

Desarrollo de cosecha forestal en las plantaciones de pino radiata en Chile

Development of forest harvesting in Chilean Radiata pine plantations



Olli Eeronheimo y Pekka Mäkinen

Desarrollo de cosecha forestal en las plantaciones de pino radiata en Chile

Development of forest harvesting in Chilean Radiata pine plantations

Olli Eeronheimo y Pekka Mäkinen

Metsäntutkimuslaitos
Helsingin tutkimuskeskus
Kirjasto

Instituto de Investigaciones Forestales de Finlandia
Serie Informativa del Instituto de Investigaciones Forestales de
Finlandia 542
Helsinki 1995

Eeronheimo, O. & Mäkinen, P. 1995. Desarrollo de cosecha forestal en las plantaciones de pino radiata en Chile. Summary: Development of forest harvesting in Chilean Radiata pine plantations. Serie Informativa del Instituto de Investigaciones Forestales de Finlandia 542 79 p. ISBN 951-40-1414-6. ISSN 0358-4283.

En la publicación se hace una presentación sobre la economía forestal y la cosecha maderera en las plantaciones de pino radiata en Chile. En base a revisión bibliográfica, visitas y trabajo de investigación se estiman las necesidades de desarrollo de la cosecha forestal. Se estudian, en especial, las posibilidades de mecanizar la cosecha forestal con la ayuda de maquinaria de corta y de tractores forestales autocargables.

Palabras claves: Chile, plantaciones forestales, cosecha forestal, método de corta y trozado en el bosque, maquinaria de corta, tractor forestal autocargable, *Pinus radiata*.

Forestry and forest harvesting operations in Chilean Radiata pine plantations are discussed in this publication. The possibilities to improve the forest harvesting performance are discussed based on literature, visit to operations and work studies. Special attention is paid to the feasibility of mechanisation of forest harvesting operations with harvesters and forwarders.

Key words: Chile, plantation forests, logging, shortwood method, harvester, forwarder, Pinus radiata

Publicado por: Instituto de Investigaciones Forestales de Finlandia.
Aprobado: Director de investigación Jari Parviainen. 1995

Información sobre los autores: Metsäntutkimuslaitos, Casilla Postal 18, FIN-01301 Vantaa. Teléfono: + 358-0-857 051. Telefax: + 358-0-85 705 361. Correo electrónico: Olli.Eeronheimo@metla.fi, Pekka.Makinen@metla.fi.

Distribución: Metsäntutkimuslaitos, Casilla Postal 18, FIN-01301 Vantaa. Teléfono +358-0-857 051, Telefax + 358-0-85 705 361.

ISBN 951-40-1414-6
ISSN 0358-4283

Printek Pihlajamäki Oy 1995

Indice

1. INTRODUCCION	5
2. LA ECONOMIA CHILENA Y EL SECTOR FORESTAL	7
2.1 Economía	7
2.2 Recursos forestales	7
2.3 Utilización de la madera	9
2.4 Exportación de la Industria Forestal	11
3. LAS CONDICIONES DE LA COSECHA FORESTAL	13
3.1 Topografía, clima y red vial	13
3.2 Manejo de plantaciones forestales	14
3.3 Otros aspectos relacionados con las condiciones de cosecha	16
4. ORGANIZACION, MAQUINARIA Y METODOS DE COSECHA	17
4.1 Maquinaria de cosecha forestal	17
4.2 Métodos de cosecha forestal	20
4.3 Ejemplos de empresas de industrias forestales	22
4.4 Organización de la cosecha forestal	24
4.5 Seguridad laboral	24
4.6 Desarrollo de la cosecha forestal	25
5. POSIBILIDADES DE USO DE COSECHADORAS Y TRACTORES FORESTALES AUTOCARGABLES EN CHILE	27
5.1 Aspectos generales	27
5.2 Experiencias de uso desarrolladas hasta el presente	29
6. TRABAJO DE INVESTIGACION SOBRE LA COSECHADORA Y TRACTOR FORESTAL AUTOCARGABLE	35
6.1 Material de investigación	35
6.2 Resultados	39
6.2.1 Corta	39
6.2.1.1 Distribución del tiempo de producción	39
6.2.1.2 Desplazamiento	39
6.2.1.3 Manipulación de la madera	40
6.2.1.4 Limpieza y preparación	42
6.2.1.5 Interrupciones	42
6.2.1.6 Productividad	44
6.2.1.7 Calidad del trabajo	44
6.2.2 Transporte a corta distancia	45
6.2.2.1 Distribución del tiempo de producción	45
6.2.2.2 Conducción sin carga	45
6.2.2.3 Carga	46
6.2.2.4 Saca	47

6.2.2.5 Conducción con carga	47
6.2.2.6 Descarga	47
6.2.2.7 Interrupciones	48
6.2.2.8 Productividad	48
6.2.2.9 Calidad del trabajo	49
6.2.3 Costos	50
7. SINTESIS Y CONCLUSIONES	51
7.1 Desarrollo de métodos de cosecha forestal con uso intensivo de mano de obra	51
7.2 Desarrollo de la cosecha forestal mecanizada	53
7.3 Otros aspectos	57
BIBLIOGRAFIA	59
ANEXO 1: ORGANIZACION DE LA COSECHA FORESTAL EN FINLANDIA	60
ANEXO 2: INVESTIGACION DEL TRABAJO FORESTAL	65
ANEXO 3: EJEMPLO DE CALCULO DE COSTOS DE UNA COSECHADORA Y UN TRACTOR FORESTAL AUTOCARGABLE	76
SUMMARY	77

1. Introducción

La presente publicación es una continuación de la cooperación sobre cosecha forestal finlandés-chilena iniciada en el año 1991. En dicho año una delegación chilena y otra finlandesa conocieron recíprocamente la economía, cosecha e industrias forestales de ambos países. Como resultados de la visita a Chile surgió una publicación "Cosecha Forestal y uso de la madera en Chile" (Hakkila y Mery 1992), en la que se estudiaron, entre otros temas, las necesidades del desarrollo de la cosecha forestal y la aplicabilidad de la tecnología finlandesa de cosecha forestal en Chile.

En relación con lo anteriormente mencionado, se preparó el inicio de un proyecto conjunto finlandés - chileno. En este proyecto conjunto se clarifican las experiencias acumuladas sobre la cosecha forestal mecanizada y las posibilidades de desarrollo de la cosecha forestal en las plantaciones de pino radiata en Chile, aprovechando especialmente la tecnología de cosecha forestal nórdica. Las principales contrapartes de investigación en este proyecto han sido el Instituto de Investigaciones Forestales de Finlandia (METLA), el Instituto Forestal de Chile (INFOR) y la Universidad de Talca. Además, han participado como patrocinadores de delegaciones numerosas empresas de industrias forestales chilenas y finlandesas y otras organizaciones del sector forestal, como la Asociación de Exportadores de Finlandia, y fabricantes de maquinarias finlandesas y sus importadores chilenos.

El Ministerio de Industria y Comercio de Finlandia ha participado con un aporte esencial para el financiamiento del proyecto. En METLA el proyecto conjunto forma parte del proyecto "Mecanización de la corta forestal en una economía forestal cambiante".

En relación con el proyecto, han visitado Finlandia, durante los años 1992-1994, un total de diecinueve especialistas chilenos en cosecha forestal, para conocer la economía forestal, la cosecha forestal y su maquinaria y la capacitación de conductores de máquinas de cosecha.

Por su parte, los autores de esta publicación visitaron durante octubre-diciembre de 1993 empresas chilenas de abastecimiento de madera, universidades, organizaciones estatales y privadas del sector forestal, representantes de fabricantes de maquinaria, sitios de cosecha y la feria forestal Expocorma y participaron, en relación con esta feria, en seminarios y excursiones. Durante la visita se recolectó información sobre las condiciones y métodos de cosecha, la organización de la cosecha forestal y las experiencias de uso de tecnología nórdica y las premisas para el incremento de su uso en las condiciones de Chile. Durante el viaje se realizó un trabajo de investigación sobre cosechadoras y tractores forestales autocargables finlandeses.

La planificación y la ejecución de la recolección del material ha sido un trabajo conjunto de los dos autores de esta publicación. En relación con el trabajo de investigación realizado, Eeronheimo tuvo bajo su responsabilidad la recopilación de información referentes a las cosechadoras y Mäkinen en lo concerniente con tractores forestales autocarga-

bles. Actuó como asistente la Ingeniero Forestal Carmen Bravo de la Universidad de Talca. Mäkinen ha redactado el texto del Anexo 2 relativo a los fundamentos sobre el trabajo de investigación forestal. Los otros capítulos han sido escritos por Eeronheimo, con la excepción del Capítulo 2, concerniente con el sector forestal de Chile, el que fue escrito conjuntamente por ambos. La publicación ha sido revisada de conjunto. El Profesor Pentti Hakkila ha iniciado el proyecto, lo ha guiado y ha leído y corregido el manuscrito. La traducción del idioma finlandés al español ha sido ejecutada por Liisa y Gerardo Mery (FinnAndes Oy).

2. La economía chilena y el sector forestal

2.1 La economía

La superficie de Chile, sin tomar en cuenta el territorio Antártico en reclamación, es de 757 000 Km² (75,7 millones de ha). El país se extiende por más de 4 200 Km, pero su ancho es sólo de 180 Km, en promedio. Tiene 14 millones de habitantes, cerca de la mitad de los cuales viven en la capital, Santiago.

Chile ha marcado rumbos en la política económica de América Latina desde la mitad de la década de 1970. El presupuesto Fiscal ha logrado un equilibrio, los mercados han sido liberados, la regulación ha sido disuelta y se han privatizado las empresas estatales. Los resultados han sido positivos y se dice que la economía chilena se cuenta entre las mejores administrada en toda América Latina y es una de las mejores del mundo. La tasa de crecimiento anual de la economía fue de 10 % en 1992, 6 % en 1993 y 5 % en 1994.

El Producto Nacional Bruto per capita fue de 3 780 USD en 1994 y la tasa de desempleo alcanzó un 5 %, aproximadamente. La inflación fue de 9 % en 1994. Se ha estimado que las inversiones en el año 1993 llegaron a un 27 % del Producto Nacional Bruto. Una gran parte de estas provienen del extranjero. En lo que se refiere a la deuda estatal, esta fue de un 38 % del Producto Nacional Bruto en 1992.

La participación del sector forestal en el Producto Nacional Bruto es de un 3,3 %. El sector ofrece trabajo a más de 100 000 personas, es decir, al 2,5 % de la fuerza laboral. La participación laboral en la silvicultura y en la cosecha forestal, en relación con toda la fuerza laboral del sector, es de un 39 %, las industrias forestales ocupan un 47 % y los servicios del sector forestal un 14 % (Estadísticas ... 1993).

2.2 Los recursos forestales

Chile se ha desarrollado durante las últimas dos décadas, aproximadamente, llegando a ser un país de una importante economía forestal. Se han establecido plantaciones forestales extensivas desde 1960. Las superficies de plantaciones forestales anuales fueron de 32 000 ha/a, en promedio, durante los años 1965–1974. Pero con el apoyo del programa estatal de plantaciones forestales que se inició en el año 1974, las superficies plantadas anualmente aumentaron hasta el nivel de 67 000 ha/a, aproximadamente (Hakkila y Mery 1992). Durante los últimos años se han establecido anualmente más de 100 000 ha de bosques de plantaciones, tomando en cuenta también los objetivos de regeneración. El estado

subsidió, durante los años 1974–1993, un 75–90 % de los costos de establecimiento de la reforestación. El programa de apoyo a la reforestación desarrollado bajo esta modalidad terminó a fines de 1994. A finales de 1993 se contaba con 1,6 millones de ha de plantaciones forestales. Se estima que se contará con 1,6 millones de ha de pino radiata y 0,3 millones de ha de eucalipto en el año 2000.

El 84 % de los bosques regenerados artificialmente corresponden a masas de pino radiata, 8 % a eucalipto y 8 % a otras especies forestales (*Atriplex sp.*, *Prosopis tamarugo*, *Pseudotsuga menziesii*, etc). Existe una abundancia de plantaciones jóvenes de pino radiata (Figura 1), y se estima que la cantidad de corta anual de esta especie aumentará de 14 millones de m³ a 35 millones de m³ al llegar al año 2020 (Cerde et al. 1992). Se debe mencionar que los volúmenes de madera se declaran en Chile, en general, como volúmenes sólidos sin corteza.

El 47 % de las plantaciones de pino radiata están situadas en la VIII Región y un total de 85 % se concentra entre las Regiones VII–IX, ubicadas en la zona central del país, a unos 300–700 Km al sur de Santiago (ver la Figura 2 que exhibe las Regiones Administrativas del país). En estas regiones se ha encontrado disponibles en abundancia superficies libres de agricultura y ganadería y allí las condiciones para el cultivo de esta especie son las más apropiadas. El crecimiento anual es aproximadamente de 20 a 25 m³/ha. Gracias a las buenas condiciones y a las extensas superficies de plantaciones, Chile ha llegado a ser el mayor productor de pino radiata del mundo. Se ha estimado que el volumen total de las existencias de las plantaciones de esta especie es aproximadamente de 200 millones de m³. La importancia de la VIII Región, en relación con el volumen de las existencias, es aún mayor que en relación con la superficie, puesto que en la VIII región se cuenta con una mayor cantidad de plantaciones más viejas.

La propiedad de las empresas forestales de la superficie total de plantaciones de pino radiata corresponde a una proporción de un 60 %, aproximadamente. El resto está administrado por unos 5000 propietarios privados forestales cuyos tamaño de propiedad varía, por lo general, entre 50–150 ha (Mery 1992).

Exceptuando las reservas naturales, se tienen destinados a disposición de la economía forestal 7,6 millones de ha de bosques naturales domina-

Figura 1. Distribución de las plantaciones de pino radiata por clases de edad (Cerde et al. 1992).
Figure 1. Age class distribution of Radiata pine plantations.

