (11 plantas), 27.27% (12 plantas) y 32.69% (17 plantas), respectivamente. Se midieron también las alturas de las plantas y la medición se repitió en los años 1995, 1996, 1997 y 1998 en los meses de agosto y septiembre. La evaluación final de crecimiento y sobrevivencia corresponde a este último año.

Para evaluar las diferencias encontradas en el desarrollo de las plantas sometidas a los diferentes tratamientos y a diferentes condiciones ambientales, se tomaron muestras de suelo y se efectuaron mediciones de luminosidad, capacidad evaporativa del aire y cobertura de copas en cada sitio. Las

mediciones de clima se efectuaron durante el mes de octubre de 1998. La luminosidad se evaluó con el método de papel sensible a la luz (Donoso 1981), la capacidad evaporativa con evaporímetro Piche y la cobertura de copas mediante el método de líneas interceptadas (Donoso 1993). Las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio del Instituto de Silvicultura de la U.A.Ch., considerando las características del sitio, la profundidad de los horizontes orgánicos e inorgánicos, la profundidad fisiológica y de raíces, la estructura y la textura, el pH, la relación C/N y características químicas y densidad aparente.

Para comparar las alturas y los crecimientos obtenidos por los diferentes tipos de plantas utilizadas (tratamientos) en los distintos puntos o sitios de plantación, se utilizó un análisis de varianza y una comparación entre medias según la prueba de Student, Newmann y Keul.

RESULTADOS Y DISCUSION

Mortalidad. La mortalidad experimentada por las plantas de alerce de semillas con y sin fertilización y de estacas, registrada en los años siguientes al año de plantación, en los 10 puntos evaluados a lo largo del transecto, se presenta en el cuadro 2.

Del cuadro 2 se desprende que en los tres tratamientos el mayor porcentaje de mortalidad se produjo un año después de efectuada la plantación (1994) y se redujo a un mínimo durante los dos últimos años (1997 y 1998).

En el tratamiento de plantación con plantas de semilla con fertilización se detecta una mortalidad claramente mayor en las parcelas ubicadas en las laderas orientales de la Cordillera de la Costa (puntos 1 y 2) y en las cumbres (puntos 4, 5 y 6). No ocurre lo mismo, sin embargo, en las plantas de semilla sin fertilización y en las plantas de estaca, donde se encuentra también alta mortalidad en las parcelas ubicadas en la exposición occidental (puntos 7, 8, 9, 10 y 11), la que se concentra en el primer año de vida de las plantas (cuadro 2).

Los altos porcentajes de mortalidad encontrados en los puntos 1 y 2, ubicados a 630 y 730 msnm, respectivamente y claramente en exposición oriental, parecen indicar que las condiciones medioambientales imperantes allí no son adecuadas para alerce (cuadro 3). Esto es especialmente claro en los tratamientos de plantas de semilla con fertilización. En los tratamientos de plantas de

CUADRO 1

Altura promedio de los alerces de semilla y estaca plantados en los diferentes puntos a lo largo de un transecto en la Cordillera de la Costa de Valdivia.

Average height of Alerce plantations from seeds and cutting in different points along a transect in the Valdivian Coastal Cordillera.

Punto	Altura promedio (m)		Rango (m)	
	Plantas semilla	Plantas estaca	Plantas semilla	Plantas estaca
1	0.38	0.52	0.26 - 0.62	0.34 - 0.84
2	0.46	0.40	0.25 - 0.71	0.26 - 0.53
4	0.38	0.39	0.22 - 0.60	0.29 - 0.54
5	0.43	0.38	0.16 - 0.75	0.23 - 0.59
6	0.48	0.38	0.22 - 0.64	0.23 - 0.57
7	0.42	0.34	0.21 - 0.69	0.15 - 0.64
8	0.47	0.28	0.32 - 0.80	0.16 - 0.56
9	0.46	0.31	0.32 - 0.73	0.21 - 0.44
10	0.50	0.30	0.30 - 0.94	0.19 - 0.47
11	0.55	0.39	0.31 - 0.81	0.15 - 0.70
Media	0.45	0.37	0.16 - 0.94	0.15 - 0.84

CUADRO 2

Mortalidad de plantas de alerce con diferentes tratamientos en los puntos de ensayo a lo largo de un transecto en la Cordillera de la Costa de Valdivia.
Mortality of Alerce plants with different treatments in the ten points along a transect in the Valdivian Coastal Cordillera.

