

Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Forestales
Departamento de Manejo de Bosques y Medio Ambiente

DAÑO CAUSADO POR HARVESTER-FORWARDER SOBRE LOS
ARBOLES REMANENTES EN RALEO COMERCIAL DE
Pinus radiata D. Don.

Por

ANDREA ARACELY JIMENEZ RIQUELME

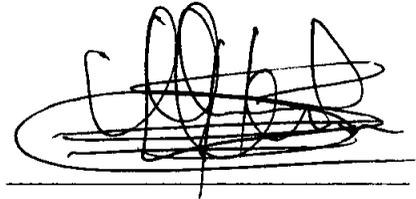


MEMORIA DE TITULO PRESENTADA
A LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD
DE CONCEPCION PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION-CHILE
1997

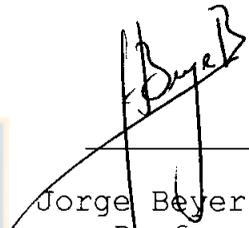
**DAÑO CAUSADO POR HARVESTER-FORWARDER SOBRE LOS ARBOLES
REMANENTES EN RALEO COMERCIAL DE *Pinus radiata* D. Don**

PROFESOR ASESOR



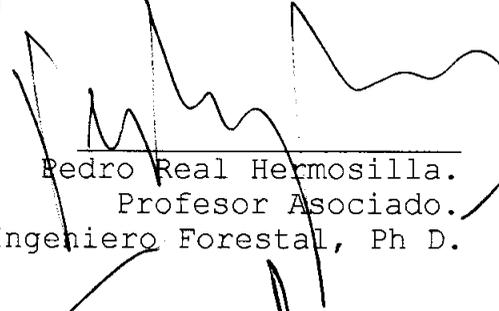
Manuel Lineros Parra.
Profesor Asistente.
Ingeniero Forestal, Mg Sc.

PROFESOR ASESOR



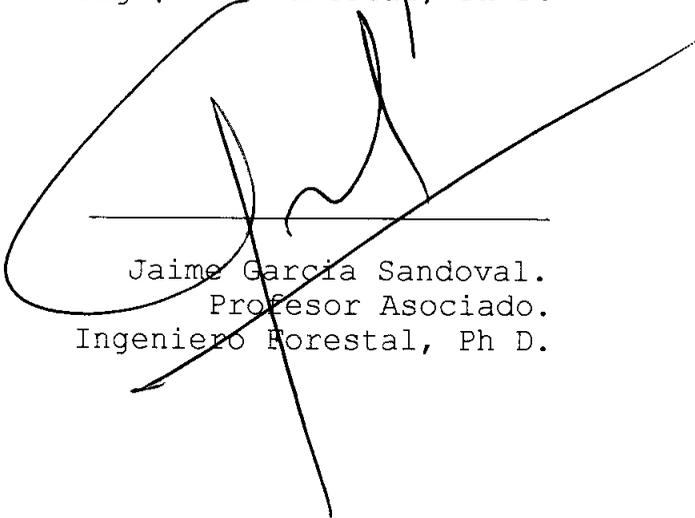
Jorge Beyer Barrientos.
Profesor Asistente.
Ingeniero Civil Industrial.

DIRECTOR DE DEPARTAMENTO
MANEJO DE BOSQUES Y MEDIO
AMBIENTE



Pedro Real Hermosilla.
Profesor Asociado.
Ingeniero Forestal, Ph D.

DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS FORESTALES



Jaime Garcia Sandoval.
Profesor Asociado.
Ingeniero Forestal, Ph D.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I. INTRODUCCION.....	1
II. MATERIALES Y METODO.....	6
2.1. Metodología.....	6
2.1.1. Area de estudio.....	6
2.1.2. Método de muestreo.....	8
2.1.3. Medición de variables.....	9
2.2. Análisis estadístico.....	11
III. RESULTADOS Y DISCUSION.....	13
IV. CONCLUSIONES.....	32
V. RESUMEN.....	34
SUMMARY.....	35
VI. BIBLIOGRAFIA.....	36
VII. ANEXO.....	40

INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Tipo de daño en el árbol por clase de copa...14	
2	Valores diferencia entre medias, t-Student para las incidencias de daño según clases de copa.....15	
3	Valores diferencia entre medias, t-Student para los tipos de daño.....16	
4	Valores diferencia entre medias, t-Student para las intensidades de daño después de las operaciones de madereo.....20	
5	Valores prueba análisis de varianza para las intensidades de daño en la copa.....22	
6	Area media de las heridas presente en el tocón según intensidad.....23	
7	Area media de las heridas presente en los fustes según intensidad.....23	
8	Ubicación de las heridas a lo largo del fuste según intensidad de daños.....25	
9	Intensidad y ubicación del daño en la copa.....26	

INDICE DE FIGURAS**FIGURA N°****PAGINA****En el texto**

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | Intensidad de daño por clase de copa
después de las operaciones de madereo..... | 18 |
| 2 | Remoción de ramas por clase de copa
después de las operaciones de volteo..... | 21 |
| 3 | Distribución de árboles sanos y dañados
según clase diamétrica..... | 27 |

I. INTRODUCCION.

El raleo es una operación que se realiza en un rodal de edad uniforme o en agrupaciones forestales del mismo tipo, con el objetivo de estimular el crecimiento de los árboles que restan y aumentar la producción total de la masa que se distribuye en un número de árboles escogidos sobre la base de sus potencialidades para incrementar su valor (Smith, 1972).