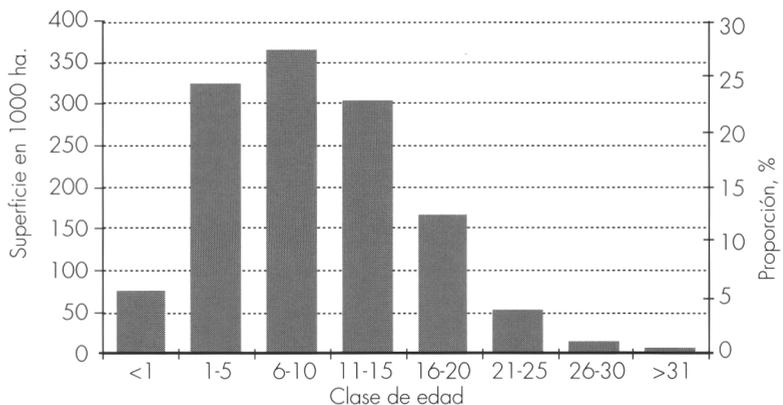
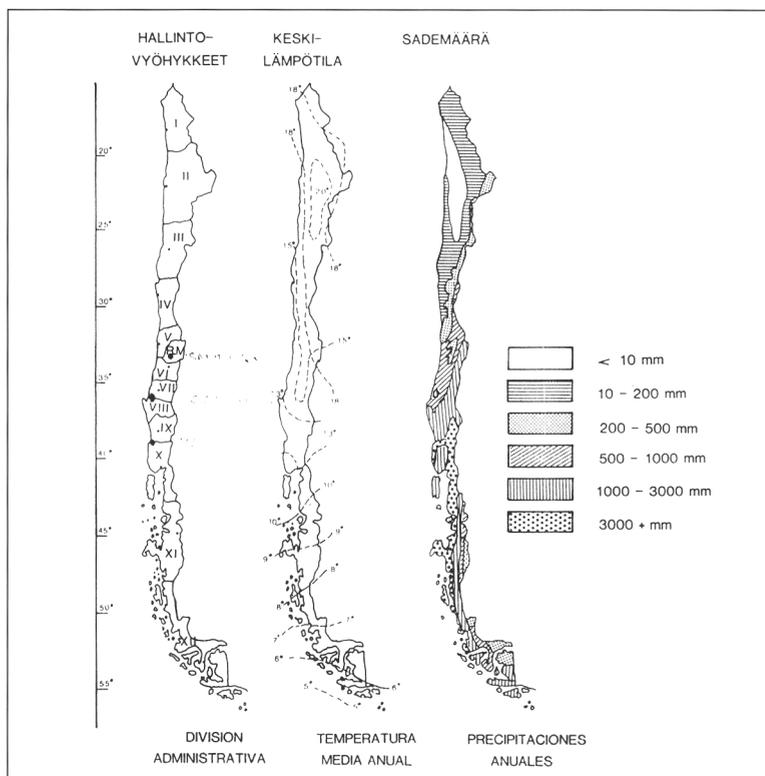


Figura 2. Regiones administrativas de Chile (I-XII y RM región metropolitana), temperatura media anual (oC) y precipitación anual (mm) (Hakkila y Mery 1992).
Figure 2. Administrative Regions, mean annual temperature (°C) and annual precipitation (mm) in Chile.



dos por latifoliadas, cuyo uso se ha pensado intensificar en el futuro cercano con apoyo estatal. El volumen total de las existencias se estima en unos 940 millones de m³. La mitad de la superficie de los bosques naturales y el 80 % de sus existencias están situadas en la Región X. En la actualidad se corta anualmente en los bosques naturales unos 4,6 millones de m³ destinados a uso industrial y 6,1 millones de m³ para leña (Cerda et al. 1992).

2.3 Uso de la madera

En relación con el nivel correspondiente al año 1975, el consumo de madera ha crecido cuatro veces y media hasta el año 1992 (Figura 3). Las astillas de madera, obtenidas de mezclas de especies latifoliadas provenientes de bosques naturales, se han producido, desde fines de los años 1980, principalmente para la exportación. A principios de los años 1990 ha aumentado fuertemente el uso de eucalipto para la producción de pulpa química.

En la Figura 4 se puede apreciar el consumo de madera industrial por diferentes grupos de productos a partir del año 1975. El mayor grupo consumidor es la pequeña industria del aserrío con 6,5 millones de metros cúbicos, aproximadamente. La materia prima más importante es Pino radiata. La proporción de eucalipto y de especies madereras nacionales en el consumo de madera para la industria del aserrío es en total de

Figura 3. Uso de la madera en Chile entre los años 1975-1992.
 Figure 3. Wood consumption in Chile in 1975-1992.

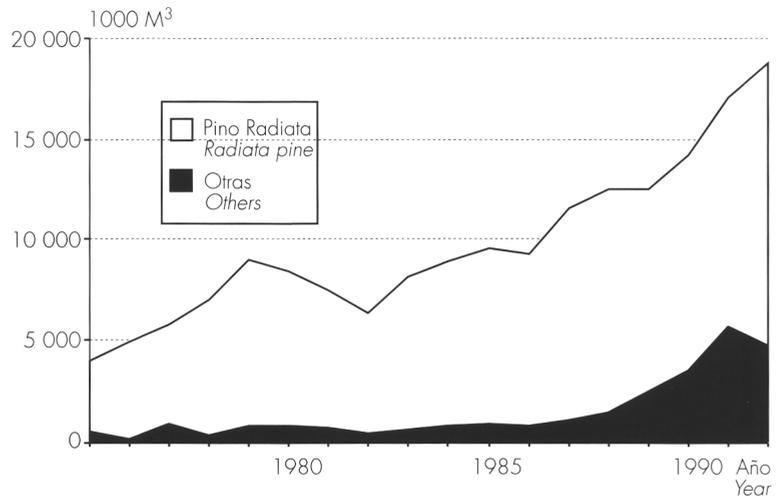


Figura 4. Consumo de madera industrial en rollo en diferentes grupos de productos 1975-1992.
 Figure 4. Wood consumption by products.

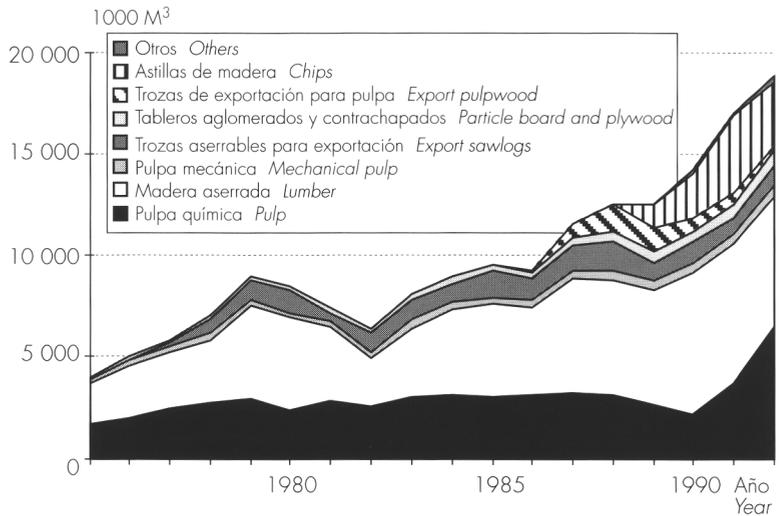
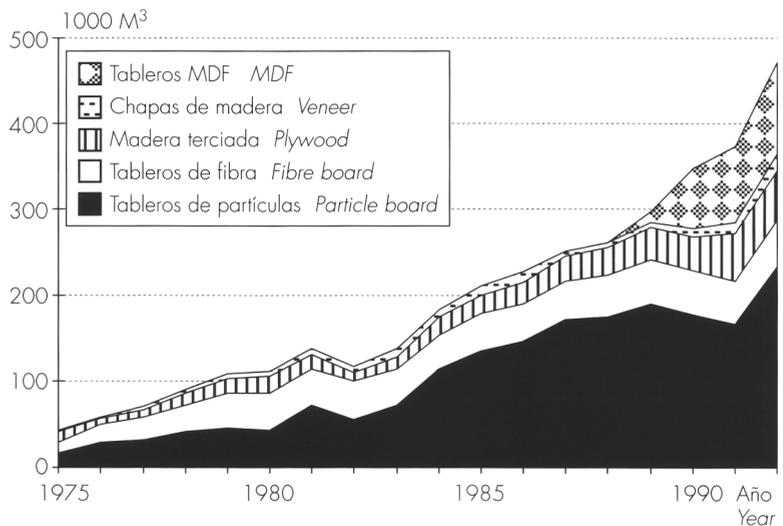


Figura 5. Producción de la industria de tableros entre los años 1975-1992.
 Figure 5. Production of boards.



un 17 %. El año 1992 se produjeron 3 millones de m³ de madera aserrada. El 28 % de la producción se destina a exportación.

El uso primario de la madera en la industria de pulpa química es 7,0 millones de m³ y además se usa 1,2 millones de m³ de astillas provenientes de aserraderos. La producción de pulpa en el año 1992 fue de 1,7 millones de toneladas, o sea casi tres veces mayor si se compara con la producción de 1980–1990. La proporción de exportación corresponde a un 70 % de dicha producción total. Las industrias de aserrío y de pulpa consumen casi el 70 % de toda la madera industrial generada en Chile.

Por su parte, la industria de tableros, de madera terciada y de cajas para embalajes, elaboran en total 0,8 millones de m³ de madera al año. La producción de la industria de tableros ha aumentado diez veces desde 1975 (Figura 5). Los tableros de partículas han constituido el grupo de productos más importantes durante los últimos 25 años. La producción de tableros de fibra de densidad media (MDF) se inició recién en 1989 y rápidamente ha llegado a ser el segundo producto en importancia dentro de la industria de tableros. Se estima que a fines de 1995 la capacidad de producción de la industria de madera terciada y de tableros se acercará a un nivel de 700 000 m³, lo que significa que el consumo de madera industrial para generar estos productos llegaría a 1,2 millones de m³/a. Producción de la industria de tableros entre los años 1975–1992

En el año 1992 se produjeron 161 000 t de *papel de diario* y un total de 347 000 t de *otros papeles y cartones*. No han habido cambios significativos en los volúmenes de producción durante los últimos 10 años.

En el año 1992 se usaron 5,4 millones de m³ de *pino radiata* en la industria de la madera aserrada, 5,7 millones de m³ en la producción de pulpa química, 0,5 millones de m³ en la producción de pulpas mecánicas y 0,5 millones de m³ en la industria de tableros.

La industria para cajas de embalajes también utiliza, además de madera aserrada, pequeñas cantidades de madera en rollo, aproximadamente 0,2 millones de m³/a. En el año 1992 se exportó 1 millón de m³ de trozas de madera aserrable de pino radiata, 0,2 millones de m³ de madera en trozas pulpables y 0,4 millones de m³ de astillas de madera.

2.4 Exportación de la industria forestal

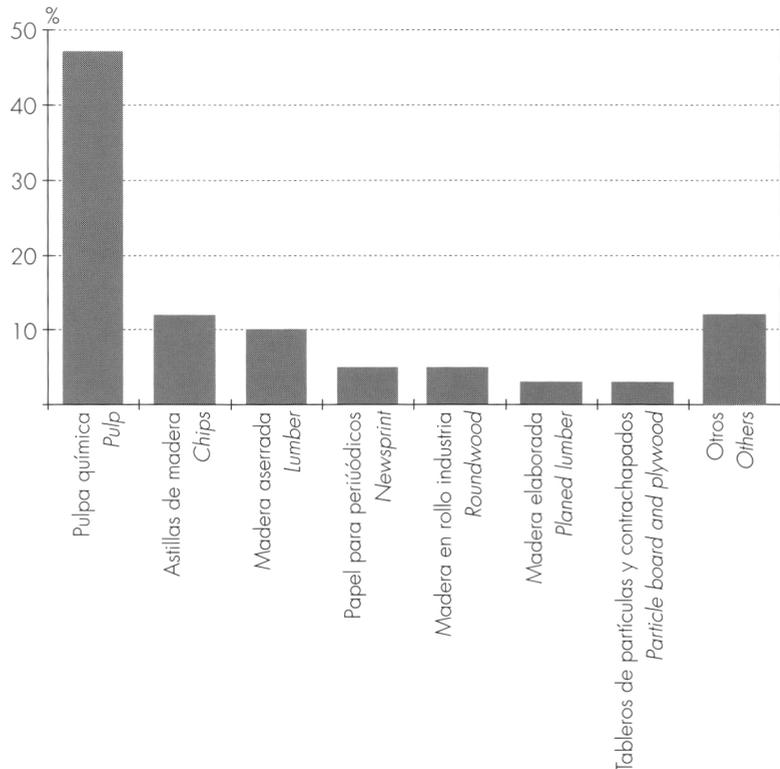
En el año 1992 el valor total de las exportaciones fue de 10,1 miles de millones de dólares americanos (USD). La industria minera es el sector industrial más importante de exportación. Su participación en el valor total de exportaciones en 1992 fue de 47 %. El valor de las exportaciones de la industria forestal fue de 1,1 miles de millones de USD, lo que corresponde a un 12 % del valor total de las exportaciones y 69 % del valor de la producción de la industria forestal.

El producto claramente más importante entre las exportaciones forestales es la pulpa química (Figura 6). Su participación en el valor total de las exportaciones forestales llega casi a la mitad. La participación de astillas de madera y de madera aserrada es de un 10 %, respectivamente. Anualmente se exporta 5 millones de m³ madera en rollo industrial, tres cuartas partes de las cuales se exportan como astillas. La exportación de astillas se inició no antes de 1989. La exportación de trozas aserrables se ha mantenido en el mismo nivel desde 1980. La exportación de la

industria forestal de Chile es principalmente exportación de materias primas. Entonces, Chile posee muchas posibilidades de aumentar el valor de las exportaciones elevando el grado de elaboración de sus productos forestales.

Debido al incremento del consumo nacional, las exportaciones de trozas pulpables y astillas de madera de pino radiata están disminuyendo. Pero en el futuro crecerán los volúmenes de exportación de trozas aserrables, en especial de las trozas aserrables de alta calidad, libres de nudos. En la exportación de trozas se nota también grandes fluctuaciones de precios. Al principio de 1990 el precio medio de exportación de trozas estuvo, por largo tiempo, en el nivel de 50 USD por m³, saltando en Marzo de 1993 a un nivel de 120 USD por m³, debido al colapso de cortas en la costa oeste de Estados Unidos, pero se estabilizó rápidamente al nivel de 75–80 USD por m³. Los principales países importadores de trozas aserrables son Sur Corea, Japón y Turquía. Todas las cantidades importadas de pino radiata, durante el año pasado, fueron del nivel de 1,5 millones de m³/a. La elaboración posterior de la madera de pino radiata, especialmente en el caso de la industria de muebles (que tiene por objetivo los mercados de exportación), ha crecido fuertemente durante los últimos años. En el año 1993, el valor de la exportación de la industria de muebles fue de 30 millones de USD. O sea, se experimentó un incremento de 21 % en relación con el año anterior.

Figura 6. Distribución del valor de las exportaciones de la industria forestal.
Figure 6. Distribution of export value in forest industry.



3. Las condiciones de la cosecha forestal

3.1 Topografía, clima y red vial

La zona más importante para la producción forestal, o sea las regiones administrativas VII–IX, se dividen claramente en tres partes, desde el norte hacia el sur, atendiendo a su topografía. En la zona más cercana al Pacífico se encuentra la Cordillera de Costa que es una cadena montañosa de 40–50 Km de ancho y 400–600 m de alto. En la parte central se ubica una zona más llana que corresponde al Valle Central, el que posee unos 50–60 Km de ancho y a lo largo de la frontera limítrofe este del país se encuentra la Cordillera de los Andes, que se eleva incluso hasta más de tres kilómetros de alto. Los bosques de plantaciones se encuentran localizados en la Cordillera de la Costa (Figura 7), en los cerros que están situados en los faldeos de la Cordillera de los Andes y en el Valle Central, especialmente en la Región VIII, al este de Concepción, en los alrededores de Cabrero.

Los cerros más típicos poseen una cima redondeada. En la parte inferior de los faldeos y en las cimas la inclinación es pequeña, menor a un 35 %. Pero en las partes centrales de las laderas la pendiente es mayor,

Figura 7. Plantaciones de pino radiata y eucalipto en la Cordillera de la Costa, en los alrededores de Arauco.

Figure 7. Pine and eucalyptus plantations in the coastal mountains around Arauco.



superando a menudo al 50 %. Una proporción variable entre el 20–50 % de las plantaciones de pino radiata de diferentes empresas están situadas en las laderas donde la pendiente excede al 35 %.

En la mayor parte de los casos *el suelo* es de arena, limo o arcilla y especialmente en los faldeos de los Andes frecuentemente es de origen volcánico. Generalmente la capa superior fértil tiene más de un metro de espesor. No se observan irregularidades o rocosidades del suelo que dificultaran la conducción de las máquinas.