Años Tratamiento Punto	1994		1995		1996		1997		1998		Total	
	s.c.f.	s.s.f. n° plantas	s.c.f.	s.s.f. estaca n°	s.c.f.	s.s.f. estaca n°	s.c.f.	s.s.f. estaca n°	s.c.f.	s.s.f. estaca n°	s.c.f.	s.s.f. estaca plantas
1	6	4	3	1	0	0	1	0	0	0	10	5
2	10	4	2	1	0	0	0	0	0	0	12	5
4	1	4	4	0	1	0	0	1	0	0	6	5
5	3	0	0	0	2	0	1	0	1	0	5	0
6	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	1
7	0	3	1	2	0	1	0	0	1	0	2	6
8	0	3	0	1	0	1	0	1	0	0	0	5
9	1	7	1	0	0	0	0	0	0	0	2	7
10	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Total	26	29	11	7	1	1	2	2	2	0	42	39
%	14.77	16.67	6.25	3.45	0.57	0.57	1.14	1.15	1.14	0	26.23	24.38
		16	6.88		4.57	2.23					34.38	

s.c.f.= plantas de semilla con fertilización.
s.s.f.= plantas de semilla sin fertilización.

semilla sin fertilización no se aprecia una tendencia clara; la variación en los porcentajes de mortalidad en el transecto es más bien errática. En los tratamientos de estaca las mortalidades son más altas y se presentan a lo largo de todo el transecto sin tendencia aparente.

La más alta mortalidad encontrada en los puntos 1 y 2 puede explicarse por la ubicación de los sitios en la ladera oriental, donde domina la vegetación de especies siempreverdes o de raulí y coigüe común (*Nothofagus alpina* y *Nothofagus dombeyi*), y donde alerce es marginal (Stern y Roche 1974). Las laderas orientales en este sector de la Cordillera de la Costa presentan menor humedad por efecto de sombra de lluvia, y más altas temperaturas durante el día (Donoso 1981), lo que unido a la nula protección por baja cobertura vegetal, que incide en altos porcentajes de intensidad luminosa y capacidades evaporativas relativamente altas, determina mayor probabilidad de alta mortalidad (cuadro 3).

A pesar de poseer también escasa o nula cobertura los puntos 4 y 5, y en alguna medida el punto 6, poseen una mayor sobrevivencia porque se encuentran en las cumbres, que corresponden al hábitat al cual alerce está naturalmente adaptado y donde hay menor competencia.

CUADRO 3

Resumen de variables climáticas y altitud de los puntos de ensayo a lo largo de un transecto en la Cordillera de la Costa de Valdivia.
Summary of climatic variables and altitudes in the points along a transect in the Valdivian Coastal Cordillera.

Punto	Altitud (msnm)	Cobertura (%)	Luminosidad (%)	Cap. evaporativa (ml)
1	630	10.00	94.44	8.70
2	730	9.00	100.00	6.30
4	960	7.00	100.00	5.70
5	1.050	0.00	94.44	7.80
6	810	23.00	100.00	6.40
7	550	82.15	44.44	2.30
8	375	39.00	66.67	5.00
9	190	100.00	55.56	4.70
10	140	72.75	66.67	6.20
11	30	61.75	55.56	3.30

Los puntos 7 a 11 que se ubican desde la parte alta de la Cordillera hacia las laderas occidentales, a altitudes bajo los 600 msnm (cuadro 3), tienen una mejor sobrevivencia en lo que se refiere a las plantas de semilla con fertilización. El punto 7 tiene muy alta mortalidad en plantas de estaca y sin fertilización. Este punto tiene una alta cobertura asociada con una intensidad luminosa mucho más baja que la de los demás puntos y una capacidad evaporativa del aire también muy baja (cuadro 3). Además el drenaje es muy lento en ese punto, con presencia de una estructura subpoliédrica a poliédrica, que lo favorece (cuadro 4). Es probable que esos factores, en especial el exceso de sombra y exceso de humedad por mal drenaje, hayan incidido en tan alta mortalidad. La baja mortalidad en el mismo punto para las plantas de semillas fertilizadas puede explicarse sólo por el efecto de la fertilización.