Una correcta aplicación trae muchos beneficios, tales como:

- (1) obtener retornos financieros intermedios e incrementar la tasa de retornos con respecto a la inversión inicial ,
- (2) obtener productos de mayor tamaño, calidad y valor,
- (3) mayor calidad de la madera, (4) aumentar la resistencia de árboles residuales al viento, y (5) otros. Sin embargo, es prácticamente inevitable que parte de la masa residual sea sacrificada durante el desarrollo de esta actividad, la mayor parte de los daños directos causados al rodal lo constituyen las heridas que sufren los árboles en pie

durante el volteo y transporte de la madera , que según su dimensión y severidad puede producir problemas en el crecimiento y calidad de la madera, siguiendo con la posible llegada de enfermedades, hongos e insectos que al largo plazo se traducen en pérdidas económicas importantes.

Las heridas que dañan la parte interna de la corteza en los árboles originan reacciones por parte de la zona dañada , como formación de un área seca , bloqueo de vasos y barreras en la savia. Sin embargo, generalmente se necesita la remoción de la corteza para que aumente el riesgo de infección por hongos, que además depende del tamaño de la herida, la estación, región y especie arbórea. El Alerce, el Roble y los Pinos rara vez se infectan con hongos que producen necrosis, pero la herida reducirá la calidad de la madera, se bloquean las vías de transporte en la zona, por lo tanto, el crecimiento se ve afectado. Algunos afirman que la reducción del crecimiento en pinos es proporcional a la porción lesionada del fuste. Una porción lesionada de $1/8 - 1/4$ del perímetro del tronco reduce el crecimiento en un 13 % al menos en 10 años. Los efectos económicos del

daño al tronco por esta reducción del crecimiento parecen representar un 10 a 15 % de pérdida del valor del árbol (Isomäki *et al.*, 1984; Meng *et al.*, 1978; Biggs *et al.*, 1984; Coutts *et al.*, 1985; Anderson, 1987; citados por Wästerlund, 1992).

Daños ocurridos después del raleo que incluyen sólo a la raíz y suelo, podría reducir el volumen total de producción sobre un 14 % y el ancho de las huellas de madereo daría una pérdida adicional de 6 %, con posibilidades de recuperación después de 10 años . Con estos resultados 100-200 US\$/ha sería un aumento justificable en costos por un sistema de cosecha que promueva algún mejoramiento considerable (Wästerlund,1992).

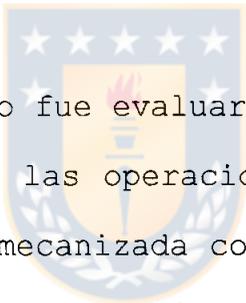
Ryan (1988), evaluó la calidad de la madera en un rodal de *P.radiata* después de un raleo. La maquinaria afectó al 37% de los árboles de la cosecha , lo que significó disminución de volumen de 12.6 m³/ha y pérdidas económicas de 505-1110

US\$/ha. El indica que una reducción del daño al 10% de los árboles, las pérdidas serían sólo de 160-350 US\$/ha.

El grado de pérdidas por daño a los árboles depende de varios factores, tales como: (1) dificultad de corta, (2) cantidad y utilización de los árboles de la masa residual, (3) estructura del rodal, (4) intensidad de la práctica, (5) tamaño y maniobrabilidad del equipo, (6) época, (7) condiciones topográficas, (8) nivel de planificación y (9) otros (White y Kile, citados por Nova, 1996; Smith, 1972). Sin embargo, con una adecuada selección del equipo, una planificación inteligente y una supervisión eficaz, los daños se pueden reducir al mínimo (Smith, 1972).

Aho *et al.* (1983), así lo demuestra, al realizar un estudio en un rodal establecido naturalmente de *P. oregón*, *P. Ponderosa* y *A. concolor*, raleado con dos métodos, uno convencional y el otro diseñado para reducir el daño a los árboles residuales. El rodal de *P. Oregón* y *A. concolor* cortados convencionalmente presentó entre 22-50% de los

árboles residuales dañados. En rodales de *P.ponderosa* y *A.concolor* raleados con mayor cuidado , el daño de la corta fue substancialmente menor de 5 y 14% respectivamente. Además, algunos árboles heridos fueron cortados y examinados , se verificó que la mayoría de las heridas fueron infectadas por hongos de la pudrición , lo que se evaluó en pérdidas del 6.8 y 14 % de madera comercializable.



El objetivo del estudio fue evaluar el daño producido a los árboles remanentes por las operaciones de volteo y madereo en una faena de raleo mecanizada con un sistema Harvester - Forwarder en un rodal de *P. radiata* de 17 años.

II. MATERIALES Y METODOS.

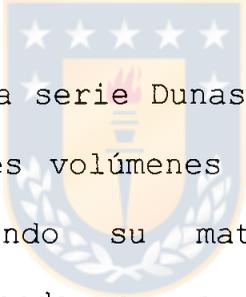
La investigación se basó en datos obtenidos del fundo San Ignacio, ubicado en el sector Laja, comuna de Yumbel (37°10' Latitud Sur y 72°32' Longitud Oeste), a 21 km al noroeste de Laja, VIII Región , propiedad de Forestal Mininco S.A.

2.1. Metodología.

2.1.1. Area de estudio. En el presente estudio se evaluó un rodal de *Pinus radiata*, establecido en 1980 con una superficie de 229.7 ha, densidad inicial de 1666 arb/ha. En el año 1987 se realizó una primera poda fijando un Diámetro Sobre el Muñón (DOS) de 10.6 cm., el Diámetro a la altura del pecho (dap) medio fue de 7.8 cm, con una densidad residual de 535 arb/ha. En 1989 se realizó una segunda poda, la altura del DOS fue a 2.3 m, y la densidad residual fue de 382 arb/ha con un dap promedio de 9.6 cm. En 1996 se realizó un primer raleo comercial donde se empleó un sistema mecanizado de cosecha Harvester Nokka 6 WD -

Forwarder Timberjack 1010, determinándose una densidad final de 300 arb/ha, área basal de 8.9 m²/ha, y con dap y altura promedio de 13.1 cm. y 12 m. respectivamente.