La temperatura media anual en las áreas principales de cultivo de pino radiata es de 12–15 °C y la *precipitación* anual es 1000–3000 mm (Figura 2). En invierno, de Mayo a Septiembre, hay lluvias abundantes pero el verano es relativamente seco. Por ejemplo, en Concepción las precipitaciones en invierno alcanzan a 180–260 mm /mensuales y en verano son de 10–60 mm /mensuales. Más al sur, en los alrededores de Valdivia, la precipitación es mucho más alta, especialmente en invierno. Los caminos forestales obligatoriamente deben ser construidos sobre suelos de grano fino, que levantan polvo durante el tiempo seco y que se convierten en fangos resbalosos durante la época de lluvias. Después de intensas lluvias, los trabajos de cosecha forestal se pueden ver interrumpidos durante varios días debido a la imposibilidad de los trabajadores de llegar a los sitios de trabajo antes que los caminos se sequen.

Según los mapas, la *red ferroviaria* cubre bien el territorio. Pero se ha dejado arruinarse. La vía principal de norte–sur está en estado regular, al igual que los ramales de los principales centros industriales hasta los puertos. Pero una gran parte de los ramales que en principio serían apropiados para el transporte maderero se encuentran en estado inservible.

El cuerpo principal de la red de caminos está conformado por la carretera 5, que atraviesa todo el país y que tiene conexiones con caminos secundarios, hacia lugares de destino en la región costera y hacia el interior del país. Los caminos más importantes son pavimentados, pero los trabajos de construcción de caminos retardan el tránsito y los atascos son comunes. Una gran parte del transporte de los productos forestales deben ser realizados a través de caminos de grava que se encuentran en malas condiciones y en cuya mantención participan a veces las empresas forestales, de forma voluntaria. Por otra parte, los caminos de extracción forestal parecen estar en bastante buenas condiciones durante la temporada seca.

La construcción de caminos forestales es cara a causa de la dificultad de obtención de materiales de construcción y por las largas distancias de transporte. Los costos en la región de Talca son de aproximadamente 15 000 USD/km, en la región de Concepción el costo es de aproximadamente 20 000 USD/km, y en la región de Valdivia es de aproximadamente 30 000 USD/km. Se calcula que por cada m³ de madera cosechada en los bosques de plantaciones, el costo de construcción de caminos corresponde a 1,5–2,0 USD/m³.

3.2 Manejo de bosques de plantaciones

Los tratamientos de los bosques de plantaciones de pino radiata varían según el lugar de crecimiento, condiciones climáticas y las metas de

producción del propietario. Actualmente las compañías forestales están desarrollando nuevos modelos de tratamiento y agrupando las plantaciones en nuevas clases. La división de las plantaciones en tres grupos es, aparentemente, una tendencia bastante generalizada. Esta división se hace atendiendo a los sitios de crecimiento como criterio principal. En cada grupo se reúne un tercio de la superficie de las plantaciones, aproximadamente. Las acciones y su calendario varían según la empresa y por esta razón, se hace el esfuerzo de ofrecer, a continuación, un panorama aproximado sobre las alternativas de manejo.

En los *peores sitios de crecimiento* se produce solamente trozas pulpables con una edad aproximada de rotación de 18 años. Se plantan unas 1100 a 1400 plántulas por ha. No se efectúan raleos y por esta causa abundan los árboles muertos en pie en las plantaciones. El rango de variación del tamaño de árboles es grande. En la fase de cosecha, los diámetros a la altura del pecho (DAP) varían entre 7–50 cm. El volumen promedio del fuste es de 0,3 m³, aproximadamente, y la merma por aprovechamiento es de 400 m³/ha., aproximadamente. Las ramas secundarias son abundantes.

En los sitios de *condiciones promedio de crecimiento*, la densidad de plantación es de 1400 a 1600 plántulas por ha. En conexión con los tratamientos de latizal, la densidad se baja a 1000 árboles por ha y se desraman a una altura de 3 m. Los rodales se ralean dos veces, a las edades de 10 y 14 años. En el primer raleo se baja el número de fustes a 700 árboles por ha, aproximadamente. El volumen promedio de los árboles extraídos es de 0,15 m³, aproximadamente, y la merma por aprovechamiento es de aproximadamente 50 m³ por ha. En el segundo raleo se dejan unos 450 árboles/ha. El volumen promedio de los árboles extraídos es de 0,2 m³, aproximadamente, y la merma por aprovechamiento es de 50 m³/ha, aproximadamente. En la corta final, que se realiza entre los 22 a 25 años, el volumen promedio de los árboles es de 0,8 a 1 m³ y la merma por aprovechamiento es de 360 a 450 m³/ha. En los bosques que han sido raleados el sotobosque crece de manera abundante, encontrándose entre otros, enredaderas arbustivas espinosas que disminuyen la visibilidad y dificultan especialmente las actividades manuales.

En los *mejores sitios de crecimiento* el tratamiento se efectúa de acuerdo con el calendario de plantaciones promedio, pero se podan los árboles antes de cumplir los 10 años, en dos a cuatro intervenciones, hasta unos 6–8 m de altura y en el segundo raleo se dejan crecer solamente unos 250 a 300 árboles/ha. En la corta final, a la edad de 22–25 años, el DAP es de 50–60 cm y el volumen es de 1,5 m³, aproximadamente. Las ramas ubicadas en la partes superiores de los fustes podados llegan a ser, a menudo, muy gruesas siendo común encontrar ramas de más de 10 cm de diámetro.

Las plantaciones de *eucalipto* se cultivan para el abastecimiento de pulpa química, generalmente sin raleo, con una edad de rotación de aproximadamente 12 años. El crecimiento anual es de 35 m³/ha, aproximadamente. El tamaño del fuste en la corta final es de 0,3–0,4 m³ y la merma por aprovechamiento es de 400–500 m³/ha. El eucalipto requiere un tratamiento intensivo de la superficie del suelo, control de la vegetación competitiva y fertilización repetidas. Por esta razón, los costos de establecimiento de plantaciones son claramente más altos si se comparan con los del pino radiata.

3.3 Otros aspectos relacionados con las condiciones de cosecha

La mayor parte de la madera requerida por la industria forestal se obtiene de los bosques propios de las empresas. Las empresas tienen a su disposición *sistemas geográfico de información* con los cuales es posible producir mapas temáticos para apoyar la planificación. La *merma por aprovechamiento* de cada operación es grande, hasta de decenas de miles de metros cúbicos. Además es común que se concentren varias faenas en la misma región. Todos estos aspectos facilitan la planificación de aprovisionamiento y de cosecha de madera y su ejecución.

Las longitudes más comunes de las trozas aserrables son de 4,15 m y de 2,44 m para las trozas pulpable. Algunos aserraderos reciben una combinación de diferentes longitudes de trozas aserrables, y en una parte de las fábricas de pulpa pueden procesar maderas largas. No existen exigencias comunes de calidad claramente determinadas y la madera en rollo industrial se corta en pocas medidas de diferente longitud, sin tomar mucho en cuenta los aspectos de calidad. A causa de que la mayor parte de la madera se extrae de los bosques propios a un precio conveniente, también se acepta materia prima de más baja calidad en las plantas de elaboración. Por otra parte, si se compra madera industrial a proveedores externos, las plantas adoptan una actitud crítica respecto a la calidad.

La cantidad de surtidos de madera para el consumo nacional es baja, lo que facilita la ejecución de la cosecha forestal y disminuye las necesidades de capacitación de la fuerza de trabajo. En referencia a las trozas aserrables para la exportación la situación es la contraria. Cada país comprador y muchos clientes tienen sus propias exigencias de medidas y de calidad lo que, por su parte, dificulta el trabajo.

El peso húmedo de la madera del fuste de pino radiata en Chile es de 1000 kg/m³, aproximadamente, o sea alrededor del 15 % mayor que el del pino finlandés. Los árboles de pino radiata son también claramente más altos que los pinos finlandeses de diámetros equivalentes. Estos árboles no poseen poda natural y por esta razón el dosel se desarrolla fuertemente, especialmente cuando la densidad es baja. Por las razones anteriormente mencionadas, la masa conjunta del tronco y dosel del pino radiata pueden llegar a ser hasta dos veces mayor, si se compara con un pino finlandés que sea equivalente en el diámetro a la altura del pecho.

Ya en este momento hay falta de fuerza laboral profesional, especialmente para realizar operaciones de corta. Según un estudio realizado en el año 1991 sobre la fuerza laboral forestal, sólo uno de cada diez trabajadores pudo ser clasificado como trabajador calificado. En el país no existe capacitación para los trabajadores forestales a nivel nacional. La capacitación se limita a cursos ocasionales organizados por las empresas. En el nivel de educación forestal universitaria hay incluso un exceso de oferta, según Ackerknecht (1994), puesto que habrían 1800 vacantes anuales para nuevos estudiantes. La cantidad de 900 vacantes que existen para estudiantes nuevos de nivel técnico no serán suficientes, si se piensa en las necesidades futuras.

4. Organización, maquinaria y métodos de cosecha

4.1 Maquinaria de cosecha forestal

La cosecha se realiza manualmente, en la mayoría de los casos. Los árboles se cortan casi exclusivamente con el empleo de motosierra y esta ha sustituido a las hachas casi totalmente, por lo menos en las faenas de las empresas mayores. Esto también ocurre con la poda. Las marcas más comunes de motosierra son Stihl y Husqvarna (Resultados de encuesta... 1992). En todo caso el hacha sigue siendo una herramienta alternativa para la poda, entre otros, en los primeros raleos y en la estación de acopio o cargadero para efectuar el trabajo de mejoramiento de las huellas dejada por la poda.

La corta mecanizada se está expandiendo rápidamente. En el país existen una decena de *máquinas cortadoras-apiladoras*, principalmente máquinas de orugas manufacturadas por Bell (Figura 8). También se ha ensayado el uso de máquinas podadoras americanas de alimentación de pulso, las que funcionan en las estaciones de acopio y máquinas de

Figura 8. Corta mecanizada en una faena de Forestal Chile.

Figure 8. Mechanised felling.



despunte. A fines del año 1994 habían ocho *cosechadoras* pesadas equipadas con dispositivos de corta neozelandés Waratah 230HTH, seis de las cuales están montadas sobre un chasis de tractor orugas Timberjack 2618 y dos sobre chasis de retroexcavadoras. Hay 11 cosechadoras de tamaño intermedio, seis de las cuales tienen un chasis de ruedas (Ponsse Ergo HS15), cuatro un chasis de tractor de orugas (Timberjack 608/762B) y una un chasis de retroexcavadora (Hyundai/Lako).

En el transporte de árboles a corta distancia y en las labores de manipulación en las estaciones de acopio se utilizan comúnmente *yuntas de bueyes* tradicionales, especialmente en las regiones de Temuco y Valdivia. Generalmente se trabaja con un par de bueyes, pero en las cortas a tala rasa para el transporte de raigales grandes se puede requerir hasta tres pares de bueyes. Los bueyes grandes, de unos mil kilos, de la región de Valdivia, conocidos bajo el apodo de "motoreros", se conocen en todo el país por sus fuerzas. En Chile el uso del yugo que va amarrado a los cuernos y a la cabeza disminuye la desolladura en comparación con el yugo de nuca. La pericia sobre el adiestramiento de los bueyes ha sido traspasado exitosamente a otros países, tales como Malawi y Zambia.

En las tareas de manipulación se utilizan, además de los bueyes, *tractores apiladores de tres ruedas* que se usan también en el transporte a corta distancia. Existen un total de 80 tractores de tres ruedas, aproximadamente. Las marcas más comunes son Bell y Tecfor de fabricación chilena (Resultados de encuesta ...1992).

Los *tractores arrastradores* dotados de cabrestantes accionados por medios hidráulicos (Figura 9) es la maquinaria más usada en el transporte a corta distancia de madera industrial. Existen en Chile unos 200

Figura 9. La mayor parte de la madera industrial se transporta hasta el cargadero empleando tractores arrastradores.
Figure 9. Skidding is the most popular extraction method.





Figura 10. Cable aéreo fijado al chasis de un camión y un tractor apilador de tres ruedas.

Figure 10. Truck mounted cable system and three-wheel tractor.

tractores arrastradores, en total. Las marcas más comunes son John Deere, Timberjack, Caterpillar y Clark (Resultados de encuesta... 1992). En relación con la corta mecanizada se usan tractores arrastradores dotados de garra hidráulica. Estos se denominan como tractores de saca con garra y hay en total unos veinte.

Había, a finales del año 1994, un total de siete tractores pesados de pinzas con banca elevada y tractores forestales autocargables Timberjack 933, y unos diez tractores forestales autocargables de tamaño mediano Ponsse Ergo 15S y Timberjack 1010. Todos los tractores de pinzas con banca elevada y los tractores forestales autocargables han sido fabricados en Finlandia.

En las pendientes abruptas – con una inclinación superior al 30 % – se emplean *cables aéreos* fijados a los chasis de camiones (Figura 10). En Chile se encuentran un total de unas cien unidades de cables aéreos. Las marcas más comunes son Koller, Urus y Chapman (Resultados de encuesta... 1992).

La carga total mayor permitida para sistemas de vehículos de *transporte de madera industrial* es de 45 toneladas. Cuando la carga de los vehículos provistos de semi-remolques o remolques completos es normalmente de 15–17 toneladas, la carga máxima no sobrepasa las 28–30 toneladas, o sea de 28–30 m³. Las marcas más comunes son Mercedes Benz, Freightliner, Kamaz, Ford y Pegaso (Resultados de encuesta... 1992). Hay diversas variedades de sistemas de camiones. Por ejemplo, Forestal Celco ha empleado ocho contratistas que tienen un total de 100 vehículos. De ellos 28 son con remolques completos, 12 son con semi-remolques y 60 carecen de remolques. En las faenas grandes se cargan



Figura 11. Trabajo de carga de un camión maderero empleando un cargador individual.

Figure 11. Loading operation.

los camiones con la madera en rollo industria, en la mayoría de los casos, con unidades de carga separadas montadas sobre chasis de camión (Figura 11). En las faenas menores se emplean, entre otros, tractores industriales y agrícolas equipados con cargador hidráulico. Un transportista maderero típico posee 3–4 camiones madereros y un cargador individual. Las empresas más grandes de contratista poseen más de 60 camiones madereros.

4.2 Métodos de cosecha forestal

En el primer raleo los supervisores marcan los árboles que se identifican con pintura, tanto a la altura de pecho como también en el tocón, por motivos de control. En el volteo intervienen 2–3 hombres con motosierras o 1 motosierrista y 5–7 trabajadores con hacha que cortan, desraman y trozan los troncos y amontonan las trozas en pilas para el arrastre posterior. Dos *yuntas de bueyes* arrastran la carga hasta el cargadero donde los trabajadores que voltean apilan las trozas. Un rendimiento diario típico, para una distancia menor a los 100 m es de 40 m³, aproximadamente. Se llega a ocupar una cantidad tres veces mayor de trabajadores de volteo, en comparación con el caso anterior, cuando se emplea un *tractor apilador liviano de tres ruedas* para el transporte a corta distancia, para un trayecto de menor a 150 m de conducción. El tractor apilador de tres ruedas lleva las cargas pequeñas en sus pinzas hasta el cargadero. Este tractor de tres ruedas es apropiado en el caso de pendientes suaves, con una pendiente menor al 15 %. Especialmente en los raleos tardíos se utilizan también en cierto grado los *tractores arrastradores* de cable

(cable skidders). Los *costos* de corta y de transporte a corta distancia varían en diferentes partes del país y dependen entre otros de la maquinaria empleada. Generalmente los costos de cosecha de raleo son aproximadamente de 7–8 USD/m³, pero por ejemplo en las faenas con bueyes a menudo se pagaba sólo 5 USD/m³.