Durante el primer año de plantación se produjo un desecamiento del ápice en varios individuos de los diferentes tratamientos, especialmente en los puntos sin o con muy baja cobertura (1 al 6), y también en el punto 7, de alta cobertura, baja luminosidad y drenaje lento.

Crecimiento y desarrollo. Al comparar las alturas promedio alcanzadas por las plantas de los distintos tratamientos al 5° año de plantación se observa que el tratamiento con fertilización alcanza mayor altura y que el de menos altura corresponde a las plantas de estaca (cuadro 5). De acuerdo con el ANDEVA hay diferencias significativas a un nivel de $p < 0.05$ entre los tratamientos, pero esta diferencia es significativa sólo entre el tratamiento de semillas con fertilización y el de estacas según la prueba de comparación entre medias SNK (Sokal y Rolf 1969).

Aun cuando las diferencias entre el tratamiento con fertilización y los otros dos tratamientos no son muy significativas, son muy consistentes, especialmente en los puntos 6 a 11, que corresponden a la ladera occidental de la Cordillera de la Costa (cuadro 5).

Sólo en el punto 11 se presenta un valor muy alto de altura promedio para el tratamiento sin fertilización, el que probablemente está enmascarando la diferencia con los tratamientos con fertilización haciéndola no significativa.

Probablemente la diferencia existente entre las alturas y los crecimientos alcanzados por las plantas con y sin fertilización se encuentran enmasca-

rados en el análisis estadístico por la gran variación existente entre las alturas de las plantas de un mismo tratamiento. Así, por ejemplo, el tratamiento de plantas con fertilización que tiene en promedio general una altura de 106.84 cm posee un rango entre 28 y 192 cm, mientras que el de plantas sin fertilización, que posee un promedio de 87.01 cm, tiene un rango de 38 a 262 cm. Este efecto podría deberse a diferencias genéticas entre los individuos.

La comparación estadística entre los tres tratamientos aplicada a los crecimientos anuales medios (IMA) (cuadro 5) entrega resultados similares a las comparaciones entre alturas, encontrándose también diferencias significativas al nivel $p < 0.05$ entre el tratamiento de semillas con fertilización y el de estacas, aun cuando son muy claras también las diferencias entre los valores de los tratamientos con fertilización y sin fertilización en los puntos ubicados en las laderas occidentales de la Cordillera de la Costa (cuadro 5).

En el año 1998 se encontraron crecimientos anuales corrientes (ICA) negativos (cuadros 5 y 6). En el punto 5 el número de plantas con crecimiento negativo fue mucho más elevado que en el resto de los puntos en todos los tratamientos y el ICA alcanzó valores muy bajos o negativos (Cuadros 5 y 6). Estos bajos ICA se explican por la condición ambiental extremadamente rigurosa aun cuando propia del alerce en la cumbre de la montaña (cuadros 3 y 4) y a probables daños provocados por animales. En ellos se observan pH extremadamente bajos, con suelos más delgados y de menores contenidos de materia orgánica. Asimismo los contenidos de Na, K, Ca y Mg indican una fracción de intercambio muy baja, junto a lo cual destaca un porcentaje de saturación de Al generalmente superior al 70% (cuadro 7).

En los demás puntos son aislados los casos en que un individuo tiene crecimiento anual periódico negativo en el año 1998, y él se originó en la mayoría de los casos por desecamiento de los ápices producidos principalmente en el primer año de crecimiento.

Los crecimientos anuales medios (IMA) son significativamente más altos en las parcelas con plantas de semillas con fertilización. Este efecto es principalmente claro en las parcelas de las laderas occidentales donde la cobertura es mayor, con los consiguientes efectos moderadores en temperaturas, capacidad evaporativa del aire, heladas y períodos de sequía prolongada. El IMA es tam-

Propiedades físicas de los suelos en los puntos de ensayo a lo largo de un transecto en la Cordillera de la Costa de Valdivia.

