

# **Efecto del origen de plantas y silvicultura de establecimiento en la inclinación de plantaciones jóvenes de *Pinus radiata* D. Don por efecto del viento**

Gallegos, J.<sup>(1)</sup>, Muñoz, F.<sup>(2)</sup> y Cancino, J.<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Forestal Mininco S.A., Avda. Alemania 751, Los Angeles, Chile.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. Casilla 160-C, Concepción, Chile.

fmunoz@udec.cl

## **INTRODUCCION**

El fenómeno de pérdida de estabilidad por viento en árboles jóvenes de *Pinus radiata* D. Don (*P. radiata*), es una perturbación abiótica que se manifiesta en forma de inclinaciones anormales, derribamiento, formación de cuencas en la base del árbol y descalces. Cuando este daño ocurre, las pérdidas pueden ser cuantiosas (Gardiner y Quine 1994 y Watson 2000) con efectos de corto y mediano plazo, principalmente debido a la pérdida de crecimiento y calidad de la madera, que afecta significativamente el valor económico del árbol.

En Chile, el daño provocado por efecto del viento comienza a reconocerse principalmente en los bosques establecidos con *P. radiata*, a partir de la segunda mitad de la década de los 90. Según Forestal Mininco (2000), durante el invierno del año 2000 se registraron daños de viento que causaron inclinación de diversa magnitud en plantaciones jóvenes de *P. radiata* y que abarcaron una superficie aproximada de 40.000 hectáreas en la zona centro sur del país. En el invierno del año 2005, en la misma zona, se registraron episodios de fuertes vientos, con abundantes lluvias, que causaron daños de inclinación y derribamiento en extensas áreas. En el caso de la empresa Forestal Mininco S.A., la superficie dañada alcanzó a 16.400 ha, principalmente en plantaciones menores a 4 años.

Sin duda hoy en día estos eventos son considerados siniestros de magnitud, debido a lo extenso que puede ser el daño, al alto porcentaje de inclinación que puede alcanzar (hasta el 90 % de los individuos) (Figura 1), a los altos costos de mitigación necesarios para corregir o reemplazar las plantaciones y a la pérdida económica por defectos en los trozos. Algunos autores señalan una disminución de más de 30 % del valor del bosque por el efecto en la calidad debido a curvaturas y sinuosidades de los árboles (FRI 1987). La aleatoriedad de ocurrencia de los eventos, hacen de este daño un fenómeno difícil de prevenir, predecir y controlar.



Figura 1. Daño de viento en árboles de Pino radiata de dos años de edad

Cendoya y Muñoz (2002) indican que la inclinación provocada por el viento, desde el punto de vista mecánico, se concibe como la resultante de la interacción simultánea y dinámica entre los subsistemas suelo - raíz y árbol - viento. Coutts (1983) señala que en la estabilidad de los árboles intervienen 4 componentes: La resistencia al volcamiento del árbol inducida por la resistencia a la tracción y cizalle del suelo ubicado debajo y a los lados del plato radicular (subsistema suelo - raíz), el peso del plato suelo-raíz, la resistencia de las raíces en sotavento al doblamiento y la resistencia a la tracción de las raíces en barlovento.

La empresa Forestal Mininco S.A. estableció un ensayo el año 2003 en la Comuna de Cunco (IX región), que buscaba establecer, en combinación con algunas actividades

sivícolas de establecimiento, cual ó cuales de los orígenes de plantas tiene mejor resistencia al daño por viento. Esto permitiría orientar las actividades del establecimiento para disminuir los efectos del daño y su impacto económico.

De acuerdo a lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo identificar el efecto del origen de la planta, control de malezas y fertilización en el daño por viento en plantaciones jóvenes de *P. radiata*

## **METODOLOGIA**

### **Descripción del área de estudio**

El estudio se realizó en dos predios ubicados en la Comuna de Cunco (IX Región) de propiedad de Forestal Mininco S.A. Los suelos del área del ensayo son de transición entre rojo arcilloso y cenizas volcánicas recientes (trumaos) y corresponden a la serie de suelo CX Cunco. Son suelos localizados a una altitud de 550 msnm, la precipitación anual es de 1200 mm y son frecuentes fuertes vientos invernales. La topografía es de lomaje ondulada con pendientes que fluctúan entre 5 y 10% y de principalmente exposición Nor-Este.