Utilizando *tractores arrastradores* en cortas a tala rasa, el rendimiento de un grupo de trabajo de 10–12 personas es de 80–125 m³ diarios para un trayecto de transporte promedio de 150 m. El rendimiento mensual es de 1800–2000 m³ para una cuadrilla en que 2–3 hombres voltean con motosierra y desraman los árboles y 2–3 ayudantes fijan los cables de carga en los fustes, y los árboles se arrastran hasta el cargadero donde 1–2 ayudantes desamarran los cables, el marcador y clasificador de trozas marca los puntos de trozado y el motosierrista troza los troncos. En la estación de acopio para los trabajos de clasificación y apilado se emplean tractores apiladores de tres ruedas o yuntas de bueyes.

El rendimiento de una *máquina de corta y apilado* y de dos tractores arrastradores dotados de una garra hidráulica es, por su parte, de casi de 400 m³/día (7000–8000 m³/mensuales) en el caso de una corta final, cuando la brigada de trabajo está compuesta por 14 trabajadores. Los árboles se desraman en el bosque con motosierras y se trozan en la estación de acopio. En términos generales se puede señalar que los costos de cosecha en el caso de cortas finales son de 5 USD/m³, aproximadamente.

En el uso de *cables aéreos* la dirección de arrastre generalmente es pendiente hacia arriba variando el trayecto de transporte máximo entre 300–600 m, dependiendo del tipo de maquinaria empleada. En una brigada de trabajo laboran de 10 a 12 hombres. El rendimiento diario típico, en una mata rasa, es de 80–100 m³/día siendo el trayecto de transporte promedio de 300 m, aproximadamente. En los costos de cosecha, los costos de corta y transporte son de 7–8 USD/m³, para una distancia corta.

El sueldo de los motosierristas es de 300 USD mensuales, aproximadamente. A los conductores de los tractores arrastradores y tractores para la manipulación de la madera se les paga 400 USD mensuales. Los conductores de cables aéreos ganan 500–700 USD. A los boyeros se les paga unos 200 USD mensuales, aproximadamente y a los ayudantes se les paga entre 150–200 USD por mes, dependiendo del trabajo y de su experiencia. Los conductores de las cosechadoras reciben un sueldo de 800–1000 USD mensuales y los conductores de tractores autocargables se les paga entre 700–800 USD por mes. Adicionalmente a los trabajadores se les facilita el alojamiento, la alimentación y el transporte. Cuando se toman en cuenta los seguros por accidente, se suman a los *costos adicionales* generalmente un total de 30–60 % del sueldo. Existen diferencias locales de sueldos. La tasa de remuneración en las regiones de Valdivia y Temuco es de un 20 % inferior, aproximadamente, al nivel de remuneración existente en Concepción, como se ha mencionado anteriormente.

Según algunas estimaciones, las *proporciones de los métodos de cosecha* en relación con las cantidades totales cosechadas, en los alrededores de Concepción y antes de la ola de mecanización, fueron las siguientes: los tractores arrastradores un 55 %, los bueyes un 25 % y los cables aéreos un 20 %. En los alrededores de Valdivia y Temuco las

cifras correspondientes a las categorías anteriores fueron 35%, 60 % y 5 %, respectivamente. Estas cifras incluyen tanto las faenas de cosecha de empresas como las faenas forestales de pequeños propietarios.

El *transporte a larga distancia* se realiza principalmente con camiones madereros. Los costos adicionales por *carga* de los camiones, empleando una unidad independiente de carga, aumentan los costos en todos los métodos de cosecha entre 0,7–0,9 USD/m³. El trayecto de transporte típico es de 100–200 km, pero en casos excepcionales es hasta de 500 km. Los costos de transporte vehicular varían según el largo del trayecto de transporte. Por ejemplo en el caso de un trayecto de 60 km el costo es de 3 USD/m³ y en un trayecto de 250 km es de 15 USD/m³, aproximadamente. Los costos promedio de transporte son de 8 USD/m³.

4.3 Ejemplos de empresas de industrias forestales

Los consorcios forestales más grandes de Chile son CMPC y COPEC. Entre las empresas que practican una economía de plantación forestal extensiva se pueden mencionar las empresas Santa F  y CAP. Aparentemente son t picas al sector forestal chileno las reorganizaciones repetidas y las reestructuraciones rápidas del personal en las empresas forestales responsables de la silvicultura y cosecha forestal para los consorcios. Las organizaciones poseen varios niveles y son acentuadamente jerárquicas.

El manejo silvicultural y la adquisición de madera del consorcio CMPC (Compa a Manufacturera de Papeles y Cartones S.A.) está a cargo de Forestal Mininco, en la que se fusionaron, recientemente, las filiales Forestal Río Vergara y Forestal CreceX. Mininco posee unas 230 000 hectáreas de plantaciones de pino radiata y 20 000 hectáreas de plantaciones de eucalipto. Además, ha adquirido unas 80 000 hectáreas de terreno para plantaciones. Sus requerimientos de madera llegan a un total de 5 millones de m³/a, tres cuartas partes de los cuales los adquiere de sus propios bosques. De este total de madera obtenida, un 70 % se destina a la fabricación de pulpa en las fábricas de Nacimiento y Laja, 20 % va a los aserraderos de Mulchén y Nacimiento y un 10 % a la exportación. En Enero-Febrero de 1994 comenzó en funcionamiento su nuevo aserradero gigante llamado Bucalemu, ubicado en el área de Cabrero. Un tercio de las trozas pulpables se transportan a las fábricas como fustes enteros y el resto en forma de trozas pulpables de 2,44 m de longitud. Los largos más comunes de trozas para el aserrío son los múltiplos de los estándares de dichas trozas de 4,15 m, o sea de 8,30 m y 12,45 m. Las medidas y calidad de la madera para exportación varían según los deseos de los compradores.

Mininco tiene como filial a SEFORE (Servicios Forestales Escuadrón Ltda), la que tiene bajo su responsabilidad el desarrollo de la cosecha de la madera industrial y la transferencia de tecnología en esta área, teniendo simultáneamente que proveer anualmente a Mininco unos 400 000 m³ de madera en rollo industrial, actuando como contratista. El resto de la madera industrial es cosechada por contratistas privados. A fines del año 1993 la maquinaria de SEFORE comprendía 2 máquinas cortadoras-apiladoras, 2 tractores arrastradores con pinzas, 2 máquinas desramado-

ras de cadena, 3 cables aéreos, 10 tractores arrastradores, 5 tractores apiladores de tres ruedas, 3 cosechadoras, 1 tractor de banca elevada con pinzas y 2 tractores autocargables. SEFORE tiene un contrato de leasing con Mininco que es el dueño de toda esta maquinaria. Las experiencias acumuladas en el uso de las cosechadoras y de los tractores autocargables se exponen más detalladamente en el capítulo 5.2. SEFORE está planificando vender a futuro la mayor parte de su maquinaria de cosecha a sus contratistas y continuar la cosecha de madera industrial sólo empleando cadenas de máquinas basadas en el uso de nuevas cosechadoras que piensa adquirir.

En conexión con las funciones relacionadas con los bosque del grupo COPEC, se usa a menudo el nombre de grupo Arauco. La silvicultura y la adquisición de la madera industrial está descentralizada en tres empresas. Forestal Celco S.A., que opera en los alrededores de Constitución, Forestal Chile S.A. que actúa en las cercanías de Concepción, Chillán y Collipulli, y Bosques Arauco S.A. cuya acción se desarrolla en el área de Arauco. En su totalidad el grupo Arauco posee de 314 000 hectáreas de plantaciones de pino un tercio de las cuales están situadas en pendientes cuya inclinación excede al 35 %.

La función principal de Forestal Celco es de adquirir madera para la fábrica de pulpa del grupo situada en Constitución. La cantidad de cosecha posiblemente aumentará casi al doble desde el nivel del año 1993, que fue de 700 000 m³/a, hasta el año 2000, con una cosecha de 1,3 millones m³/a. Casi la mitad de esta cantidad corresponde a trozas pulpables provenientes de cortas a tala rasa. Las trozas pulpables provenientes de raleos es de 10 %, aproximadamente y la madera aserrable, tanto para el consumo nacional como para la exportación, representa aproximadamente un 40 %. Los contratistas responsables de la cosecha de la empresa tienen a su disposición 20 tractores arrastradores y ocho cables aéreos, aproximadamente.

La cantidad total cosechada por Forestal Chile es de 400 000 m³/a, 60 % de la cual corresponde a trozas aserrables para la exportación, 20 % a trozas aserrables para el mercado de Chile y 20 % a trozas pulpables. Una quinta parte de las trozas pulpables se hace llegar a las fábricas en forma de fuste completo y el resto en largos nominales de 2,44 m.

Forestal Millalemu S.A., empresa que pertenece al grupo CAP, ejecuta por sí misma el manejo silvicultural de sus bosques y aprovisiona de madera industrial a los aserraderos pertenecientes al grupo y a una fábrica de MDF. Se piensa aumentar la superficie de plantaciones desde las 80 000 hectáreas actuales hasta 120 000 hectáreas hacia finales del siglo. La proporción de la superficie de plantaciones cubierta por pino radiata es del 85 %. La corta anual efectuada en los bosques propios es de 0,5 millones de m³, proviniendo un 20 % de esta de pendientes cuya inclinación es superior al 35 %.

El grupo Santa Fe fabrica pulpa química de eucalipto. La empresa forestal del grupo es Forestal y Agrícola Monte Águila S.A. Posee unas 45 000 hectáreas de bosques propios, 30 000 hectáreas de los cuales corresponden a plantaciones de eucalipto. La cantidad de madera cosechada anualmente es de 0,5 millones de m³.

4.4 Organización de la cosecha forestal

Por lo general, la cosecha forestal se encarga a *contratistas* privados. El tamaño de estas empresas varía mucho: Comúnmente un contratista tiene de tres a cinco cadenas de cosecha, pero también existen contratistas que poseen una sola cadena, como también grandes empresas con decenas de cadenas de cosecha y maquinarias.

Los contratistas contratan al personal requerido y también son dueños de la maquinaria que emplean. A diferencia con el sistema finlandés, el contratista mismo raras veces trabaja en el bosque. El se dedica a dirigir la empresa, posiblemente de conjunto con sus otras actividades comerciales o con algún trabajo remunerado.

Los viajes a la faena son frecuentemente largos. Las empresas forestales tienen a su disposición varios *campamentos forestales* fijos, en los cuales los trabajadores de la empresa y de los contratistas pueden alojarse en caso que sea necesario. La mayor parte de estos campamentos forestales son de buena calidad. Si se requiere, también se establecen nuevos campamentos forestales. Es bastante común contar con una distribución del trabajo según la cual se trabajan 11 días seguidos, fijándose después un periodo de tres días libres. En los casos de que la faena quede a una distancia menor a los 50 km de su casa, ellos pueden normalmente ir a dormir a sus hogares.

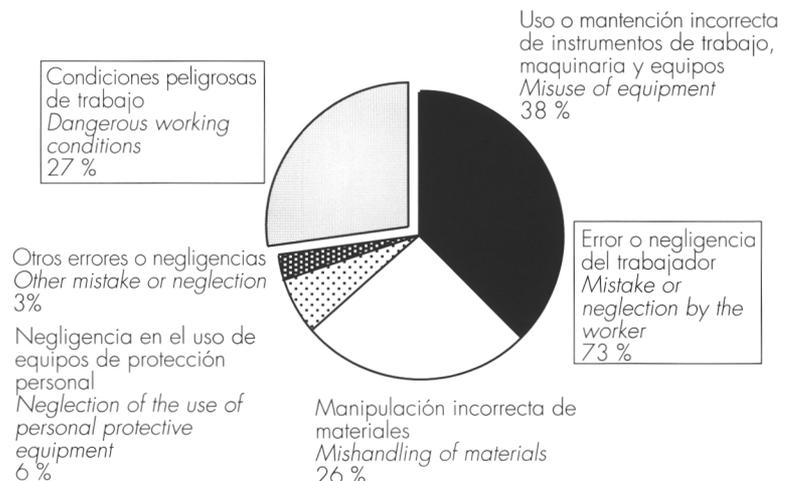
En el Anexo 1 se presentan aspectos relativos a la organización de la cosecha forestal y sobre la economía forestal de Finlandia.

4.5 Seguridad laboral

La cantidad de accidentes en el sector forestal de Chile es preocupante. En la actividad forestal, en las labores de cosecha forestal y en la industria de aserraderos ocurren todos los años unos 16 200 accidentes, como promedio, los que causan incapacidad laboral permanente o temporal, y además ocurren 26 accidentes mortales. Los costos directos o indirectos anuales causados por los accidentes suman unos 21,6 millones

Figura 12. Causas de los accidentes del trabajo en la economía forestal, en la cosecha forestal y en la industria de madera aserrada (Ackerknecht 1994).

Figure 12. Causes for accidents in forestry and sawmilling.



de USD. Las causas de los accidentes se exponen en la figura 12. En uno de cada tres accidentes la causa es el error o negligencia del trabajador (Ackerknecht 1994). Sólo en las labores de cosecha forestal, los 17 500 trabajadores se ven afectados todos los años por 2 850 accidentes del trabajo, o sea 170 accidentes por cada millón m³ de madera cosechada y 17 accidentes por cada cien trabajadores. En las faenas de silvicultura la cantidad de accidentes es de 7 y en las industrias forestales se registra un promedio de 14 accidentes por cada 100 trabajadores. Las cantidades correspondientes de trabajadores son 17 000 y 47000 (Raga 1993), respectivamente. Se puede mencionar que en el año 1992 en Finlandia, donde las cantidades cosechadas son casi tres veces mayor en comparación con Chile, ocurrieron en los trabajos de silvicultura y en la cosecha un total de 986 accidentes. En los últimos años en Finlandia han ocurrido anualmente 6–8 accidentes mortales (Tapola 1994, Aarne 1994).

En Chile el sistema de seguro por accidentes del trabajo es eficiente. Los empleadores pagan de 2,60–3,45 % del sueldo por pago de seguro de accidentes del trabajo. Una empresa estatal de seguros de accidente y tres empresas particulares se hacen cargo de la atención, rehabilitación, pensiones de invalidez de trabajo etc. y ofrecen servicios de consultoría y capacitación. De los pagos recaudados de seguros se destina un 10 %, aproximadamente, a la prevención de accidentes.

Debido a que los trabajadores forestales y los conductores de máquinas están al servicio de contratistas no todas las empresas forestales, después de haber cancelado sus pagos de seguros, tienen responsabilidad ni mayor interés hacia las cuestiones relativas a la seguridad laboral y se las delegan a los contratistas. Estos, por su parte, frecuentemente no tienen posibilidades ni necesariamente deseos de organizar una capacitación amplia. Hasta ahora ha habido fuerza laboral no calificada disponible para sustituir a las víctimas de los accidentes.

Las empresas de seguros de accidente y algunas empresas forestales tienen a su disposición *guías de labores forestales* los que proporcionan capacitación rápida a los trabajadores forestales empleados por los contratistas. Este tipo de capacitación profesional, que comprendería también a los conductores de maquinaria forestal, se debería aumentar notablemente en el país. También habrían buenos argumentos para iniciar una capacitación profesional amplia para los obreros forestales. Impartir capacitación sobre seguridad laboral, métodos de trabajo correctos y mantención correcta de los instrumentos de trabajo es una inversión rentable. La capacitación, además de ofrecer conocimientos, también aumenta la motivación sobre el trabajo y el dinero invertido se recupera rápidamente por la mejor rentabilidad del trabajo y por la reducción de los pagos de seguros. La preocupación por la capacitación del personal mejora la imagen de la empresa lo que también ayuda a mejorar la comercialización del producto final.