Physical properties of soils in points along a transect through the Valdivian Coastal Cordillera

Punto	Características generales del sitio *					Horizontes orgánicos	Horizontes inorgánicos				
	UR	FL	Exposición	DE	EA **	Mantillo	Horizontes	Profundidad (cm)	Estructura	Textura	P. F*** (cm)
1	ladera media	cóncava	N-O	moderado	me-lu-rau	Oi(1-1,5cm);Oe(1cm)	1 2 c	0 - 10 10 - 50 50 y +	Grumosa Subpoliédrica	F.F.arenoso Franco	50
2	ladera alta	homogéneamente inclinada	N-E	moderado	ul-me-ca-te-ro-tr	Oi (1-3mm);Oa(1,5 cm)	1 2 c	0 - 14 14 - 47 47 y +	Grumosa Poliédrica	Franco Arcilla franca	47
4	cumbre	plana	-	-	ca-al-cch-cm	Oe (3-5mm)	1 c	0 -13	Grumosa	F.F arenoso	13
5	cumbre	convexa	N-O	moderado	al-ñi	Oi (0,5 cm)	1 c	0 - 16 16 y +	Grumosa	F.arenoso	16
6	ladera alta (cumbre)	convexa	S-O	rápido	ca-pp-ti	Oi (< 5 mm)	1 2 c	0 - 7 7 - 38 38 y +	Grumosa Grumosa	F.F arenoso F.arenoso	38
7	ladera alta	convexa	N-E	muy lento	mh-o-tr-lu-te	Oi (0,5 cm);Oa (2 cm)	1 2 c	0 - 30 30 - 55 55 y +	Subpoliédrica Poliédrica	Franca Arcilla franca	55
8	ladera alta	convexa	N-O	moderado	me-ul-av-te-mh	Oi (1 -1,5 cm)	1 2 c	0 - 32 32 - 75 75 y +	Subpoliédrica Poliédrica	Arcilla franca Arcilla franca	75
9	cumbre	plana	-	lento	me-o-te-arr	Oi(1cm);Oe (<5mm)	1 2 c	0 - 18 18 - 73 73 y +	Grumosa Poliédrica	Arcilla franca Arcilla franca	73
10	ladera media	convexa	N-E	lento	mm-me-lu-av	Oi(1,5-2 cm);Oe(1-2mm)	1 2 c	0 - 30 30 - 66 66 y +	Subpoliédrica Poliédrica	Arcilla franca Arcilla franca	66
11	fondo hondonada	plana	S	moderado	me-o-lu	Oi(1cm);Oa(1cm)	1 2 c	0 - 30 30 - 67 67 y +	Grumosa Poliédrica	Franco Arcilla franca	67

Códigos *

UR: Ubicación en el relieve.
FL: Forma de la ladera.
DE: Drenaje externo.
EA: Estrato arbóreo.

Códigos **

me: Meli
lu: Luma
rau: Raulí
ul: Ulmo
tr: Trevo
al: Alerce
cch: Coigüe de Chiloé
cm: Coigüe de Magallanes

mh: Maño hembra
o: Olivillo
av: Avellano
arr: Arrayán

Profundidad fisiológica ***

ca: Canelo ñi: Ñirre
te: Tepa pp: Pillo-Pillo
ro: Romerillo ti: Tineo
mm: Maño macho

CUADRO 5

Altura media (cm) crecimiento anual corriente (ICA) y crecimiento anual medio (IMA, 5 años) promedios en altura logrados por las plantas de alerce en los diferentes puntos de ensayo y diferentes orígenes y tratamientos.

Average height (cm) current annual growth (ICA) and mean annual growth (IMA, 5 years), for Alerce plants in different plantations points and different origins and treatment.