El raleo se basó en la forma de los árboles en cuanto a rectitud y altura, poda y espaciamiento de manera que ocuparan el sitio eficientemente.



El suelo pertenece a la serie Dunas originado por aluviones que depositaron grandes volúmenes de arenas andesíticas y basálticas constituyendo su material de origen. La geomorfología corresponde a un terreno de dunas con topografía ondulada. La pendiente va de ligera en algunos sectores (0 - 8 %) a compleja en otros (15 - 20 %). El drenaje es excesivo en la superficie donde predominan las condiciones de aridez, en el subsuelo la humedad es mayor. La erosión es eólica intensa, estabilizada. La pluviometría media anual es de 1200 mm. Las principales características del suelo son : color negro en húmedo a gris en seco, textura arenosa fina, estructura de grano simple, no

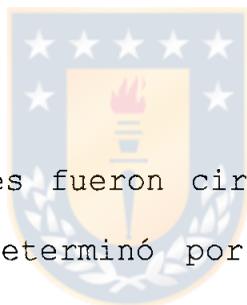
plástico, no adhesivo, con escasa actividad biológica. Las limitantes para el cultivo de *P.radiata* son físicas por la aridez y químicas por los bajos contenidos de materia orgánica, potasio y calcio en el perfil (Carrasco y Millán, 1990).

Dentro del rodal existen sectores de diferentes propietarios, en los cuales los árboles fueron cortados completamente. Estos sectores se denominan parcelas ajenas.

El estudio consideró una superficie de 15 ha, boscosa de 17 años en la que se identificó el daño a la masa remanente causada por el equipo durante el raleo.

2.1.2. Método de muestreo. Se realizó un muestreo sistemático, con una intensidad del 25 % . La metodología empleada se basó en estudios preliminares (Moya,1995 ; Nova,1996).

Se midieron 6 líneas de muestreo , la primera se determinó en forma aleatoria y las siguientes se ubicaron a un espaciamiento fijo a partir de la primera . En cada línea se ubicaron 5 unidades muestrales , a 77 metros entre líneas y 97 metros entre unidades. Cuando los puntos se ubicaban en las parcelas ajenas, las unidades muestrales fueron trasladadas con igual espaciamiento (97 m) medidos desde su centro, siguiendo la línea de muestreo hasta que el punto se encontrara dentro del rodal.



Las unidades muestrales fueron circulares con un radio de 20 metros; esto se determinó por el área de influencia donde puede ocurrir daño por el volteo y madereo dada por el largo del brazo del harvester de 8 metros más 12 metros que corresponde a la altura promedio de los árboles.

2.1.3. Medición de variables. Determinadas las líneas de muestreo, se identificaron y enumeraron los centros de las parcelas. En cada una se evaluó cada árbol presente , considerándose dap, altura total, clase de copa, número de

árboles por parcela, además de la exposición y pendiente de cada parcela.

Cada árbol se dividió en tres secciones para determinar la posición que ocupó la herida a lo largo del árbol, identificándose los tipos de daño según el tocón (herida encontrada hasta los primeros 30 cm. desde el nivel del suelo), fuste (herida ubicada entre los 30 cm. y primera rama verde) y copa (remoción de ramas a partir de la primera rama verde).



En cada herida se evaluó su origen, dimensión, intensidad y ubicación.

Para el tocón y fuste la intensidad fue:(1) rasgado de corteza sin exposición de cambium, (2) rasgado de corteza con exposición de cambium y (3) desprendimiento de madera.

Para la copa la intensidad fue: (1) remoción de ramas en su parte extrema y (2) remoción de ramas a partir del fuste.

En la ubicación se determina si el daño se encontró en el tercio inferior, medio o superior.

Estas intensidades fueron determinadas según estudios preliminares (Nova, 1996).

2.2. Análisis estadístico.

Primero se calculó el error de muestreo para determinar el número de parcelas a medir que involucrara un error inferior a un 5 % (Anexo 1).



Para el cálculo del número de parcelas con un error del 5 % se usó la fórmula del Muestreo Sistemático con muestras sistemáticas repetidas.

$$n_s = \frac{N * Sx^2 * t^2}{N * e^2 + t^2 * Sx^2}$$

n_s = número de submuestras sistemáticas

N = tamaño de la población

Sx^2 = varianza de la muestra

t = estadígrafo t - Student

e = error de muestreo.

Luego, con las parcelas fijas se calculó el nuevo error (Cancino,1995).

Se realizaron pruebas de Homogeneidad de Varianza entre poblaciones (test de Bartlett) y Análisis de Varianza (Prueba F). Cuando no se cumplió la homogeneidad de varianzas se compararon las variables a través de las medias, con la prueba t-Student (Ostle, 1968).



III. RESULTADOS Y DISCUSION.

El cálculo del error de muestreo para el total de árboles/ha con un nivel de significancia de 0.05 fue de 4.36 % .Con este error se analizaron los datos.

Se evaluó un total de 935 árboles distribuidos en las 30 unidades muestrales . De éstos un 12.3 % presentó algún tipo de daño, siendo muy similar el valor entre las operaciones de madereo con un 6.2 % de daño con las operaciones de volteo con 6.1 % (Tabla 1).

TABLA 1. TIPO DE DAÑO EN EL ÁRBOL POR CLASE DE COPA (EN PORCENTAJE).