4.6 Desarrollo de la cosecha forestal

El trabajo de desarrollo de cosecha forestal se realiza principalmente en las empresas. Ellas también utilizan, en el desarrollo de la técnica de trabajo, empresas privadas de consultoría. La investigación sobre cosecha forestal se ejerce en las universidades, las que están situadas en

Santiago (Universidad de Chile), en Talca (Universidad de Talca), en Concepción (Universidad del Bío-Bío y Universidad de Concepción) y en Valdivia (Universidad Austral).

El fondo de industrialización llamado Fundación Chile, la mitad de cuyo capital social inicial proviene del grupo ITT de Los Estados Unidos y la otra mitad fue otorgada por el Estado de Chile, actúa en diversos sectores de la vida económica. El proyecto más conocido de la Fundación Chile en el sector forestal es CENTEC, que opera con las industrias de muebles. CENTEC ha logrado penetrar en los exigentes mercados estadounidenses a través de una compañía conjunta chileno-estadounidense que opera en este último país. Las pequeñas y medianas empresas chilenas fabrican muebles que se suministran en piezas a Los Estados Unidos donde se arman, se refinan y se hacen llegar a los vendedores concesionarios.

En 1988 se estableció, bajo la dirección de la Fundación Chile, el Grupo de Producción Forestal que agrupa a las mayores empresas de las industrias forestales, a los grandes contratistas y a algunas universidades. Su tarea consiste en desarrollar temas relativos a la producción y cosecha forestal. El grupo de cooperación organiza seminarios, cursos, excursiones, viajes de conocimiento, realiza proyectos de investigación y publica un informativo. Hasta ahora el intercambio informativo entre las empresas ha sido activo y abierto. Doce representantes del Grupo visitaron Finlandia en septiembre de 1994, para conocer aspectos relativos a la economía, cosecha, maquinaria forestal y capacitación profesional de los conductores de maquinaria forestal.

EXPOCORMA es aparentemente la exposición más grande del sector forestal en América Latina. Se organiza cada dos años cerca de Concepción. Entre los expositores del año 1993 habían, además de productores de maquinaria y equipos forestales de la economía e industria forestal mecanizada, muchas comunidades, sociedades y empresas de consultoría, telecomunicaciones y de servicios. Las empresas forestales finlandesas estuvieron presentes principalmente a través de sus representantes en Chile. En el futuro merecería la pena que las empresas consideraran una participación con un perfil nacional un poco más alto. Una posibilidad podría ser el establecimiento de un espacio pequeño de exposición común, con división temática, donde los interesados podrían ser guiados hasta los diferentes importadores. La exposición conlleva una gran variedad de actividades adicionales, tal como seminarios, excursiones y actividades ofrecidas por los expositores.

5. Posibilidades de uso de cosechadoras y tractores forestales autocargables en Chile

5.1 Aspectos generales

El método de corta y trozado en el bosque, basado en el uso de tractores autocargables, ofrece varias ventajas en comparación con la extracción por arrastre (Hakkila y Mery 1992, Hakkila et al. 1992). En el espacio de carga del tractor autocargable los *árboles se mantienen limpios* lo que disminuye los costos de cadena de motosierra y de afilado tanto en la cancha de trozas como en las plantas de elaboración. El *deterioro del terreno y la compactación del suelo se mantienen* a un nivel bajo gracias a la gran cantidad de ruedas anchas y a la distribución uniforme del peso de la maquinaria y a la transmisión equilibrada de fuerza. Además, los daños causados en el terreno y los ocasionados al sistema radical de los árboles que quedan en pie se pueden disminuir aún más concentrando los residuos de corta en la vía de saca del tractor autocargable.

Es considerablemente más fácil evitar los *daños de la cosecha* empleando el método de corta y trozado en el bosque, con el empleo de un tractor autocargable dotado de una pluma de largo alcance, que arrastrando los fustes completos o árboles desramados empleando un tractor arrastrador. En los raleos se causa fácilmente daños al tronco de los árboles en pie al izar cargas largas para el arrastre con un tractor arrastrador, especialmente en las curvas de las vías de arrastre. Estos daños producen defectos de pudrición y de coloración, ocasionando entonces pérdidas económicas considerables. Estas pérdidas son especialmente altas en los bosques de plantaciones bajo un régimen de manejo intensivo, en el cual se dedica mucho tiempo y trabajo a la producción de madera de fuste libre de nudos mediante la práctica de podas y raleos repetidos. El tamaño reducido del fuste y los trayectos bastante largos de transporte que caracteriza a los raleos disminuye la rentabilidad, disminución que es menor si se emplean tractores forestales autocargables que si se usan tractores arrastradores.

Gracias a la magnitud apreciable de las cargas *se mantiene una rentabilidad relativamente buena para trayectos largos de transporte*, por lo que se puede transigir en relación con la *densidad de la red de caminos forestales*. Se disminuye la necesidad de espacio y de *transporte* en las *canchas de almacenamiento*, lo que causa la generación de polvo y la compactación del suelo, cuando la corta y trozado se realiza ya en el bosque y los surtidos de trozas se clasifican directamente en el depósito de almacenamiento en apilados de aproximadamente 3 metros de altura. En realidad, cuando se usan tractores forestales no se necesitan áreas de

almacenamiento propiamente tal sino que la madera industrial puede ser apilada al lado del camino o se puede cargar directamente al camión o al semi-remolque. El tractor autocargable puede apilar el montón en el costado interno del bosque y esto mantiene los caminos en buen estado y despejados para el tráfico. Los apilados grandes en la cancha aceleran la carga de los vehículos madereros de transporte y sirven como depósitos amortiguadores ante los requerimientos de madera, en la eventualidad de posibles averías de maquinarias.

Tanto el trabajo de corta con máquinas de corta como el transporte a corta distancia con el tractor autocargable son *fases independientes del trabajo*, por lo que, por ejemplo, se puede usar el tractor autocargable aunque el trabajo de corta y el transporte de madera con camión fueran temporalmente interrumpidos. Además de los conductores no se requiere otra fuerza de trabajo ni en el bosque ni en el depósito, lo que disminuye considerablemente el riesgo de accidentes en comparación con la saca por arrastre.

Es agradable y seguro trabajar en la cabina de las cosechadoras y de los tractores forestales, equipadas con aire acondicionado, protegidas del polvo y de la lluvia, y donde las vibraciones del trabajo son considerablemente amortiguadas. Los mandos están situados de correcta forma ergonómica y, por ejemplo, el manejo del cargador es fácil gracias al mando eléctrico accionado con antelación. En el diseño de la maquinaria se ha tomado en cuenta las cuestiones ergonómicas también concernientes a los trabajos de mantención y reparación. Gracias a los buenos focos de trabajo se puede trabajar durante las veinticuatro horas del día.

Una máquina de corta que trabaje las veinticuatro horas equivale, por lo menos, a la labor efectuada por veinte operarios de corta. Esto disminuye el riesgo de accidentes y facilita el transporte de personal. Los conductores pueden, en casos que sea necesario, alojarse durante la semana de trabajo en casas rodantes cerca de la faena y en ese caso el estado de los caminos no influye directamente en el trabajo y el tiempo de viaje ahorrado se puede aprovechar en la ejecución del trabajo.

En la corta mecanizada es más fácil orientar la dirección de caída que con el trabajo manual. Como inmediatamente después efectuarse el corte de caída la base del fuste se desplaza hacia la máquina se crea un mayor espacio para la caída del árbol. Por las razones anteriormente mencionadas las *fracturas de árboles son menores, si se compara con el corte manual*, tanto en el caso de los árboles que se derriban como en los que se dejan en pie. El trabajo de corta se complica cada vez más cuando, por ejemplo, hay que tomar en cuenta las complejas exigencias de medición y de calidad de las trozas destinadas a la exportación. Gracias a los rodillos u otros mecanismos de medición que poseen las cosechadoras para medir el largo y el diámetro de los rollos y gracias a la automatización de esta medición resulta *fácil controlar las variadas exigencias simultáneas de medición y calidad*.

Con la corta mecanizada la *calidad del trabajo se mantiene más uniforme y se facilitan el cumplimiento y control de estándares* de la serie ISO 9000 que se adoptarán en uso en las fábricas. El uso de la maquinaria de corta y de los tractores forestales también ofrece *buenas posibilidades para la evaluación cuantitativa y cualitativa de la producción generada por los trabajadores y para la aplicación incentivos individuales de remuneración*.

5.2 Experiencias de uso desarrolladas hasta el presente

En el año 1991 la empresa Forestal y Agrícola Monte Águila S.A. (que se conocía entonces bajo la razón social de Forestal Colcura S.A.), perteneciente actualmente al grupo Santa Fe, inició en cooperación con Ponsse S.A. y su empresa de comercialización de aquel entonces Norcar S.A. y Fundación Chile, el experimento de investigar por primera vez en Chile las posibilidades de uso de una cosechadora y de un tractor autocargable. Desde el principio, la empresa ha tenido a su disposición un conductor/instructor finlandés. A pesar de que la principal área de operaciones se situó en plantaciones de eucalipto donde se efectuaban cortas finales, también se experimentó en plantaciones de pino radiata. Los resultados fueron satisfactorios y en Septiembre de 1993 se adquirió una segunda cosechadora Ponsse Ergo HS15 y un tractor autocargable Ponsse Ergo S15. En el año 1994 se aumentó el surtido de maquinaria de la empresa con dos cadenas de máquinas. Conductores chilenos manejan actualmente todas las máquinas. En los próximos años se van a comprar más cosechadoras y tractores autocargables. Se puede mencionar que el conductor/instructor finlandés anteriormente mencionado ha establecido en Chile una empresa propia y tiene planes de continuar trabajando en Chile como contratista de maquinaria forestal y como consultor sobre uso, mantención de maquinaria forestal y capacitación profesional de conductores. A finales del año 1994 él tenía a su disposición dos cosechadoras y dos tractores autocargables.

El aumento de la *seguridad laboral* fue la causa principal para que el grupo Santa Fe tuviera interés hacia la tecnología de cosecha escandinava. Royal Dutch/Shell, que es la propietaria principal de la empresa, había exigido mejoría en la seguridad laboral de los trabajadores. Según las investigaciones desarrolladas por la empresa Forestal y Agrícola Monte Águila S.A. el nivel de riesgo calculado por cada metro cúbico cosechado es, en el caso de la cosecha mecanizada, sólo un 3 % en comparación con el nivel de riesgo que se corren aplicando los métodos tradicionales de cosecha, basados en el uso de los tractores arrastradores. En esta comparación se han tomado en cuenta la frecuencia de ocurrencia y la gravedad de los accidentes. El proyecto de desarrollo de la cosecha tuvo, entre otros objetivos, el abaratamiento de los costos de cosecha, el aumento significativo de las cantidades cosechadas y la reducción de los impactos contaminantes sobre los ecosistema (Rubinstein 1993).

Durante el periodo de seguimiento, que duró desde febrero de 1992 hasta mayo de 1993, la cadena de cosecha obtuvo un nivel de producción mensual promedio de 6 372 m³, lo que corresponde a una cantidad anual de corta del nivel de 76 500 metros cúbicos. Se trabajó un promedio de 270 horas mensuales (3240 h/a) con la máquina de corta, siendo la productividad promedio de 24,1 m³/h. El tiempo de uso del tractor autocargable fue de 323 horas mensuales (3876 h/a) y la productividad fue de 19,8 m³/h. La productividad del tractor autocargable se redujo en forma aproximadamente lineal al extenderse el trayecto de transporte: la productividad para un trayecto de 100 metros fue tres veces mayor en comparación con un trayecto de 600 metros. También influyó la inclina-

ción de la pendiente en la productividad del tractor autocargable. Siendo la pendiente de un 30 %, la productividad bajó aproximadamente en un 15 % en comparación con un terreno llano. Los costos de cosecha arrojados por esta investigación de seguimiento se distribuyeron según lo expuesto en la Figura 13. Los costos de capacitación se redujeron rápidamente durante el periodo de seguimiento. En total se logró un ahorro que sobrepasa al 20 % de los costos de cosecha, si se compara con los métodos dominantes de trabajo manual basados en el uso de tractor arrastrador (Rubinstein 1994).

La colaboración entre los productores finlandeses de maquinaria y los usuarios chilenos ha sido estrecha y fructífera. Las proposiciones de mejoramiento han sido tomadas en cuenta en la fabricación de todas las nuevas máquinas o en la fabricación de accesorios específicos para el país. Por ejemplo, las altas temperaturas del verano y el abundante polvo fino proveniente de los caminos forestales muy transitados producen problemas específicos que se han tomado en cuenta en el desarrollo, entre otros, de los filtros de aire de la maquinaria, en los equipos de aire acondicionado, en las viseras y en los sistemas de refrigeración del motor, del aceite hidráulico y hasta de los equipos eléctricos. Durante el período de lluvias se pueden necesitar, por su parte, parabrisas adicionales a los normales.

SEFORE, que es la filial de Mininco y de otras tres empresas que hacen trabajo de contratista al consorcio CMPC, adquirió a fines del año 1992 un total de seis cosechadoras, cuatro tractores autocargables y dos tractores de pinza de banca elevada. De las máquinas que SEFORE emplea en las cortas finales, trabaja una Timberjack 2618 de oruga y dotada de un cabezal de corta neozelandés Waratah 230HTH (Figura 14). Los fustes procesados con esta máquina se llevan a orilla de camino con el tractor de pinza de banca elevada Timberjack 933C. Las cadenas de maquinaria utilizadas en los raleo se conforman por dos cosechadoras Timberjack 608/762B con orugas y de dos tractores autocargables Timberjack 1010. La máquinas básicas son canadienses, pero el cabezal de corta usado en los raleos es fabricado en Suecia y la maquinaria de transporte a corta distancia proviene de Finlandia.

Figura 13.
Distribución de los
costos de la cadena
de cosecha
mecanizada en la que
se efectuó la
investigación de
seguimiento.
*Figure 13. Distribution
of costs in mechanised
harvesting.*

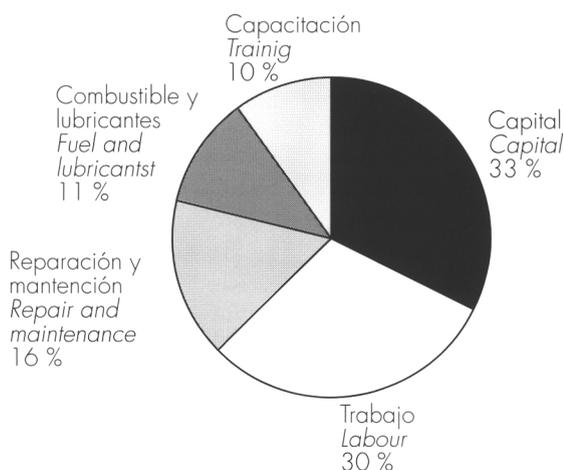




Figura 14. Cosechadora Timberjack 2618 con orugas dotado de un cabezal de corta Waratah 230HTH.

Figure 14. Timberjack 2618 harvester with Waratah 230 HTH head.