### **Antecedentes del ensayo**

El ensayo fue establecido el año 2003. Se eligieron 4 orígenes de plantas (3 de estacas y uno de semillas): (1) estaca de huerto (Field cutting) con mas de 3 años de edad fisiológica, (2) estaca de seto juvenil (Cutting juvenil) de 1 a 2 años de edad fisiológica, (3) estaca de seto envejecido (Cutting envejecido) de 2 a 3 años de edad fisiológica y finalmente (4) origen de semilla. El control de maleza consideró tres diferentes esquemas que combinan herbicidas y geometría de aplicación. La fertilización consideró dos esquemas: con y sin fertilización.

### **Mediciones del daño por viento**

La medición de daño fue registrada luego de intensos eventos de viento y se realizó midiendo el ángulo formado por el eje de inclinación del fuste del árbol y la horizontal a

nivel de suelo. Este ángulo menos  $90^\circ$  de la vertical da como resultado el ángulo de daño de viento. Para su análisis estadístico, se normalizó la inclinación mediante la transformación arcoseno (Zar, 1996) (variable “y”).

### **Diseño experimental**

Se trata de un diseño en bloques completos al azar. Los tratamientos surgen de la combinatoria de tres (3) distintos controles de malezas y dos (2) tipos de fertilización, aplicados a cuatro (4) distintas procedencias de plantas. Son 24 tratamientos ( $3 \times 2 \times 4$ ) (cada unidad de 77 plantas) en tres bloques (Tabla 1).

### **Análisis estadístico**

El análisis se llevó a cabo mediante el Software SAS (PROC GLM, option). La variable analizada fue la inclinación expresada en porcentaje, previamente normalizada. Se realizaron pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianza. Luego se analizó el efecto de todos los factores y la interacción entre ellos (análisis de ANOVA) y pruebas de diferencias de medias (LSD, Duncan y Tukey,  $P < 0,05$ ).

Tabla N° 1: Descripción de los tratamientos ensayados

Trata- miento	Origen planta	Silvicultura				
		Control Malezas			Fertilización	
		B0B	BB0	T00	Con fertilización	Sin fertilización
T1	PRD FCU			1	1	
T2	PRD FCU		1		1	
T3	PRD FCU	1			1	
T4	PRD FCU			1		1
T5	PRD FCU		1			1
T6	PRD FCU	1				1
T7	PRD CUT 1			1	1	
T8	PRD CUT 1		1		1	
T9	PRD CUT 1	1			1	
T10	PRD CUT 1			1		1
T11	PRD CUT 1		1			1
T12	PRD CUT 1	1				1
T13	PRD CUT 2			1	1	
T14	PRD CUT 2		1		1	
T15	PRD CUT 2	1			1	
T16	PRD CUT 2			1		1
T17	PRD CUT 2		1			1
T18	PRD CUT 2	1				1
T19	PRD SEM			1	1	
T20	PRD SEM		1		1	
T21	PRD SEM	1			1	
T22	PRD SEM			1		1
T23	PRD SEM		1			1
T24	PRD SEM	1				1

PRD FCU: Pino raíz desnuda, origen planta estaca de huerto (field cutting) (mas de 3 años de edad fisiológica)

PRD CUT 1: Pino raíz desnuda origen planta estaca de huerto juvenil (cutting de 1 o 2 años de edad fisiológica)

PRD CUT 2: Pino raíz desnuda origen planta estaca de huerto antiguo (cutting envejecido 2 a 3 años de edad Fisiológica)

PRD SEM: Pino raíz desnuda origen planta semilla

B0B: (B) Control malezas en banda año 1, (0) sin control malezas en el segundo año y (B) Control malezas en banda año 3

BB0: (B) Control malezas en banda año 1, (B) Control malezas en banda año 2, (0) sin control malezas en año 3

T00: (T) Control malezas en taza año 1 (0) Sin control malezas año 2 y (0) sin control malezas en año 3

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Interacción de los factores en estudio para las variables respuesta

Se analizó el efecto principal y la interacción entre los factores origen planta, control de malezas y fertilización. El resultado se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis de interacciones para la variable respuesta normalizada rectitud de la planta (y).

Factor	Nivel	y
O. Planta	FCUT	1.07268
	CUT 1	0.88701
	CUT 2	0.9878
	SEM	0.91659
C. Malezas	B-0-B	1.00857
	B-B-0	0.88617
	T-0-0	1.00332
Fertilización	Con	0.95702
	Sin	0.97502
<b>P (F)</b>		
	O. Planta	0.0005**
	C. Maleza	0.0031**
	Fertilización	0.5681ns
	O. Planta*C. Maleza	0.9948ns
	O. Planta*Fertilización	0.9731ns
	C. Maleza*Fertilización	0.2274ns
	O. Planta* C. Maleza*Fertilización	0.8712ns

\*\* denota significancia ( $p < 0.05$ ). ns: denota no significancia ( $p \geq 0.05$ ).