Punto	Subparcela*	Altura a 1998 (cm)	ICA (cm)	IMA (cm)
1	1	93.83	11.63	18.77
	2	89.73	10.28	17.95
	3	72.14	6.10	14.43
2	1	100.75	12.63	20.15
	2	103.27	13.18	20.65
	3	76.00	7.50	15.20
4	1	56.00	4.66	11.20
	2	57.00	4.48	11.40
	3	44.18	1.74	8.84
5	1	38.82	-1.41	7.76
	2	45.31	0.04	9.06
	3	38.64	0.32	7.73
6	1	113.93	13.26	22.79
	2	59.33	2.14	11.87
	3	51.08	3.19	10.22
7	1	86.14	8.18	17.23
	2	62.80	6.04	12.56
	3	45.00	3.89	9.00
8	1	106.88	11.40	21.38
	2	70.36	6.14	14.07
	3	37.18	2.70	7.44
9	1	105.64	11.90	21.13
	2	61.00	4.19	12.20
	3	55.92	4.96	11.18
10	1	125.80	12.97	25.16
	2	74.92	6.93	14.98
	3	46.80	3.71	9.36
11	1	134.56	16.48	26.91
	2	170.38	23.08	34.08
	3	72.89	6.72	14.58

* Subparcela 1 = plantas de semilla con fertilización
 Subparcela 2 = plantas de semilla sin fertilización
 Subparcela 3 = plantas de estaca sin fertilización

CUADRO 6

Numero de plantas sobrevivientes numero de individuos con crecimiento negativo por tratamiento y crecimientos anuales corrientes (ICA) promedios por tratamiento en los 10 puntos del ensayo.

Number of surviving plants number of individuals with negative growth per treatment and current annual growth (ICA) average per treatment in the ten points of the essay.

Punto	Sub parcela	Número inicial de plantas	Número de plantas sobrevivientes (1998)	Número de plantas con IPA negativo en 1998	IPA promedio
1	1	16	6	0	11.63
	2	16	11	1	10.28
	3	16	7	1	6.10
2	1	16	4	0	12.63
	2	16	11	0	13.18
	3	16	6	0	7.50
4	1	16	10	0	4.66
	2	16	11	0	4.48
	3	16	11	1	1.74
5	1	16	11	6	-1.41
	2	16	16	2	0.04
	3	16	14	2	0.32
6	1	16	15	0	13.26
	2	16	12	0	2.14
	3	16	13	0	3.19
7	1	16	14	0	8.18
	2	16	10	0	6.04
	3	16	5	1	3.89
8	1	16	16	0	11.40
	2	16	11	0	6.14
	3	16	11	3	2.70
9	1	16	14	1	11.90
	2	16	9	0	4.19
	3	16	12	1	4.96
10	1	16	15	0	12.97
	2	16	13	0	6.93
	3	16	15	0	3.71
11	1	16	16	0	16.48
	2	16	13	0	23.08
	3	16	9	0	6.72

* Subparcela 1 = plantas de semilla con fertilización
 Subparcela 2 = plantas de semilla sin fertilización
 Subparcela 3 = plantas de estaca sin fertilización

CUADRO 7

Algunas características químicas y físicas diferenciales del suelo de los diferentes puntos del transecto

Some differential chemical and physical characteristics of the different points along the transect

Punto	Horizonte	Profundidad (cm)	PH (H ₂ O)	C/N	Al-KCl (p.p.m.)	P (Olsen) (p.p.m.)	Al (p.p.m.)	Na (p.p.m.)	K (p.p.m.)	Ca (p.p.m.)	Mg (p.p.m.)	D.A (g/cm ³)	Suma de bases	Sat.bases (%)
1	1	0-10	4.88	13.10	510	5.60	1100	36	167	131	99	0.92	2.05	26.61
	2	10-50	5.08	13.00	350	2.20	1370	23	97	29	36	0.68	0.79	16.88
2	1	0-14	5.46	10.00	295	9.20	1550	34	150	65	28	0.91	1.09	24.92
	2	14-47	5.19	12.50	765	1.40	1260	27	32	71	32	1.04	0.82	8.78
4	1	0-13	4.77	15.10	185	3.80	290	13	26	45	19	1.16	0.50	19.71
5	1	0-16	4.59	12.20	810	2.60	830	18	52	59	30	1.04	0.75	7.73
6	1	0-7	4.55	12.80	720	2.60	800	25	48	32	38	0.52	0.70	8.09
	2	7-38	4.75	11.30	570	4.00	630	16	12	33	11	1.06	0.36	5.32
7	1	0-30	4.79	13.60	515	3.60	900	38	130	106	67	0.82	1.58	21.64
	2	30-55	5.02	11.30	320	1.20	780	18	28	25	14	1.04	0.39	9.89
8	1	0-32	5.14	19.20	190	2.00	1380	40	94	93	55	0.79	1.33	38.70
	2	32-75	5.27	16.90	50	1.20	1540	21	18	26	18	0.97	0.42	42.79
9	1	0-18	4.72	16.10	730	6.60	940	38	126	103	73	0.75	1.60	16.51
	2	18-73	5.14	12.40	435	3.40	1040	21	57	33	18	1.06	0.55	10.23
10	1	0-30	4.79	19.20	645	1.60	1560	65	99	136	70	0.64	1.79	20.01
	2	30-66	5.09	15.80	445	1.20	1550	36	25	28	23	0.91	0.55	10.01
11	1	0-30	4.74	17.80	550	3.80	1200	58	147	80	118	0.61	2.00	24.66
	2	30-67	5.30	13.90	280	1.20	1190	30	16	29	34	0.95	0.60	16.08