También los contratistas más grandes del consorcio CMPC poseen cadenas de maquinaria de corta. Biggeman y Cia tiene a su disposición una cadena de corta final en la cual el transporte a corta distancia se realiza, a diferencia de la anterior, con un tractor autocargable Timberjack 933F (Figura 15). Una cadena de corta para el raleo, similar a la que se expuso en el capítulo anterior, la posee tanto SOTRAFOR como SERFOCOL. El contratista Juan Cerda posee, por su parte, una retroexcavadora PC200 dotada de un cabezal de corta de Waratah 230HTH y los fustes procesados con esta se transportan con un tractor arrastrador. Mininco tiene planes para aumentar la proporción de la corta mecanizada en un 40 % en el futuro cercano. Esto requiere la adquisición mínima de 8–10 nuevas cadenas de cosecha. Una cantidad igual de madera sería cosechada con tractores arrastradores y el resto con cables aéreos.

En la organización de SEFORE la cadena de cosecha está conformada por una cosechadora y un tractor autocargable que proporcionan trabajo a un total de 8,5 personas en una jornada organizada en dos turnos: un capataz, 5 conductores, 1,5 mecánicos de maquinaria y un obrero forestal. Los costos totales de sueldos son de 7 340 USD mensuales y además los costos de alimentación, alojamiento, transporte y administración suman un total de 5 030 USD mensuales. Los costos de uso por hora de la maquinaria se exponen en el cuadro 1 y los costos por unidad cosechada se exhiben en el cuadro 2. En los cálculos se estima una edad de uso de la maquinaria de 15 000 horas, el valor residual es de 35 %, el tiempo de uso es de 3000 h/a y la tasa de interés es de 8 %.

Se efectuó un seguimiento de la productividad de las cadenas de maquinaria de corta pertenecientes a los contratistas que trabajan para el



Figura 15. Tractor autocargable Timberjack 933F. *Figure 15. Timberjack 933F forwarder.*

consorcio CMPC, entre Julio y Septiembre de 1993 (Hermosilla 1993). En los raleos, la productividad promedio de cuatro cosechadoras Timberjack 608/762B fue de 13 m³/h. El tiempo de uso correspondió a 3244 horas de uso anual, en cuyo caso la producción anual de la cadena de corta equivale, aproximadamente, a 42 000 m³. La productividad promedio de cinco tractores autocargables Timberjack 1010 en los raleos fue de 11,4 m³/h. Por ende, el tiempo de uso anual del tractor autocargable es de 3 675 h en base a la capacidad del rendimiento anual de la cosechadora. Se emplearon las mismas máquinas en una faena de corta final en una plantación de pino radiata sin raleo, cuyo volumen total fue menor a 8000 m³. En este caso la producción por hora de la cosechadora fue de 24,9 m³ y la del tractor autocargable fue de 22,2 m³.

Durante el período de seguimiento de tres meses la productividad promedio en una corta final de dos cosechadoras con chasis Timberjack 2618 y una máquina de corta PC200 montada sobre chasis de retroexcavadora y dotado de un cabezal de corta Waratah 230HTH fue de 21,7 m³/h. El uso de las máquinas correspondió a un uso anual de 2675 horas y a una cantidad de corta anual de 58 000 m³, aproximadamente. Se emplearon tres tipos diferentes de alternativas para el transporte a corta distancia. La productividad del tractor autocargable fue de 22,4 m³/h, la productividad del tractor arrastrador de banca elevada fue de 21,6 m³/h, y la productividad del tractor arrastrador fue de 19,4 m³/h. No pueden compararse las informaciones sobre la productividad de la maquinaria de transporte a corta distancia, puesto que no se proporcionaron las cifras de las distancias de transporte y los demás datos referentes a las condiciones de cosecha.

Según las experiencias del consorcio CMPC, el aprendizaje de uso de la maquinaria ha resultado más fácil de lo esperado. La maquinaria se ha podido usar en pendientes más inclinadas si se compara con los tractores arrastradores y el trabajo en áreas con vegetación arbustiva ha sido más fácil que con los métodos anteriormente usados. Se producen menos daños al suelo que antes. La cosecha mecanizada ha disminuido la necesidad de transporte del personal y facilitado los servicios de alimentación. Los costos de cosecha se han mantenido en el mismo nivel en comparación con los métodos usados anteriormente. La productividad del trabajo y el número de accidentes del trabajo correspondientes a diferentes métodos se han expresado en el cuadro 3. En el caso del método semi-mecanizado los árboles se voltean de forma mecanizada, se desraman manualmente en el bosque, se transportan hasta la cancha de carga con la ayuda de un tractor arrastrador dotado de pinzas hidráulicas, se trozan manualmente y se arruman con el tractor apilador.

Cuadro 1. Costos de uso por hora de cosechadoras y tractores autocargables excluyendo el salario de los operadores (Hermosilla 1993)

Table 1. Machine costs for harvesters and forwarders excluding salaries of operators

Precio <i>Price, 1000 USD</i>	Raleo <i>Thinning</i>		Corta final <i>Final felling</i>	
	Máquina de corta <i>Harvester</i>	Tractor autocargable <i>Forwarder</i>	Máquina de corta <i>Harvester</i>	Tractor autocargable <i>Forwarder</i>
	265	205	345	315
	Costos de operación por hora		<i>Machine costs, USD/h</i>	
Capital <i>Capital</i>	17	13	22	20
Combustibles y lubricantes <i>Fuel and lubricants</i>	6	4	9	6
Reparación y mantención <i>Repair and maintenance</i>	10	8	12	10
Total	33	25	43	36

Cuadro 2. Costos por unidad de cosecha (corta y transporte dentro del bosque) (Hermosilla 1993)

Table 2. Unit costs in harvesting (including forwarding)

Método de corta <i>Type of operation</i>	Raleo <i>Thinning</i>				Corta final <i>Final felling</i>		
	0,15	0,20	0,25	0,30	0,6	0,8	1,0
Tamaño del árbol, m ³ <i>Tree size, m³</i>							
Productividad de la cadena de cosecha, m ³ /h <i>Productivity, m³/h</i>	14	16	18	20	26	28	30
Costos unitarios, USD/m ³ <i>Unit costs, USD/m³</i>	9,5	8,3	7,4	6,6	6,2	5,6	5,2

Cuadro 3. Rentabilidad del trabajo y accidentes del trabajo con diferentes métodos de cosecha (Hermosilla 1993)

Table 3. Productivity and accidents in different harvesting systems

	Arrastre con buey <i>Oxen skidding</i>	Saca por arrastre <i>Skidding</i>	Arrastre semi- mecanizado <i>Semi- mechanised</i>	Arrastre mecanizado <i>Mechanised</i>
Rendimiento, m ³ /mes <i>Productivity, m³/month</i>	1000	2000	10000	8000
Inversiones, 1000 USD <i>Investment, 1000 USD</i>	30	130	410	670
Cantidad de trabajadores <i>Number of workers</i>	12	12	20	9
Salario promedio, USD/mes <i>Mean salary, USD/month</i>	190	325	375	500
Productividad, m ³ /día/hombre <i>Productivity, m³/man-day</i>	3,1	5,7	16,7	29,6
Frecuencia de accidentes, 100* la cantidad de accidentes/ cantidad de trabajadores <i>No. of accidents per 100 workers</i>	18,5	11,6	10,8	6,5
Frecuencia de accidentes, cantidad de días de trabajo perdidos / 1 millón de m ³ de madera cosechada <i>Days lost per 1 mill. m³ harvested</i>	2590	818	256	87

6. Trabajo de investigación sobre la cosechadora y el tractor forestal autocargable

6.1 Material de investigación

El material de investigación fue recopilado entre el 11 y 18 de noviembre de 1994 en el predio Rucamanqui de la empresa Forestal y Agrícola Monte Águila, situada aproximadamente a 130 kilómetros al sur este de Concepción. Se cortó una plantación de pino radiata, sin raleos, de 23 años de edad, para establecer en dicha área una plantación de eucalipto. La extensión de la faena fue de 46 hectáreas. La inclinación de la pendiente en la parte inferior del área de corta fue de un 20 % y en la parte superior fue de un 35 %. El suelo era de arcilla volcánica. Durante el período de la investigación hubieron algunos aguaceros fuera del horario de trabajo, pero la lluvia fue poca y no estorbó el trabajo. Por lo general, en Chile se expresan las cantidades de madera sin corteza, pero en Finlandia se consideran con corteza. La densidad de árboles en el área de investigación fue de 950 árboles/ha y la merma por aprovechamiento con corteza fue de 483 m³/ha. Por lo tanto el tamaño promedio del fuste fue de 0,51 m³, con corteza. Como el rodal no había sido raleado, las existencias no eran homogéneas. El diámetro a la altura del pecho de los árboles vivos variaba entre 5 y 53 centímetros. La distribución por clase de DAP de los árboles cultivados para diversos surtidos de madera ha

Figura 16. Distribución por clase de diámetro a la altura del pecho de los árboles cultivados para variados surtidos de madera.
Figure 16. DBH class distribution of trees harvested.

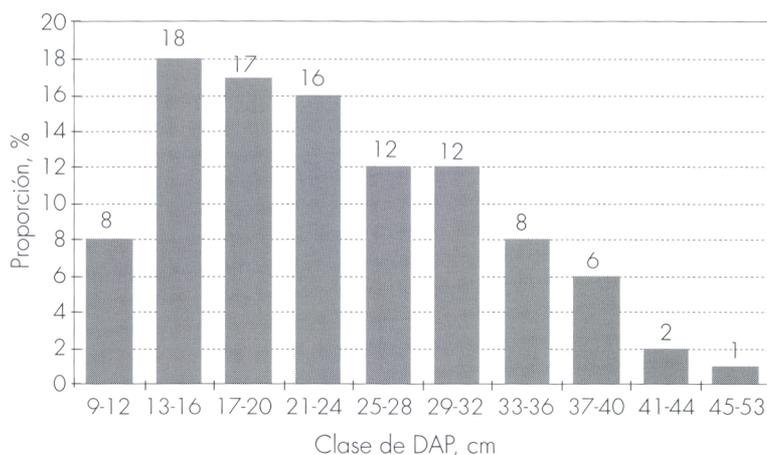




Figura 17. Cosechadora Ponsse HS15 operando en el área de investigación.
Figure 17. Ponsse HS15 harvester.

sido expresada en la Figura 16. Además, en el rodal habían muchos árboles muertos. La maquinaria usada fue una cosechadora Ponsse Ergo HS15 y dos tractores autocargables forestales Ponsse Ergo S15 (Figuras 17 y 18).

Como conductor de la máquina de corta trabajó un técnico chileno de mantenimiento quien había adquirido, primero, una experiencia de un año con el tractor autocargable forestal de Ponsse y después, una experiencia de un año de trabajo con la cosechadora. Los conductores del tractor autocargable forestal fueron técnicos hidráulicos chilenos de 27–28 años de edad. Ellos tenían una experiencia de trabajo de 7 y 1,5 meses con los tractores forestales.

El material de investigación para la cosechadora se conformó de 857 árboles. Para determinar la curva de altura de los árboles se midieron el diámetro y la altura de 23 árboles. De cada diez árboles que se iban a cortar se midió aproximadamente en uno, de antemano, el diámetro a la altura del pecho y la información fue marcada en el canto del árbol con una pintura de spray. El diámetro de los demás arboles se estimó en conexión con la investigación de tiempo en clases de 2 cm, utilizando como apoyo de estimación los árboles medidos anticipadamente. Durante las pausas del trabajo se realizaron mediciones adicionales y de revisión, cuando se estimó necesario. El volumen total de los árboles que conformaron el material de investigación fue de 434 m³, con corteza.

En el estudio de tiempo de la cosechadora, el tiempo efectivo fue distribuido en elementos por árboles y por puntos de trabajo. Los datos por árbol fueron el diámetro, el tiempo de operación, clase de dificultad y los factores que retrasaron la manipulación de la madera. También se



Figura 18. Tractor autocargable forestal Ponsse S15 operando en el área de investigación. La inclinación de la pendiente fue de un 35 %.

Figure 18. Ponsse S15 forwarder. Slope 35 %.

anotaron en el formulario los casos en que se quebraron los árboles al voltearlos. En conexión con la operación de árboles grandes se debió desplazar la máquina a menudo y ordenar los rollos. Estos tiempos referidos a un árbol específico se incluyeron en el tiempo de manejo por árbol. En una parte de los árboles se registraron los tiempos por fase de trabajo con más detalle: separando el desplazamiento de la máquina de corta al pie del árbol, corte de caída, desplazamiento del árbol hasta la posición adecuada para el desrame y el desrame y el trozado. Las informaciones registradas por lugar de trabajo fueron el tiempo y la trayectoria de desplazamiento, la inclinación de la pendiente, y el tiempo ocupado para la limpia del sotobosque y para la manipulación de las ramas y el apilado de los rollizos. Las interrupciones fueron anotadas separadamente.

En el cálculo de los volúmenes de los árboles estudiados se definió primero la curva de altura en base al material de árboles que constituyeron el experimento. La curva obtenida fue la siguiente:

$$(1) \quad h = 8,4755 * \ln(d)$$

El volumen de la parte aprovechable del tronco se calculó mediante el formulario 2 (Prueba y Corrección... 1979). La proporción de corteza se estimó en un 15 % del volumen total.

$$(2) \quad v = 0,001881 + 0,000000349531 * d^2 * h * f$$

v = volumen de la parte aprovechable sin corteza, m^3
 d = diámetro a la altura del pecho, cm
 h = altura, m
 f = coeficiente de forma de Girard (Clase de Forma Girard), obtenido de la una tabla separada (Prueba y Corrección... 1979)

El material de la investigación de tiempo para el tractor forestal autocargable fue recopilado por carga. En la investigación se incluyeron dos máquinas que fueron manejadas por dos conductores diferentes. El material de investigación se expone en el Cuadro 4. No obstante, no fue posible recopilar todas las informaciones correspondientes a dos cargas de trozas aserrables y a seis cargas de madera para pulpa. Estas cargas se han incluido, cuando ha sido oportuno, en los cálculos por fase de trabajo, pero no se han incluido en los estudios relativos a la distribución del tiempo de producción ni en los estudios sobre la productividad. La determinación del volumen de la carga se basó en el cálculo del número de los rollos.

El volumen promedio de los rollos se determinó separadamente. En las trozas aserrables y en las trozas pulpables se calculó la longitud promedio y con la ayuda de los diámetros medidos en la mitad de los rollos se determinó el área del corte transversal medio. El volumen promedio del rollo se calculó como resultado de la multiplicación de la longitud promedio por el área del corte transversal medio, según surtidos de madera. El extremo del diámetro mínimo de los rollos de madera para pulpa fue de 8 cm y de trozas aserrables fue de 15 cm .

Cuadro 4. Material de la investigación del tractor autocargable forestal
 Table 4. Study material – forwarder

Variable		Surtido de madera Assortment		
		Madera pulpable <i>Pulpwood</i>	Trozas aserrables <i>Sawlogs</i>	Total <i>Total</i>
Cantidad de madera, m^3 (con corteza) <i>Volume, m^3</i> <i>(with bark)</i>	Conductor 1 <i>Operator 1</i>	316	79	395
	Conductor 2 <i>Operator 2</i>	210	23	233
	Total	526	102	628
Cantidades de carga <i>No. of loads</i>	Conductor 1 <i>Operator 1</i>	36	9	45
	Conductor 2 <i>Operator 2</i>	24	2	26
	Total	60	11	71

6.2 Resultados

6.2.1 Corta

6.2.1.1 Distribución del tiempo de producción

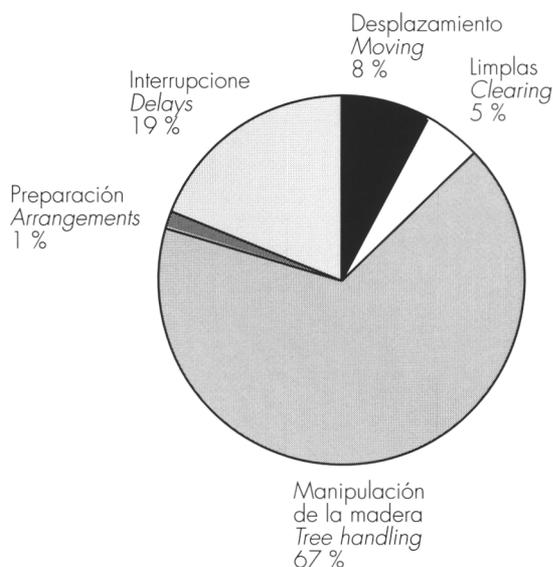
Tal como se ha expresado en el Anexo 2, en el trabajo del estudio el tiempo de producción este se distribuyó en tiempo efectivo y en interrupciones de menos de 15 minutos. La distribución del tiempo de producción de la máquina de corta en la faena de la investigación se expone en la Figura 19.