Tipo de daño	Clase de copa				Todos los árboles
	Dom	Codom	Interm	Suprim	
Ninguno	24,3	57,5	5,7	0,1	87,6
Tocón	0,2	0,3	0	0	0,5
Fuste	1,1	2,2	0,1	0	3,4
Copa	1,8	4	0,2	0,1	6,1
Tocón/Fuste	0,3	0,7	0	0,1	1,1
Fuste/Copa	0	0,5	0,2	0	0,7
Tocón/Fuste/Copa	0,1	0,4	0	0	0,5
Total de árboles dañados	3,5	8,1	0,5	0,2	12,3

La clase de copa más afectada fué la codominante seguida por la dominante. Esto difiere con estudios realizados por Meadows (1993), que explican que los operadores de las máquinas son más cuidadosos cuando maniobran alrededor de árboles más grandes; sin embargo, aquí se justifica debido a que el bosque es muy homogéneo y la mayor concentración de árboles se presentan en esas clases.

Los tipos de daño más frecuentes se presentaron en la copa y fuste. Aunque sus orígenes son diferentes, en el primer caso el daño fue producto del volteo y en el segundo del madereo, éste último depende directamente del sistema de extracción utilizado, y según la intensidad de daño puede provocar graves problemas en el crecimiento. Para los demás tipos la cantidad de árboles afectados en cada uno de ellos es cercana o menor a 1 % , incluso no hubo registros para la combinación tocón/copa.

No existió homogeneidad de varianza en la incidencia de daño entre las clases de copa, se realizó una prueba t-Student para determinar diferencias entre medias (Tabla 2).

TABLA 2. VALORES DIFERENCIA ENTRE MEDIAS, T-STUDENT PARA LAS INCIDENCIAS DE DAÑO SEGÚN CLASES DE COPA.

Clases de copa	t calc.	T tab.
Dominante	0.224	2.571
Codominante	1.282	2.571
Intermedio	9.097*	2.571
Suprimido	19.485*	2.571

(* : $p \leq 0.05$)

Los resultados indican que existe diferencia significativa para las clases intermedia y suprimida. Esto se esperaba por el escaso número de árboles sanos y con daño presente en estos rangos (6.5 %) con respecto a los dominantes y codominantes (93.4 %).

La homogeneidad de varianza , tampoco se presentó entre los tipos de daño. La prueba t-Student se muestra en la Tabla 3.



TABLA 3. VALORES DIFERENCIA ENTRE MEDIAS, T-STUDENT PARA LOS TIPOS DE DAÑO.

Tipo de daño	t calc.	T tab.
Tocón	4.138 *	3.182
Fuste	0.562	3.182
Copa	0.969	3.182
Tocón/Fuste	1.527	3.182
Fuste/Copa	2.260	3.182
Tocón/Fuste/Copa	3.279 *	3.182

(* : $p \leq 0.05$)

Se observa que existe diferencia significativa entre el tocón y la combinación tocón/fuste/copa que son los tipos con menor representación. En ambos el valor sólo alcanza al 0.5 % de daño, siendo los datos más bajos registrados.

Según Smith (1972), la destrucción del volumen residual de árboles en pie, es de importancia silvícola más vital que otras formas de derroche, ya que reduce las producciones futuras. Los daños ocasionados por la maquinaria pueden ser mantenidos dentro de unos límites aceptables si la operación se planifica cuidadosamente y se realiza una estrecha supervisión. Esto concuerda con estudios realizados por Fröding y Thörlind (1982), ellos agregan la importancia del cuidado en la conducción por parte de los operadores y que las condiciones de sitio y estación parecen tener un pequeño efecto.

En el estudio el total de daño fue de 12.3 %, este resultado es similar a los encontrados por Torá (1979) y Suwala (1995) . Ambos analizaron las lesiones en los

árboles durante las faenas de raleo con diferentes sistemas mecanizados de transporte que incluyen el harvester y forwarder. Los valores fueron de 2.8-12.6 % en el primero y 3.1-10 % en el segundo, lo que demuestra una pariedad tecnológica y de especialización en el desarrollo de las intervenciones silvícolas.

Sin embargo, para cuantificar con mayor exactitud las heridas producidas en los árboles se relacionó la intensidad de daño con la clase de copa después del madereo (Figura 1) y del volteo (Figura 2).

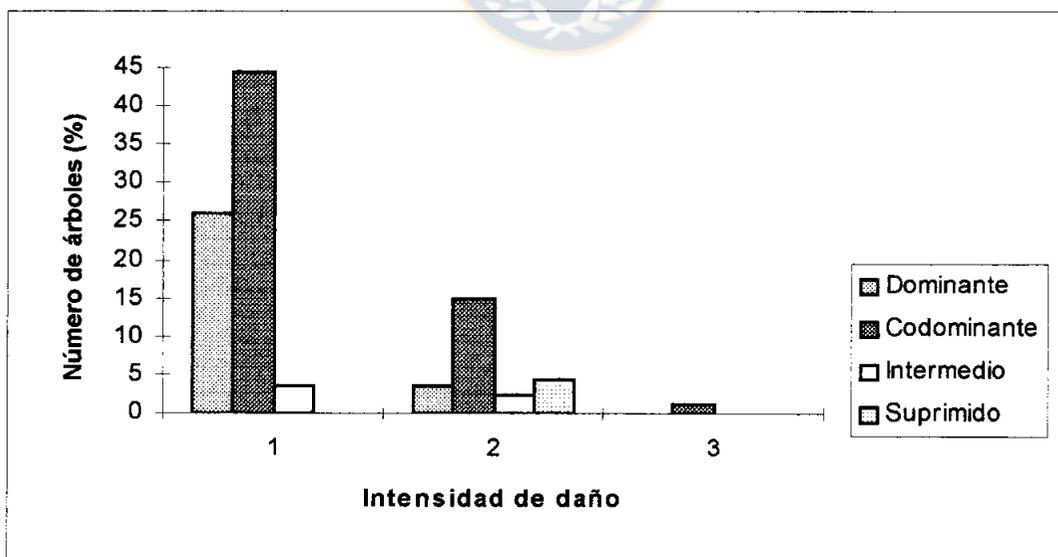


FIGURA 1. Intensidad de daño por clase de copa después de las operaciones de madereo .