C/N: relación Carbono - Nitrogeno

bien comparativamente alto en los puntos 1 y 2 ubicados en las laderas orientales, donde las condiciones de sustrato parecen ser buenas (cuadro 4), pero la cobertura y protección son muy bajas (cuadro 3). En estos dos puntos el efecto ambiental negativo se ve reflejado en la mortalidad, pero los pocos individuos que sobreviven logran alcanzar crecimientos similares a los logrados en exposiciones occidentales. Los valores de crecimiento alcanzados por las plantas de semilla sin fertilización, y en cierta medida las de estaca, sugieren que los crecimientos en estos puntos son determinados por el sitio y que la fertilización no tiene un efecto importante ni en el crecimiento ni en la sobrevivencia (cuadros 2 y 5).

CONCLUSIONES

La conclusión más clara que se desprende de este ensayo, que es el primero realizado formalmente con plantas de alerce producidas en vivero, es que la cobertura, elemento de la vegetación claramente moderador de los factores del clima, es determinante en el porcentaje de sobrevivencia de las plantas, por lo menos en sus primeros años de vida. Este efecto se aprecia especialmente en las plantas con fertilización, en tanto que algunos altos valores de mortalidad alcanzados por las plantas de estaca y sin fertilización en puntos con alta cobertura (e.g. puntos 7 y 9) sugieren que sin fertilización una alta cobertura es negativa para la sobrevivencia de las plantas por un efecto de sombra y disminución de la capacidad de fotosíntesis y de competencia. Es necesario determinar el rango de porcentajes de cobertura o luminosidad adecuados para una óptima sobrevivencia y crecimiento de la especie. Un ensayo de tolerancia para este efecto se está implementando en el Vivero Experimental del Instituto de Silvicultura, en Valdivia. En los puntos de ensayo de plantación en terreno que poseen alta cobertura se deberá continuar con el control del desarrollo de las plantas para determinar cuándo es necesario abrir el dosel para liberar a las plantas de alerce y permitir el ingreso de mayor luminosidad.

Es claro también que las alturas alcanzadas por las plantas y los IMA son considerablemente menores en los puntos ubicados a mayor altitud (4, 5 y 6), aun cuando constituyen una excepción los IMA alcanzados por los individuos con fertilización en el punto 6, donde la única explicación es

la fertilización, efecto que debe corroborarse a futuro. En estos sitios la mortalidad no es demasiado alta, pero se produce con mucha frecuencia muerte de los ápices, lo que determina un bajo ICA que en varios individuos es negativo. Esto queda explicado por las condiciones rigurosas del clima determinadas por la altitud, la escasa protección de vegetación alta asociada, la que está caracterizada por individuos bajos o achaparrados de canelo, ñirre, coigüe de Chiloé o de Magallanes y otras especies arbustivas principalmente (cuadro 4). A ello se suma el suelo con baja profundidad fisiológica y escaso mantillo (cuadro 4).

Este estudio demuestra la factibilidad de implementar proyectos de restauración ecológica de más de 6.000 hectáreas de bosques de alerce que han sido destruidos por incendios y explotación en la Cordillera de la Costa de Valdivia.