6.2.1.2 Desplazamiento

Bajo el término desplazamiento se desea hacer referencia al movimiento de la máquina de corta desde un lugar de trabajo a otro. La fase de trabajo se inicia en el momento en que se mueve la máquina y termina en el momento en que se inicie la acción del cabezal de corta sobre el tronco del árbol para voltearlo. La fase de trabajo también incluye, por lo tanto, planificación del trabajo, diagnóstico preliminar del punto de trozado y en el caso de los raleos, la selección de los árboles que serán extraídos.

En el ensayo, la máquina se desplazó primeramente hacia la cumbre de la colina y prosiguió el desplazamientos hacia los puntos de trabajo pendiente abajo. Esta forma de trabajo difiere de la técnica usual de trabajo en sitios inclinados. Según la experiencia de trabajo en terrenos con pendientes, adquirida por los finlandeses y los escoceses, se concluye que vale la pena trabajar desplazándose desde abajo hacia el nivel más alto, porque entonces se mejora la estabilidad de la máquina. El ancho de la faja de corta fue de 11 m , como promedio. En el Cuadro 5 se ha expresado la distribución del número de desplazamientos por categorías de alturas y los trayectos y velocidades de desplazamiento promedios

Figura 19. Distribución del tiempo de producción de la máquina de corta.
Figure 19. Distribution of production time.



respectivos. La proporción del desplazamiento en relación con el tiempo de producción fue de 8 %. Cuando en las condiciones finlandesas la velocidad promedio de los desplazamiento en las cortas de regeneración es de 20 m/min y la inclinación de la pendiente, considerada con la ayuda de la clasificación finlandesa, es de 13 m/min (Kuitto et al. 1994), se puede constatar que la velocidad de desplazamiento en el sitio de investigación no difirió decisivamente de la velocidad promedio de desplazamiento registrada en las faenas finlandesas.

El tiempo de desplazamiento promedio por fuste fue de 10 cmin. Esto fue claramente mayor que en la investigación finlandesa, en que el tiempo de desplazamiento calculado por fuste se determinó en la categoría de frecuencia correspondiente a 5 cmin. El declive de la pendiente y la mayor proporción de árboles grandes entre los árboles para extraer, aumentaron la necesidad de desplazamiento de trayectos cortos en comparación con las condiciones de cosecha finlandesa.

Cuadro 5. Distribución del número de desplazamientos de la máquina de corta por categorías de longitudes y los trayectos y velocidades de desplazamiento promedio correspondientes

Table 5. Harvester moves

Categoría del trayecto de desplazamiento	Proporción de los desplazamientos	Trayecto promedio de desplazamiento	Velocidad promedio de desplazamiento	
<i>Distance</i>	<i>Proportion of moves</i>	<i>Average distance</i>	<i>Average speed</i>	
	%	m	Km/h	m/min
1-3 m	86	2,0	0,9	14,6
4-6 m	8	4,8	0,9	15,2
7-10 m	2	9,0	1,4	23,7
11-20 m	2	14,6	1,7	27,8
21+m	2	63,3	2,0	33,4
Todos <i>Total</i>	100	4,2	0,9	15,6

6.2.1.3 Manipulación de la madera

La manipulación de la madera utilizó el 67 % del tiempo de producción de la máquina. El tiempo de manipulación de la madera varió por categorías de diámetro según lo expresado en la Figura 20. Los valores promedios de clase y los intervalos de confiabilidad de 60 % determinados con la ayuda de variaciones promedio por clases, por su parte, se han expresado en la Figura 21. Tal como se puede observar en las Figuras, también hubieron algunos árboles de manipulación lenta en las categorías de diámetro pequeños, lo que aumentó la variación promedio a un valor bastante alto. Usando como base de comparación el volumen de los troncos, que se correlacionan con los tiempos de manipulación de esta

Figura 20. Variación del tiempo de manipulación de madera por categoría de diámetro.

Figure 20. Variation of processing time by diameter class.

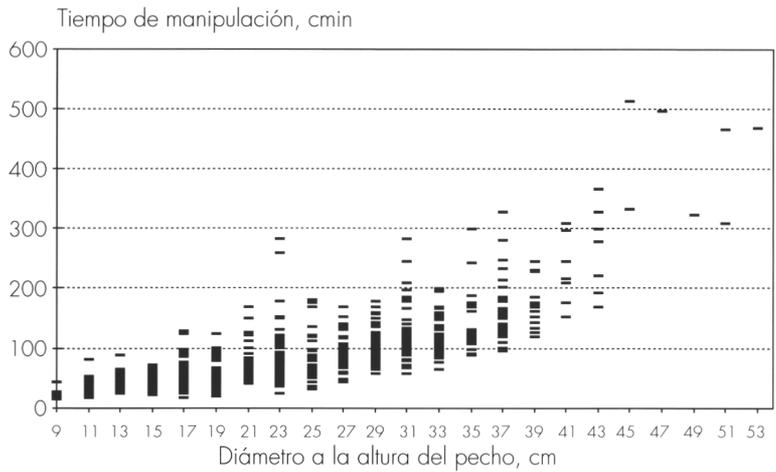
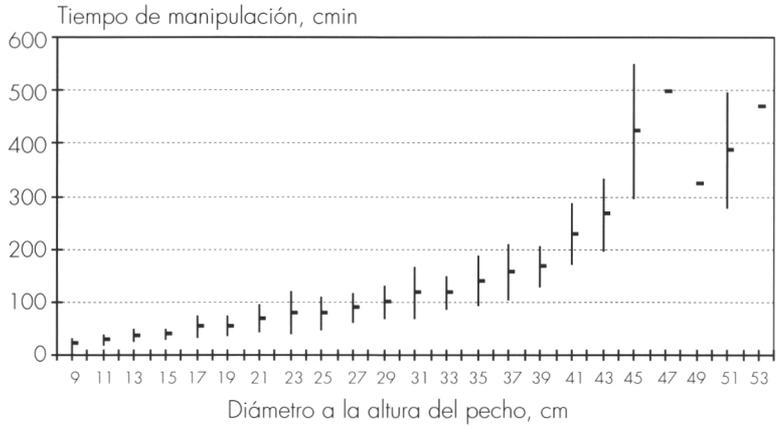


Figura 21. Valores promedio por clases de diámetro de los tiempos de manipulación de madera e intervalos de confianza de un 60 %.

Figure 21. Mean processing time and 60 % confidence range by diameter class.



Cuadro 6. Factores que influyen en el retardo de la manipulación de la madera

Table 6. Factors reducing processing speed.

Factor	N	Proporción de los fustes, %
Factor		Proportion of stems, %
Horquillado <i>Fork</i>	63	7,4
Torcedura <i>Bend</i>	19	2,2
Ramas <i>Branches</i>	7	0,8
Rugosidad <i>Tree size</i>	5	0,6
Densidad <i>Density</i>	2	0,2
Viento <i>Wind</i>	1	0,1
Caídas <i>Drop</i>	8	0,9
Total	105	12,2

investigación, los tiempos de manipulación de madera según el volumen del tronco tal como se expresa en la investigación finlandesa, fue de 0,05...0,50 m³ (Kuitto et al. 1994). Como en total sólo hubieron 7 árboles de diámetro de 45–53 cm, no se obtuvo una noción fidedigna sobre los tiempos de manipulación de los árboles grandes. Los árboles correspondiente a esta categoría de volumen – de un volumen mayor a 2 m³ y cuya masa total, incluyendo las ramas, es aproximadamente de 3 t – están claramente en el límite superior de la capacidad de la máquina.

Del total de 857 árboles estudiados en la investigación, la manipulación de 105 árboles fue claramente más lenta que el promedio. Tal como lo demuestra el Cuadro 6, la mayor parte de las causas concernientes al retardo tienen relación con las características del fuste.

El pino radiata se horquilla fácilmente y también las torceduras son comunes. Las ramas individuales de más de diez centímetros y varias ramas de 8–10 cm de diámetro situadas en el mismo nudo de verticilos retardaron claramente el desrame. Los defectos de funcionamiento del dispositivo para medir la longitud y por otra parte los descuidos humanos causaron algunas caídas intencionadas o involuntarias de los fustes.

6.2.1.4 Limpieza y preparación

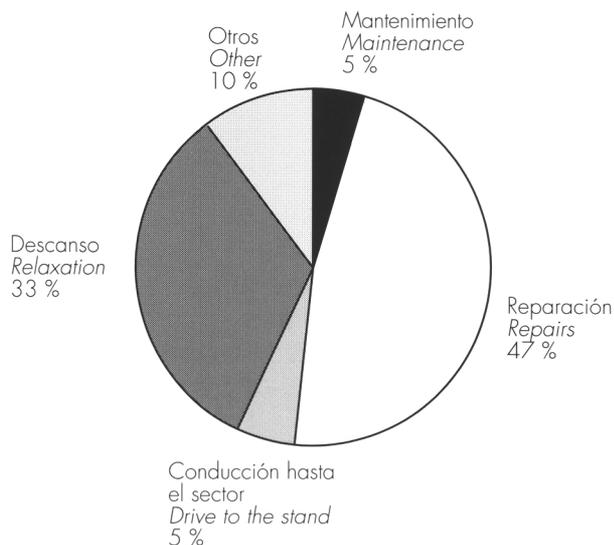
Para la limpia de árboles de tamaño inferior al requerido y del sotobosque se utilizó un 5 por ciento del tiempo productivo de la máquina de corta. El gasto de tiempo de limpia estimado por árbol fue de 6 cmin/árbol.

En el desplazamiento de los residuos de corta y de los rollos que no habían sido apuntados como árboles individuales, se ocupó 1 cmin/árbol de tiempo, aproximadamente. La proporción de esta fase de trabajo del tiempo productivo de la máquina fue de un 1 %.

6.2.1.5 Interrupciones

La proporción de las interrupciones de menos de 15 minutos fue de un 19 % del tiempo productivo. La pérdida por tiempo de interrupciones por

Figura 22. Distribución de interrupciones de menos de 15 minutos.
Figure 22. Distribution of less than 15 min delays.



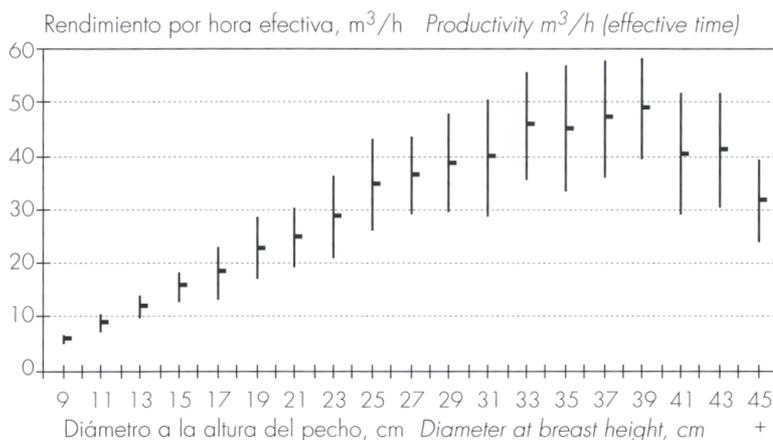
cada árbol fue 23 cmin. La distribución de las interrupciones ha sido expuesta en la figura 22. La mantención consistió en la reparación de los cuchillos de desrame y la mayor parte de las reparaciones fueron ocasionadas por cambios de la cadena y de la espada de la sierra. Las demás interrupciones fueron causadas principalmente por las llamadas por teléfono celular.

En Finlandia la proporción de las interrupciones cortas del tiempo de producción es de un 17 % (Kuitto et al. 1994). En el cuadro 7 se ha presentado una comparación sobre las causas de las interrupciones en Chile y en Finlandia. Aparentemente en Finlandia se realizan más trabajos cortos de mantenimiento que se incluyen en el tiempo de producción pero claramente se efectúan menos reparaciones que en Chile. La revisión de la calibración del dispositivo de medición causa en Finlandia una gran cantidad de otras interrupciones (Kuitto et al. 1994).

Cuadro 7. Proporción de las interrupciones del tiempo de producción
Table 7. Proportion of delays of production time

Interrupción Delay	Proporción del tiempo de producción, % Proportion of production time, %	
	Chile	Finlandia Finland
Mantenimiento Maintenance	1	3
Reparación Repairs	9	2
Conducción hasta el sector Drive to the stand	1	1
Descanso Relaxation	6	5
Otro Other	2	5
Total	19	17

Figura 23. Productividad de la máquina de corta.
Figure 23. Productivity of harvester.



6.2.1.6 Productividad

El tamaño promedio del fuste en la faena de investigación fue de $0,50 \text{ m}^3$, incluyendo la corteza, y la productividad promedio del trabajo fue de $24,6 \text{ m}^3$, con corteza, durante una hora de producción. Se puede mencionar que en las cortas finales del Sur de Finlandia el tamaño promedio de los fustes, con corteza, es de $0,37 \text{ m}^3$ y el rendimiento promedio de la producción por hora es de $17,2 \text{ m}^3/\text{h}$ (Kuitto et al. 1994).

El rendimiento de la máquina en la faena de ensayo fue de $30,3 \text{ m}^3/\text{h}$ por hora efectiva, es decir sin interrupciones. Tal como se puede observar en la figura 23, la productividad de la máquina empieza a disminuir cuando el diámetro a la altura del pecho excede los 40 cm. Sólo hubieron siete casos de troncos grandes, entre 45–53 cm de diámetro, pero según estos la productividad parece bajar en esta clase de DAP a un nivel de 32 m^3 en una hora efectiva.

6.2.1.7 Calidad del trabajo

La calidad del trabajo de la máquina de corta fue evaluada ocularmente. No se dejaron tocones altos en el bosque, pero la cantidad de madera del ápice perdida fue relativamente grande a causa de los estándares utilizados considerando el tipo de surtido de madera a producir. Un 4 por ciento del ápice de los troncos se quebraron durante la corta, lo que aumentó la cantidad de residuos de corta. La clasificación del surtido de madera y la forma de las pilas dejaron que desear: a menudo se encontraban mezcladas las trozas aserrables y la madera para pulpa, los rollos se encontraban entrecruzados en las pilas y raras veces las puntas de los rollos se encontraban dispuestas parejamente (Figura 24).

Figura 24. Huella del trabajo de la máquina de corta en la faena del experimento.
Figure 24. Presentation of logs after mechanised cutting.