Del gráfico se deduce claramente que la intensidad de daño en el madereo con respecto a la clase de copa fué mayoritariamente para el rasgado de corteza sin exposición de cambium (intensidad 1) y esto se concentró en la clase codominante.

Es de consideración expresar que el tipo hundimiento de madera, en que la corteza permanece en el fuste cubriendo la lesión , no se presentó en este rodal, de existir la corteza que cubre la lesión favorecería la actividad microbial, reduciendo la tasa de secado en la superficie de la herida (White y Kile , 1994; citados por Nova,1996).

La homogeneidad de varianza no se cumplió entre las intensidades de daño , se realizó una prueba t-Student que dio diferencia significativa entre la clase desprendimiento de madera y el total (Tabla 4).

TABLA 4. VALORES DIFERENCIA ENTRE MEDIAS , T-STUDENT PARA LAS INTENSIDADES DE DAÑO DESPUÉS DE LAS OPERACIONES DE MADEREO.

Intensidad de daño	t calc	t tab
1	0.845	3.182
2	0.5604	3.182
3	24.537 *	3.182

(*: $p \leq 0.05$)

Esto se debe a que sólo se registró una herida con desprendimiento de madera (intensidad 3), por lo tanto, del 6.2 % de los árboles con daño producto del madereo un total de 73.9 % de ellos presenta la intensidad 1 que corresponde a la lesión más leve.

En las operaciones de volteo, la remoción de ramas en la copa fue mayor cuando el daño se produce en su parte extrema (intensidad 1) y éste se concentró en la clase codominante (Figura 2).

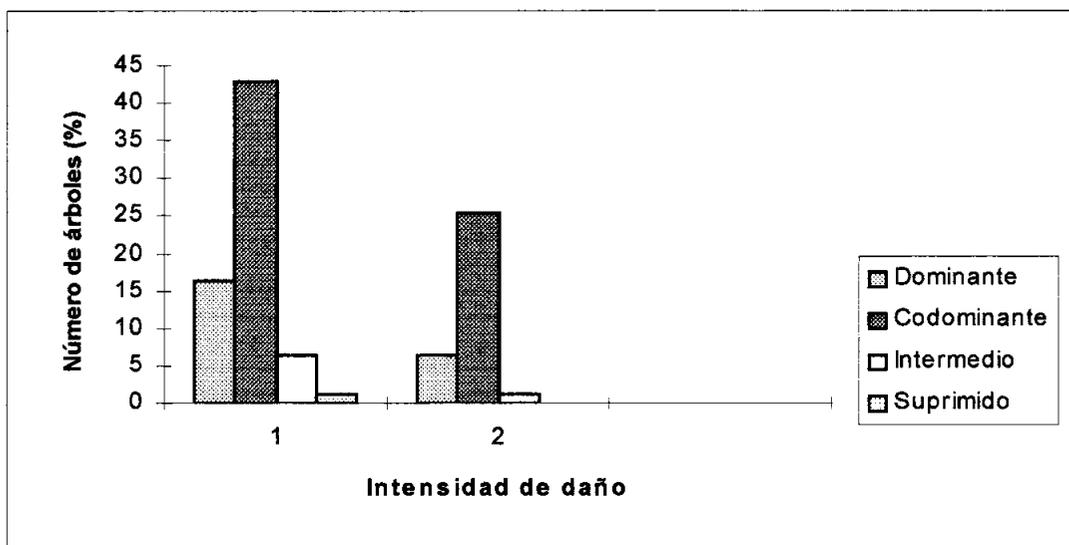


FIGURA 2. Remoción de ramas por clase de copa después de las operaciones de volteo.

Este tipo de daño se debe a que al caer un árbol volteado desengancha las ramas de los árboles adyacentes, por lo tanto, es independiente del sistema de extracción, siendo el operario de la máquina el principal responsable.

El análisis de varianza realizado indica que existen diferencias significativas entre las intensidades de daño en la copa (Tabla 5).

TABLA 5. VALORES PRUEBA ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS INTENSIDADES DE DAÑO EN LA COPA.

Intensidad de daño	F calc.	F tab.
1	9.365 *	4.965
2	28.321 *	4.965

(* : $p \leq 0.05$)

El 6.1 % de los árboles presentó daño por el volteo con un promedio de 1.1 ramas removidas por árbol, esto proyectado a hectárea da un valor aproximado de 20 ramas removidas/ha, de las cuales el 67.1 % son quebradas y 32.9 % desenganchadas. Aunque el resultado es mayor al encontrado por Meadows (1993), donde al daño a la copa fué de 2 % el porcentaje aquí encontrado se considera irrelevante ya que el rodal es de 17 años, la mayor cantidad de daño es en ramas removidas en la parte extrema, y su influencia en la obtención de productos aserrables al final de la rotación se considera mínima.

El número de heridas y el área promedio de daño según intensidad en el tocón y fuste se muestra en las tablas 6 y 7 . Para el tocón no se registró la intensidad 3

TABLA 6. AREA MEDIA DE LAS HERIDAS PRESENTE EN EL TOCÓN SEGÚN INTENSIDAD.

Intensidad de daño	Número de heridas	Largo (cm)	Ancho (cm)	Area (cm ²)
1	1,1	24,7	10,7	269,3
2	1	18,25	7	199
Total	1,1	-	-	468,3

TABLA 7. AREA MEDIA DE LAS HERIDAS PRESENTE EN LOS FUSTES SEGÚN INTENSIDAD.