BIBLIOGRAFIA

- CONAF. 1997. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. CONAF-CONAMA-UACH, 89 p.
- CORTES, M. 1990. Estructura y dinámica de los bosques de alerce (*Fitzroya cupressoides*) en la Cordillera de la Costa de Valdivia Tesis, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 196 p.
- DONOSO, C., M. CORTES, L. SOTO. 1980. "Antecedentes sobre semillas y germinación de alerce, ciprés de las Guaitecas, ciprés de la Cordillera y tino", *Bosque* 3(2): 46-100.
- DONOSO, C. 1981. *Ecología Forestal. El bosque y su medio ambiente*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile, 369 p.
- DONOSO, C. 1983. Modificaciones del paisaje forestal chileno a lo largo de la historia. En: Simposium Desarrollo y Perspectivas de las Disciplinas Forestales de la Univ. Austral de Chile 365-438. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- DONOSO, C., R. GREZ, V. SANDOVAL, R. JUACIDA, R. GAYOSO, P. NUÑEZ. 1987. Zonificación, caracterización y subtipificación del tipo forestal alerce. Informe de Convenio N° 115. Serie Técnica Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- DONOSO, C., V. SANDOVAL, R. GREZ. 1990a. "Silvicultura de los bosques de *Fitzroya cupressoides*. ¿Ficción o realidad?", *Bosque* 11(1): 57-67.
- DONOSO, C., R. GREZ, V. SANDOVAL. 1990b. "Caracterización del tipo forestal alerce", *Bosque* 11(1): 21-34.
- DONOSO, C. 1993. "Producción de semillas de hojarasca de las especies del tipo forestal alerce (*Fitzroya cupressoides*) en la Cordillera de la Costa de Valdivia, Chile" *Revista Chilena de Historia Natural*, 66: 53-64.
- DONOSO, C., M. CORTES, B. ESCOBAR. 1993a. "Efecto del árbol semillero y la época de cosecha de semillas en la capacidad germinativa en vivero de *Fitzroya cupressoides*", *Bosque* 14 (1): 63-71.
- DONOSO, C., B. ESCOBAR, M. GONZALEZ. 1993b. Técnicas de vivero y plantación para alerce (*Fitzroya cupressoides*). Documento Técnico N° 77, Chile Forestal.
- DONOSO, C., V. SANDOVAL, R. GREZ, J. RODRIGUEZ. 1993c. "Dynamics of *Fitzroya cupressoides* forests in southern Chile", *Journal of Vegetation Science* 4: 303-312.