De los factores estudiados, es significativo en el nivel de daño el efecto del factor origen de plantas ( $P=0,0005$ ) y del factor control de malezas ( $P=0,0031$ ). No hay efecto significativo del factor fertilización ( $P < 0,05$ ) (Tabla 2).

El control de malezas en mayor proporción afecta al sistema radicular, ya que directamente se relaciona con la disponibilidad de agua, nutrientes y competencia,

modificando el sistema radicular de las plantas. Por otra parte, la fertilización no presenta efectos significativos en daño por viento a las plantas, a pesar que la fertilización influye sobre el desarrollo aéreo de la planta.

El análisis de las interacciones entre los factores estudiados muestra que no hay diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), es decir, no influyen en el daño por efecto del viento en plantaciones jóvenes de pino radiata.

### Evaluación de los tratamientos

En la Tabla 3 se presentan los resultados del análisis de medias para cada tratamiento estudiado, utilizando las pruebas LSD, Duncan y Tukey.

Tabla 3. Comparación de medias de los tratamientos estudiados para la variable “y” normalizada

Tratamientos				Variable respuesta			Pruebas de medias		
Planta	Maleza	Fert	Código	y	° Incli	% Rect	LSD	Duncan	Tukey
FCUT	T-0-0	Sin	1	1,15151	75	83,0	A	A	A
FCUT	B-B-0	Sin	2	0,89975	55	61,2	EDFG	CDEF	AB
FCUT	T-0-B	Sin	3	1,14937	74	82,1	AB	A	A
FCUT	B-0-0	Con	4	1,05823	66	73,8	ABCD	ABC	AB
FCUT	B-B-0	Con	5	1,06173	69	76,2	ABCD	ABC	AB
FCUT	B-0-B	Con	6	1,11547	72	80,3	ABC	AB	A
CUT 1	T-0-0	Sin	7	0,95651	60	66,5	CDEF	CDEF	AB
CUT 1	B-B-0	Sin	8	0,76003	43	47,5	G	F	B
CUT 1	B-0-B	Sin	9	0,91427	56	62,7	DEFG	BCDEF	AB
CUT 1	T-0-0	Con	10	0,91715	57	63,0	DEFG	BCDEF	AB
CUT 1	B-B-0	Con	11	0,87949	53	59,2	EFG	CDEF	AB
CUT 1	B-0-B	Con	12	0,89459	55	60,8	DEFG	CDEF	AB
CUT 2	T-0-0	Sin	13	1,04688	67	74,9	ABCDE	ABCD	AB
CUT 2	B-B-0	Sin	14	0,87673	53	58,9	EFG	CDEF	AB
CUT 2	B-0-B	Sin	15	1,04015	66	73,5	ABCDE	ABCD	AB
CUT 2	T-0-0	Con	16	0,97231	61	68,1	BCDEF	ABCDEF	AB
CUT 2	B-B-0	Con	17	0,95814	59	65,9	CDEF	ABCDEF	AB
CUT 2	B-0-B	Con	18	1,03259	65	72,5	ABCDE	ABCDE	AB
SEM	T-0-0	Sin	19	0,92763	58	63,9	DEFG	BCDEF	AB
SEM	B-B-0	Sin	20	0,82128	48	53,5	FG	EF	AB
SEM	B-0-B	Sin	21	0,94016	59	65,1	CDEF	ABCDEF	AB
SEM	T-0-0	Con	22	0,99638	62	69,0	ABCDEF	ABCDE	AB
SEM	B-B-0	Con	23	0,83218	49	54,6	FG	DEF	AB
SEM	B-0-B	Con	24	0,98194	61	67,7	ABCDEF	ABCDE	AB

Todas las pruebas probados indican diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) entre el tratamiento T1 y tratamiento T8 (Tabla 3). El tratamiento T1 corresponde a planta raíz desnuda de origen estaca de huerto (mas de 3 años de edad fisiológica) con fertilización y control de malezas en taza el año 1 y 2. El tratamiento T8 corresponde a planta raíz desnuda de origen estaca de huerto juvenil (1 ó 2 años de edad fisiológica) con fertilización y control de malezas en banda al año 1 y 2.

Al graficar todos los tratamientos por rectitud (Figura 2), en orden ascendente, se observa que los tratamientos de mejor rectitud (T1, T3, T6, T5 y T4) corresponden a tratamientos con plantas de origen de estacas de huerto.