Intensidad de daño	Número de heridas	Largo (cm)	Ancho (cm)	Area (cm ²)
1	1,1	41,6	8,1	451,3
2	1,6	12,5	7,2	116,2
3	1	18	10	180
Total	1,2	-	-	747,5

Se observa que el mayor número de heridas y superficie ocurrió en el fuste con rasgado de corteza sin exposición

de cambium. Para ambos casos, el menor valor fué para el desprendimiento de madera.

El número promedio de heridas en el tocón y fuste fué de 1.1 y 1.2 respectivamente.

En cuanto a la ubicación de las heridas a lo largo del árbol producto del madereo el 25 % se encontró en el tocón, y 91 % hasta los 150 cm desde el nivel del suelo (Tabla 8).



TABLA 8. UBICACIÓN DE LAS HERIDAS A LO LARGO DEL FUSTE SEGÚN INTENSIDAD DE DAÑOS (EN PORCENTAJE).

Ubicación (cm)	Intensidad de daño			Todas las heridas
	1	2	3	
tocón	20,5	4,5	0	25
30-59	27,3	7,9	1,1	36,3
60-89	5,7	2,3	0	8
90-119	9,1	2,3	0	11,4
120-149	4,5	5,7	0	10,2
150-179	2,3	2,3	0	2,3
180-209	2,3	0	0	2,3
210-239	1,1	0	0	1,1
240-269	1,1	0	0	1,1
Total de heridas	73,9	25	1,1	100

Las heridas encontradas sobre los 150 cm., desde el nivel del suelo tienen un bajo porcentaje y su gran mayoría corresponde a rasgado de corteza sin exposición de cambium, esto se debe a la mayor visibilidad del operador y mayor cuidado al ver claramente su ámbito de trabajo. Las lesiones inferiores a esa altura son producto de las maniobras realizadas durante el posicionamiento del

harvester al efectuar la corta de los árboles en un espacio reducido y el posterior madereo.

La remoción de ramas en la copa producto del volteo se presentan en la tabla 9.

TABLA 9. INTENSIDAD Y UBICACIÓN DEL DAÑO EN LA COPA (EN PORCENTAJE).

Sección de copa	Intensidad de daño		Todos los árboles
	1	2	
Inferior	58,2	29,1	87,3
Media	8,9	3,8	12,7
Superior	0	0	0
Total	67,1	32,9	100

El 87.3 % del daño se concentró en la sección inferior de la copa y la gran mayoría corresponde a remoción de ramas en su parte extrema. El resto se presentó en la sección media. Esto demuestra la necesidad de una cuidadosa operación de volteo.

La distribución de árboles sanos y dañados según clase diamétrica se muestra en la figura 3 . Las clases 18 , 20 y 22 fueron las que presentaron mayor porcentaje de daños, que es también donde existió mayor cantidad de árboles sanos. Los valores descienden hacia los extremos de las clases. La clase 12 no presentó daño.

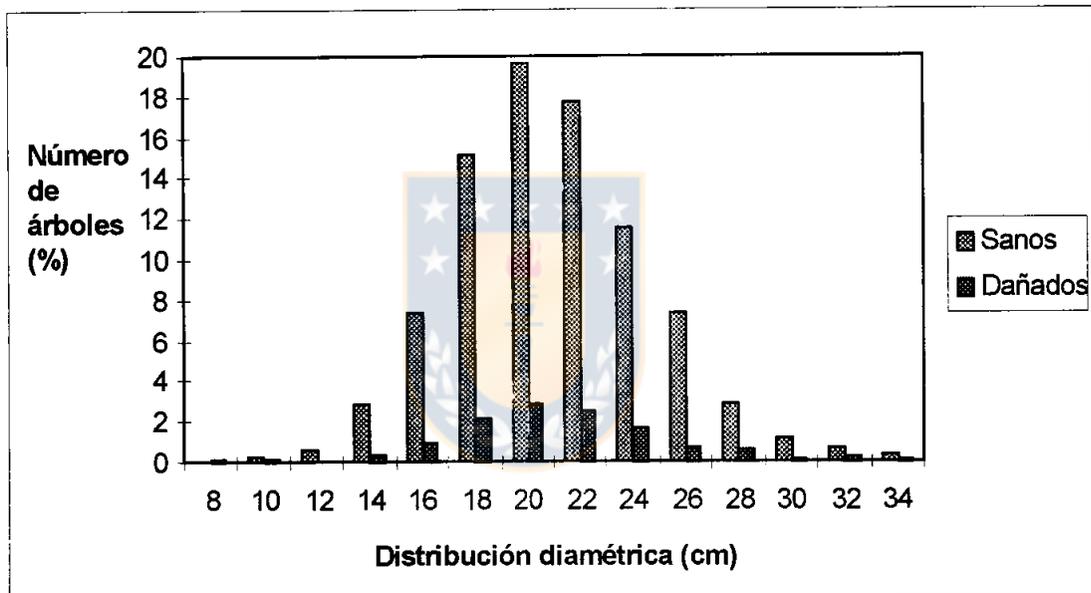


FIGURA 3. Distribución de árboles sanos y dañados según clase diamétrica.

El daño ocasionado por el sistema harvester - forwarder no se relaciona con el diámetro ya que se distribuye en todas las clases diamétricas, esto concuerda con estudios realizados por Nichols *et al.* (1993)citado por Nova (1996) quien concluye que existe una similitud de

proporción de fustes heridos dentro de las clases diamétricas debido a que el diámetro no es una variable significativa en predecir la probabilidad de daño en un árbol.