- FONCK, F. 1896. *Viajes de Fray Francisco de Menéndez a la cordillera*. Niemeyer, Valparaíso, Chile, 528 p.
- FRAVER, S., M. GONZALEZ, F. SILLA, A. LARA, M. GARDNER. 1999. "Composition and Structure of Remnant *Fitzroya cupressoides* forests of Southern Chile's Central Depression", *Journal of the Torrey Botanical Society* 126 (1): 49-57.
- GARRIDO, F., J. CALDENTEY. 1982. Regeneración del tipo alerce en Venecia (prov. Valdivia). Subcontrato DP/CHI/76/003-11/FO Informe N° 2. Esc. Cs. Forestales, Universidad de Chile, Santiago, 90 p.
- GUTIERREZ, R. 1984. Estudio comparativo de la redistribución de las precipitaciones entre rodales de los tipos forestales Siempreverde y Alerce. Tesis, Fac. de Cs. Forestales, Univ. Austral de Chile, Valdivia, 89 p.
- KUHNE, A. 1983. Caracterización de suelos donde se desarrolla el Tipo Forestal Alerce, *Fitzroya cupressoides* en Chile. Serv. Agric. y Ganad., Div. de Protección de los Recursos Naturales Renovables, Santiago, Chile, 36 p.
- KUHNE, A. 1984. Geomorfología del área de Contao. Corporación Nacional Forestal-Serv. Agric. y Ganad., Santiago, Chile, 15 p.
- KUHNE, A. 1985. Estudio pedológico y morfológico de Contao a Río Negro en la X Región de Los Lagos. Boletín Técnico 20, CONAF, Santiago, Chile, 41 p.
- LARA, A. 1991. The dynamics and disturbance regimes of *Fitzroya cupressoides* forests in the South central Andes of Chile Ph.D. Thesis, Univ. of Colorado, Boulder, 183 p.
- LARA, A., A. NEWTON, J. ARMESTO, C. ECHEVERRIA, R. VERGARA, J. C. ARAVENA, A. REMOLI, A. LESLIE. 1998. Uso sustentable, conservación, y restauración del bosque nativo del centro-sur de Chile proyecto Sucre Trabajo presentado al Primer Congreso Latinoamericano IUFRO Valdivia, Chile, 1998, 8 p.
- LARA, A., S. FRAVER, J. C. ARAVENA, A. WOŁODARSKY-FRANKE. 1999. "Fire and the dynamics of *Fitzroya cupressoides* (alerce) forests of Chile's Cordillera Pelada", *Ecoscience* 6 (1): 100-109.
- PERALTA, M. 1975. Suelos. Ecología y Silvicultura del bosque nativo chileno. Bol. Técnico N° 31, Fac. de Cs. Forestales, Univ. de Chile, Santiago.
- PERALTA, M., S. GONZALEZ, N. KLENNER, E. BESOAIN. 1979. Suelos forestales representativos de la Cordillera de los Andes, en el sector de Contao, Provincia de Chiloé, X Región. Fac. de Cs. Forestales. U. de Chile Boletín Técnico N° 55.
- PERALTA, M., M. IBARRA, E. OYANEDEL. 1982. "Suelos del tipo forestal alerce", *Ciencias Forestales* 2 (2): 39-60.
- RAMIREZ, C., M. RIVEROS. 1975. "Los alerzales de la Cordillera Pelada: Flora y Fitosociología", *Medio Ambiente* 1 (1): 3-13.
- RAMIREZ DE ARELLANO, P. 1997. Regeneración en claros de los bosques de alerce (*Fitzroya cupressoides*) en un gradiente altitudinal en el Parque Nacional Alerce Andino, Provincia de Llanquihue Tesis, Fac. de Cs. Forestales, Univ. Austral de Chile, Valdivia, 128 p.
- RODRIGUEZ, J. R. 1989. Estrategias regenerativas de alerce (*Fitzroya cupressoides* (Mol.) Johnston) en el sector Contao, Cordillera de los Andes Provincia de Palena. Tesis, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 89 p.
- SCHLEGEL, B. 1997. Regeneración en claros en bosques de alerce (*Fitzroya cupressoides*) en un gradiente altitudinal en el sector de Contao, Cordillera de los Andes, Provincia de Palena Tesis, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 96 p.
- SCHMIDT, H., P. BURGOS. 1977. Estructura y desarrollo natural del bosque de Alerce En: Informe Forestal de las áreas de Futaleufú y Contao en la X Región, 57-64 Fac. de Cs. Forestales, Univ. de Chile.
- SILLA, F. 1997. Dinámica Regenerativa del Alerce (*Fitzroya cupressoides*) en la Depresión Intermedia. Tesis de Magister. Facultad de Ciencias. Univ. Austral de Chile, Valdivia, 106 p.
- SOKAL, R., F. J. ROLF. 1969. Biometry. W.H. Freeman and Company (2^a ed), San Francisco, 776 p.
- STERN, K., ROCHE, L. 1974. *Genetics of forests ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- TUPPER, G. 1983. Análisis estructural y dinámica regenerativa del tipo forestal siempre verde en la Cordillera de la Costa de la Provincia de Valdivia. Tesis, Fac. de Cs. Forestales, Univ. Austral de Chile, Valdivia, 151 p.
- VEBLEN, T. T., R. DELMASTRO, J. SCHLATTER. 1976. "The conservation of *Fitzroya cupressoides* and its environment in Southern Chile", *Environ. Conserv.* 3: 291-301.
- VEBLEN, T. T., D. H. ASHTON. 1982. "The regeneration status of *Fitzroya cupressoides* in the Cordillera Pelada, Chile", *Biological Conservation* 3: 291-301.