Esto señala que el material fisiológico de más edad presenta menos problemas de daño por causa del viento. Estos resultados coinciden con la recomendación de varios autores que indican establecer plantaciones con orígenes de plantas de edad fisiológica mayor a 2 años (estacas de huerto y estacas de setos antiguos mayor a 2 años de vejez), debido a sus mejores características como diámetro de cuello, tallo mejor lignificado, esbeltez, distribución de copa, arquitectura de copa y raíces (FRI 1999).

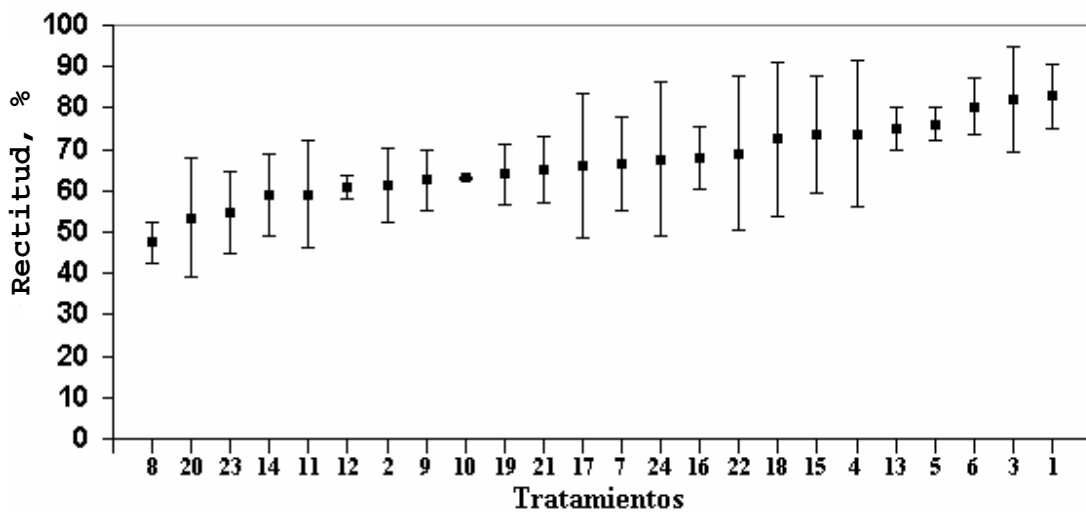


Figura 2. Rectitud promedio y variación por tratamiento ordenados ascendentemente por porcentaje de rectitud



## CONCLUSIONES

El estudio del efecto del origen de la planta, control de malezas y fertilización en el daño por viento en plantaciones jóvenes de *Pinus radiata* D. Don determinó que los factores origen de planta y control de malezas influyen significativamente sobre la rectitud de las plantas luego de eventos de viento. Existe suficiente evidencia para sostener que la edad del material fisiológico utilizado en la producción de plantas, es un factor determinante en el daño por efecto del viento.

## BIBLIOGRAFIA

Cendoya, P. y F. Muñoz. 2002. Modelamiento del efecto del viento sobre árboles jóvenes de *Pinus radiata* D. Don. Bosque 23: 51-56.

Coutts, M. P. 1983. Root architecture and trees stability. Plant and soil, 71: 171-188.

Forestal Mininco. 2000. Inclinação y derribamiento de árboles por el viento. Informe técnico de circulación restringida. Forestal Mininco S.A. Concepción, Chile. 34 p.

FRI, 1987. What's New in Forest Research, N° 147. Forest Research Institute. Rotorua, New Zealand.

FRI, 1999. What's New in Forest Research, N° 248. Forest Research Institute Rotorua. Nueva Zelanda.

Gardiner, B. A. y Quine, C.P. 1994. Wind Damage to forests. Biomimetics, Vol. 2: 139-147.

Watson, A. 2000. Wind-induced forces in the near-surface lateral roots of radiata pine. Forest Ecology and Management 135: 133-142.

Zar, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, USA. 662p



UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
4° CONGRESO CHILENO DE CIENCIAS FORESTALES

**Aceptación para publicación en plataforma virtual**

Señores  
Comisión Organizadora  
4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales  
Universidad de Talca, Chile.

Estimados Señores

Quien suscribe, autores de la ponencia: "Efecto de origen de plantas y silvicultura de establecimiento en la inclinación de plantaciones jóvenes de *Pinus radiata* D. Don por efecto del viento." autorizan a los organizadores del 4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales, a la publicación del texto completo en la plataforma virtual *Dspace* de la Biblioteca de la Universidad de Talca, permitiendo con ello a su acceso a través de la Internet.

El texto, que se envió en formato Word, será transformado a formato pdf para su publicación. Su difusión estará disponible hasta el mes de Octubre del 2010.

Atentamente,

  
-----  
Julio Gallegos

  
-----  
Jorge Cancino

  
-----  
Fernando Muñoz