En general, son diversos los factores que inciden en las ocurrencias de daño durante el raleo, dentro de ellos el sistema de cosecha empleado. La tendencia actual es que se utilicen equipos de múltiples funciones, específicamente diseñados para los distintos sistemas de aprovechamiento en el bosque (Falloon, 1991). Es así, como Frohm (1994), afirma que en Suecia, el 70-80 % del raleo es mecanizado con sistema harvester-forwarder, donde el daño al rodal residual es cada vez menor. Otros autores, como McNeel y Ballard (1992), evaluaron el impacto causado en el raleo con un harvester - forwarder, ellos corroboran la efectividad en el uso de estas máquinas ya que sólo el 5 % de los árboles residuales presentaron daño.

Sin embargo, existen estudios que recomiendan analizar otros factores, como Ovchinnikova y Maslov (1994), quienes sugieren porcentajes de volúmenes que deben ser removidos en raleos sucesivos, 15-20 % del volumen total en el primero y 15 % en el siguiente, con anchos de faja promedio de 30 m., en vez de que sean muy anchas o angostas; Rantonen y Päivänen (1988), dicen que el raleo debe ser fuerte en sitios donde la altura dominante es baja, y suave en sitios donde la altura dominante es alta; y por último, Polonchuk (1984), recomienda que con una densidad de raleo óptima de acuerdo a la clase de sitio y especie, la productividad podría aumentar en 5-6 % y las rentas por hectárea ascender en 15-20%.

Si se relacionan todos estos factores, sin duda que el daño a los árboles durante el raleo disminuiría. En el rodal estudiado un 12.3 % presenta algún tipo de daño, donde 6.2 % es producto del madereo y 6.1 % del volteo. Pero, de las lesiones por madereo un 73.9 % corresponde a remoción de la corteza sin exposición de cambium que sería la intensidad

más leve. Mirado desde este punto de vista, el daño sería mínimo y dentro de los rangos de estudios extranjeros.

Esto se demuestra al comparar con otros sistemas de extracción, como los comparados por Nova (1996), que analizó el daño a los árboles causado por sistema de extracción animal buey-caballo después de un raleo en un rodal de *E.regnans* , donde 31.9 % de los árboles presentaron daño, del cual 25.6 % corresponde al madereo y 6.3 % al volteo. Incluso si se compara con igual sistema harvester-forwarder pero hace 2 años, los daños eran del orden del 25 % entre el volteo y madereo , lo que explica la especialización durante esa época (Nova,1996). Y por último , Nerman *et al.* (1984), evalúa el daño en el raleo con máquinas como feller-buncher y harvester, los niveles de daño son similares a los causados por motosierra y skidder , pero en el primer caso la producción es superior en 2.3 a 5.9 veces.

En todos los casos , se concluye que el sistema harvester-forwarder es un medio conveniente en la realización de estas actividades . Se sugiere combinar los factores que inciden en la ocurrencia de daño con las recomendaciones silviculturales; aunque con un análisis económico se podría determinar hasta que punto es posible sacrificar una de las partes de tal forma que el raleo como operación silvícola intermedia y sus efectos a la rotación , se pueda considerar una actividad rentable.



IV. CONCLUSIONES.

1. La cantidad de árboles dañados por el sistema harvester-forwarder representa un 12.3 %, del cual un 6.2 % es producto del madereo y 6.1 % del volteo, resultado que comparado con otro medio de extracción es tres veces inferior al sistema animal (buey-caballo) y dos veces menor a sistemas mecanizados de transporte (skidder-motosierra).

2. La clase de copa más afectada fue la codominante seguida por la dominante, debido a que la mayor concentración de árboles se presenta en esas clases.

3. En las operaciones de madereo , las heridas se distribuyen homogéneamente entre el tocón y fuste, donde la intensidad más común fue rasgado de corteza sin exposición de cambium.

4. En las operaciones de volteo, el daño a la copa de los árboles se presentó con mayor frecuencia en la sección inferior con remoción de ramas en su parte extrema.

5. No existe una relación entre el diámetro de los árboles y la incidencia de daño.

6. Se estima que no existirá una pérdida significativa de madera al final de la rotación según los objetivos del rodal. Pero se debe trabajar en involucrar más variables que ayuden a minimizar el daño a la masa durante el raleo, a un nivel que sea rentable.



V. RESUMEN.

Después de una operación de raleo en un rodal de *P.radiata* de 17 años ubicado en la VIII Región , en un suelo perteneciente a la serie Dunas, se determinó el daño provocado a la masa residual con sistema harvester-forwarder. Para ello, se realizó un muestreo sistemático en fajas, donde se ubicaron las unidades muestrales a espaciamientos fijos verificando la magnitud, tipo e intensidad de daño presente en los árboles.

Se obtuvo que un 12.3 % de los árboles en pie presentaron algún tipo de daño , siendo similar el valor del madereo con 6.2 % con respecto al volteo con 6.1 %. Las heridas presentes en los árboles se ubicaron prácticamente hasta los 150 cm. desde el nivel del suelo, donde el rasgado de corteza sin exposición de cambium fué la intensidad más común. En la copa las lesiones más frecuentes ocurrieron en el tercio inferior con remoción de ramas en la parte extrema. No se encontró relación entre el diámetro de los árboles y la incidencia de daño.

SUMMARY.

After an operation of thinning in a stand of *P.radiata* D.Don. of 17-year-old located in the VIII Region , in a soil belonging to the series dunes , was determined the damage provoked to the residual bulk with harvester-forwarder system . For this, it was accomplished a systematical sampling in strip, where were located the sampling units verifying the magnitude, type and present damage intensity in the trees. It was obtained that a 12.3 % of the trees in foot presented some type of damage, being similar the value of the skidding with 6.2 % with respect to I turn with 6.1 % . The present injuries in the trees were located practically until 59.05 in. From the level of the soil , where the ripped of bark without exposition of cambium was the most common intensity. In the glass the most frequent injuries occurred in the inferior third with branches removal in the part extrema. No was found relationship between the diameter of the trees and the damage incidence.

VI. BIBLIOGRAFIA .

1. Aho, P.E.; Fiddler, G.; Srago, M. 1983. Logging damage in thinned, young-growth true fir stands in California and recommendations for prevention. Forestry Abstract 46(1):29.
2. Cancino, J. 1995. Métodos de Muestreo Aplicados a Inventarios Forestales. Proyecto de Desarrollo a la Docencia. Universidad de Concepción.
3. Carrasco, P. y Millán, J. 1990. Proyecto de suelos forestales de la VIII Región. Ministerio de Agricultura. Fondo de Investigación Agropecuaria. Chillán, Chile
4. Falloon, J. 1991. Minister gives views on mechanized harvesting. N.Z. Forestry (8):10-11.
5. Fröding, A.; Thörlind, M.U. 1982. Injuries (to stem and roots) after partially mechanized thinning. Forestry Abstracts 45 (11):762.

6. Frohm, S. 1994. Safe and efficient thinnings. *Forestry Abstracts* 56(7):685.
7. McNeel, J.F.; Ballard, T.M. 1992. Analysis of site stand Impacts from thinning with a harvester-forwarder system. *Forestry Abstracts* 53(11):1108.
8. Meadows, J.S. 1993. Logging damage to residual trees following partial cutting in a Green Ash-Sugarberry stand in the Mississippi Delta. In: Gillespie, A.R.; Parker, G.R.; Pope, P. E. Y Rink, G. eds. *Proceedings of the 9th central hardwood forest conference; 1993 March 8-10; est Lafayette, IN. Gen. Tech. Rep. NC-161. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station:248-260.*
9. Moya, 1995. Evaluación del Impacto causado por Harvester y Forwarder, sobre el suelo y la masa remanente en raleo comercial de *P.radiata* D. Don. Memoria de título. Univ. de Concepción. Fac. de Cs. Forestales. Depto de Manejo de Bosques y Medio Ambiente. Concepción, Chile

10. Nerman, V.M.; Popov, V.P.; Vasyukov, V.A.; Demin, K.K.; Kolousov, A.; Ivanchikov, A.A. 1984. Testing Makers machines in later thinnings. *Forestry Abstracts* 45 (12):819.
11. Nova, J. 1996. Daño a los árboles y compactación de suelo en raleo por volteo y sistema de extracción animal en rodal de *Eucalyptus regnans* F.Muell. Memoria de título. Univ. De Concepción. Fac. De Cs. Forestales. Depto. De Silvicultura. Concepción, Chile.
12. Ostle, B. 1968. Estadística aplicada : técnicas de la estadística moderna y donde aplicarlas. Editorial Limusa-Wiley, S.A. México.
13. Ovchinnikova, V.S.; Maslov, A.D. 1994. Effects of thinning on the health of spruce plantations. *Forestry Abstracts* 57(1):25-26.
14. Polonchuk, N.S. 1984. Thinning intensity in Scots pine stands. *Forestry Abstracts* 46(3):140.

15. Rantonen, H.; Päivänen, J. 1989. Silvicultural condition of tree stands after thinning on drained peatlands. *Forestry Abstracts* 53(11):1080.
16. Ryan, T. 1988. The effect of thinning damage to crop trees. *Forestry Abstracts* 49(8):787.
17. Smith, D. 1972. *Silvicultura práctica*. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España.
18. Suwala, M. 1995. Damage to above-ground parts of trees and soil surface changes at late thinnings in pine tree stands. *Forestry Abstracts* 57(6):619.
19. Torá, G.D. 1979. Wounds on trees from thinning operations in young Norway spruce. *Forestry Abstracts* 45(12):820.
20. Wästerlund, I. 1992. Extent and causes of Site Damage due to Forestry Traffic. *Scand.J.For.Res.* 7:135-142.
21. Wästerlund, I. 1994. Las reacciones del bosque a la alteración del suelo debido al tráfico de maquinaria.



Anexo 1. Calculo del error de muestreo.

$$n_s = \frac{N * Sx^2 * t^2}{N * e^2 + t^2 * Sx^2}$$

* Número de parcelas con un error de 5 % (que es un nivel normalmente usado y aceptable para trabajar en este tipo de mediciones).

$$N = \frac{\text{Area muestreo}}{\text{Area parcela}}$$

$$N = \frac{15 \text{ (ha)} * 10000 \text{ (m}^2\text{/ha)}}{\pi * (20\text{m})^2 / \text{parcela}}, N=120$$

Promedio estratificado (X_{sy}) = 31.17 árb/parcela

$$Sx^2 = 25.59$$

$$E = 5 \% , \quad \frac{E}{e} = \frac{100}{X_{sy}}$$

de esta relación se obtiene que $e = 1.56$ árb/parcela.

Entonces,

$$n_s = \frac{120 * 25.59 * t^2}{120 * (1.56)^2 + t^2 * 25.59}$$

Iterando se obtiene que $n_s = 25$ parcelas.

* Como se midieron 30 parcelas para una intensidad de muestreo (i) del 25 % ($i=N/n$, que según los datos $25=120/n$, quedando $n =30$), se reemplaza ésta cantidad en n_s y se vuelve a calcular el error

$$30 = \frac{120 * 25.59 * 1.6991^2}{120 * e^2 + 1.6991^2 * 25.59}$$

despejando $e = 1.359$ árb/parcela

$$\frac{E}{1.359} = \frac{100}{31.17}, \quad E = 4.36\%$$

por lo tanto, con un error de 4.36 % se analizan los datos.