Las longitudes de los rollos también difirieron claramente de la longitud objetivo de 2,44 m. En relación con la madera para pulpa se lograron las medidas con exactitudes de ± 5 cm y ± 10 cm sólo en el 59 por ciento y en el 72 por ciento de los rollos, respectivamente. Según las recomendaciones vigentes en Finlandia, en el 70 por ciento de los rollos pulparables la exactitud de medición debería ser de ± 1 % y de todos los rollos debería ser de ± 3 %. En la faena del experimento habían rollos que cumplían con estas exigencias de medición solamente en un 36 % y 92 % respectivamente. Respecto a las trozas aserrables las exactitud de medición de ± 5 cm y de ± 10 cm se lograron sólo en un 70 por ciento y en un 86 por ciento de los rollos, respectivamente. En Finlandia según la recomendación concerniente a las trozas, un 90 por ciento de ellas debe tener una exactitud de medición ± 5 cm.

En relación con la corta mecanizada, no se produjeron daños al suelo.

6.2.2 Transporte a corta distancia

6.2.2.1 Distribución del tiempo de producción

En un trayecto promedio de manejo de 135 m, la mitad del tiempo de producción del tractor forestal autocargable se empleó para la carga y una quinta parte para la descarga (Figura 25).

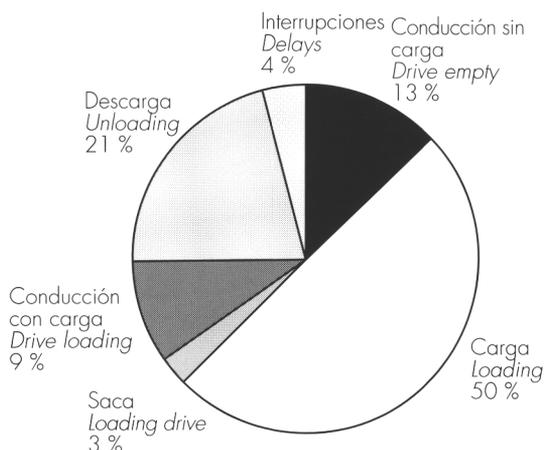
6.2.2.2 Conducción sin carga

La conducción sin carga empleó el 13 % del tiempo de producción. El tractor se desplazó desde el cargadero a la parte superior de la ladera, donde se inició el trabajo de carga. El trayecto de conducción promedio sin carga fue de 140 m. La pérdida de tiempo de la fase de trabajo puede ser expresada en fórmula 3 ($R^2=0,74$, $SEE=0,52$):

$$T_e = 0,57 + 0,020 * l_e \quad (3)$$

en que T_e = tiempo conducción sin carga, min/carga
 l_e = trayecto conducido, m

Figura 25. Distribución del tiempo de producción del tractor forestal autocargable.
 Figure 25. Distribution of productive time in forwarding.



La *velocidad promedio de conducción* fue de 37 m/min. No se percibieron diferencias en la velocidad de conducción causadas por la inclinación de la pendiente al conducir sin carga hacia la parte superior de la ladera, considerando que la pendiente fue del 20 % y del 35 %. En una investigación finlandesa (Kuitto et al. 1994) la velocidad de conducción sin carga, en verano, después de una corta mecanizada en terreno plano, fue de 57 m/min y en un repecho menor a un 15 % fue de 40 m/min. En la investigación finlandesa hubieron escasas observaciones relativas a pendientes más empinadas.

6.2.2.3 Carga

La mitad del tiempo de producción del tractor autocargable se ocupó en la faena de carga. En el Cuadro 8 se ha expresado la pérdida de tiempo por surtido de madera producido y por conductores y otros parámetros que describen la carga. El cilindro de la pinza del otro tractor se había roto y durante la espera del repuesto, el tractor tuvo un cilindro demasiado corto que limitaba la apertura de la pinza y de esta forma también el tamaño de la carga que esta podía admitir. Esto también se manifestó en la pérdida de tiempo por carga y descarga (el conductor 2 conducía el tractor averiado). La carga se realizó claramente de manera más lenta que en Finlandia, donde en las cortas finales ejecutadas en verano el tiempo de carga es de 0,73 min/m³ por troza aserrable, aproximadamente, y en el caso de madera para pulpa es de 1,10 min/m³, aproximadamente (Kuitto et al. 1994). La explicación de tal diferencia podría residir en la inexperiencia de los conductores chilenos, la calidad del trabajo de corta, la longitud del rollo y la inclinación de la pendiente.

Cuadro 8. Pérdida de tiempo por faena de carga y tamaño de la carga contenida en la pinza

Table 8. Time consumption in loading and the size of grapple load

Variable		Tipo de surtido de madera		Assortment Promedio Average
		Madera para pulpa Pulpwood	Trozas aserrables Sawlogs	
Pérdida de tiempo, min/m ³ Time consumption, min/m ³	Conductor 1 Operator 1	1,89	1,70	1,85
	Conductor 2 Operator 2	1,98	2,05	1,99
	Como promedio Average	1,92	1,78	1,90
Pérdida de tiempo, min/carga/pinza Time consumption, min/grapple load	Conductor 1 Operator 1	0,66	0,62	0,65
	Conductor 2 Operator 2	0,55	0,59	0,56
	Como promedio Average	0,61	0,61	0,61
Tamaño de la carga contenida en la pinza Size of grapple load m ³ /grapple load	Conductor 1 Operator 1	0,35	0,36	0,35
	Conductor 2 Operator 2	0,28	0,29	0,28
	Como promedio Average	0,32	0,34	0,32

6.2.2.4 Saca

Como los tractores sólo fueron conducidos por cada segunda huella de saca o rodada hecha por la máquina de corta, influyó fuertemente la frecuencia del tipo de surtido de madera: en el caso de madera para pulpa fue de 78 m³ por cada cien metros de rodada de conducción y en el caso de las trozas aserrables fue de 14 m³/100 m. Por lo tanto, la necesidad de saca se mantuvo baja. Los desplazamientos que se requirieron fueron 6,5 en el caso de una carga de trozas aserrables y de 2,6 para una carga de madera para pulpa. La proporción de esta fase del trabajo correspondió sólo a un 3 % del tiempo de producción del tractor forestal autocargable. La velocidad de conducción en la saca fue de 29 m/min, como promedio, lo que corresponde al nivel promedio de Finlandia en un terreno fácil (Kuitto et al. 1994). En la faena del experimento la dirección de la saca fue casi siempre pendiente abajo. El tamaño promedio de las cargas de madera para pulpa fue de 7,9 m³ y en el caso de las cargas de madera de trozas aserrables fue de 8,1 m³.

6.2.2.5 Conducción con carga

La proporción de la conducción con carga en el tiempo de producción fue de un 9 %, siendo la longitud promedio del trayecto de conducción de 130 m. El empleo de tiempo para esta fase del trabajo fue estimada de acuerdo a la fórmula 4 ($R^2=0,79$, $SEE=0,42$). La velocidad promedio de conducción fue de 47m/min lo que corresponde a los resultados proporcionados por la investigación finlandesa (Kuitto et al. 1994).

$$T_1 = 0,32 + l_1 * 0,018 \quad (4)$$

en que T_1 = Empleo de tiempo de conducción con carga, min/carga
 l_1 = trayecto de conducción, m

6.2.2.6 Descarga

La proporción de la descarga en el tiempo de producción fue de un 21 %. El empleo de tiempo en la descarga se ha expresado en el Cuadro 9. La descarga de trozas aserrables fue más lenta que la de las cargas de madera para pulpa. El tamaño promedio de carga contenida en la pinza fue de 0,52 m³. No fue necesario el desplazamiento de las máquinas durante el trabajo de descarga. En Finlandia la descargar es claramente más rápida, siendo el empleo de tiempo en descarga de trozas aserrables de 0,57 min/m³, en el caso de maderas largas para pulpa (5 m) es de 0,56 min/m³, y de madera corta para pulpa (3 m) es de 0,82 min/m³ (Kuitto et al. 1994).

Cuadro 9. Empleo de tiempo en la descarga

Table 9. Time consumption in unloading

		Empleo de tiempo, min/m ³ Madera para pulpa Pulpwood	Time consumption, min/m ³ Trozas aserrables Sawlog	Promedio Average
Conductor 1	Operator 1	0,75	0,99	0,80
Conductor 2	Operator 2	0,85	1,13	0,88
Promedio	Average	0,79	1,02	0,83

6.2.2.7 Interrupciones

La proporción de las interrupciones en el tiempo de producción fue de 4 %. Sin tomar en cuenta un leve recalentamiento de la máquina más vieja, no se enfrentaron problemas técnicos en el transporte en el bosque. La mayoría de las interrupciones fueron relacionadas con el descanso del conductor y debidas al mantenimiento de la máquina (aprovisionamiento de combustible, limpieza de la máquina, etc). En Finlandia la proporción de las interrupciones, durante la temporada sin nieve, son de un 7 %, y en invierno corresponden a un 9 % del tiempo de producción (Kuitto et al. 1994). Lamentablemente, todas las interrupciones menores de 15 minutos causadas por descanso y alimentación del conductor no fueron anotadas, lo que dificulta la comparación de éstos datos.

6.2.2.8 Productividad

La productividad promedio del trabajo en la faena experimental fue de 16,5 m³ por hora efectiva, siendo el trayecto promedio de transporte de 135 m. En Finlandia la productividad promedio de los tractores autocargables en la corta a tala rasa mecanizada es de 18,7 m³ por hora efectiva, y de 17,2 m³ por hora de producción, siendo el trayecto promedio de conducción de 250 m (Kuitto et al. 1994). La diferencia se explica principalmente por el mayor tamaño de la carga y la mayor rapidez en la carga y descarga de los conductores finlandeses. Por su parte, la causa principal de esto es probablemente la experiencia del conductor y la longitud de la madera pulpable.

La influencia del trayecto de conducción en la productividad puede ser determinada mediante la fórmula 5.

$$P = 60 * V / (T_{de} + T_l + T_{ld} + T_{dl} + T_u) \quad (5)$$

donde: P = productividad por hora efectiva, m³/h
V = tamaño de la carga, m³
T_{de} = tiempo de conducción sin carga, min
T_l = tiempo de carga, min
T_{ld} = tiempo de saca, min
T_{dl} = conducción con carga, min
T_u = tiempo de descarga, min

Cuando se introducen los valores de los tiempos de conducción vacío y de conducción con carga en la fórmula 5, estimados mediante las fórmulas 3 y 4, se obtiene el tiempo de saca expresado como función del tamaño de la carga, de la frecuencia por diferente surtido de madera, de la velocidad de conducción promedio correspondiente y de los tiempos correspondientes estimados en base a la rapidez promedio de las faenas de carga y descarga (vea los Cuadros 8 y 9). Entonces, la fórmula 5 se puede expresar de la siguiente forma:

$$P = 60 * V / (0,89 + 0,039 * l + 0,036 * V/d + 2,73 * V) \quad (6)$$

donde: P = productividad por hora efectiva, m³/h
V = tamaño de la carga, m³
l = trayecto de transporte, m
d = frecuencia según surtido de madera, m³/m

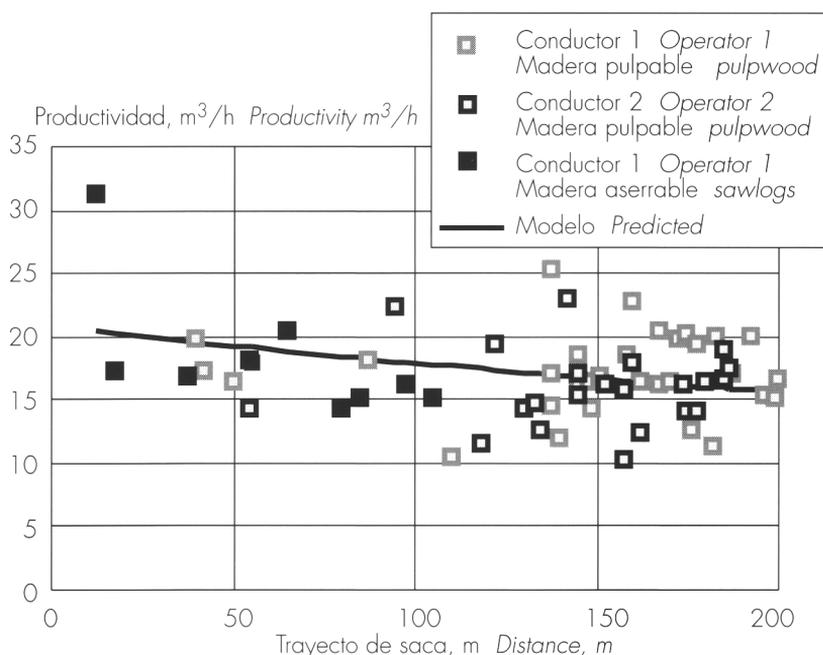
En la Figura 26 se han expuesto las productividades por hora efectiva por carga y la curva de productividad según el modelo (6). La influencia del tamaño de la carga crece en los trayectos largos. Por ejemplo si se hace crecer la carga de 7,9 metros cúbicos a 10 metros cúbicos, aumenta la productividad según el modelo para un trayecto de conducción de 50 metros en 0,5 m³/h y siendo el trayecto de conducción de 175 metros en 1,0 m³/h.

6.2.2.9 Calidad del trabajo

Hubieron claras deficiencias en el amontonamiento de las pilas de madera pulpable. Los extremos de los rollos distaban de estar bien alineados, lo que hace más lenta la carga de los vehículos de transporte maderero. Como causas parciales para la huella deficiente de la operación se pueden citar las imperfecciones en el huella de la máquina de corta.

Las técnicas de manejo de los conductores difieren entre si. El conductor más experimentado conducía más uniformemente y no tenía ningún problema, ni siquiera con cargas casi completas en la parte abrupta de la ladera. El otro conductor aceleraba fuertemente lo que causaba que las ruedas patinaran en la parte empinada de la pendiente, lo que incluso ocurría con cargas relativamente livianas. En algunas partes el movimiento se dificultó al conducir excepcionalmente con cargas de 50–70 % hacia la parte superior de la pendiente, en cuyo caso el suelo también se rompió. En términos generales, los daños sobre el suelo fueron muy bajos.

Figura 26. Productividades del tractor forestal autocargable según la carga y curva de productividad según el modelo (5), siendo el tamaño de la carga de 7,9 m³, y la frecuencia del surtido de madera de 0,78 m³/m.
Figure 26. Productivity in forwarding.



6.2.3 Costos

El cálculo de costos de la cosechadora y del tractor forestal autocargable se encuentran en el Anexo 3. Esto hay que tomarlo como una estimación de tendencias, puesto que en los cálculos de costos siempre se incluyen una gran cantidad de supuestos y se emplean factores inseguros. Los costos del capital, que están constituidos por los descuentos por desvalorización e intereses, influyen en el precio de la máquina, el tiempo de uso, el tiempo de producción anual y el valor de cambio y la tasa estimada de interés de uso. Por ejemplo, es difícil en esta fase formarse una clara concepción sobre la formación del valor de cambio en los mercados de Chile. En la definición de la tasa de interés de cálculo, se puede determinar una tasa de interés diferente al capital propio invertido que a la correspondiente al préstamo bancario. En el cálculo del Anexo 3, la tasa de interés relativa al capital propio es de 8,5 % y en cuanto al capital obtenido por préstamos bancarios es de 15,5 %. La proporción del capital propio en el cálculo relativo a la cosechadora es de 30 % y en lo referente al tractor forestal autocargable es de 40 %.

La mayor parte de los supuestos para los cálculos de costos se fundamentan en experiencias finlandesas de uso de cosechadoras y de tractores forestales autocargables. Sin tomar en consideración los costos de remuneración, los costos en Chile se sitúan aproximadamente al mismo nivel que en Finlandia.

Según el Anexo 3, los costos por hora de uso de la cosechadora, incluyendo los costos de la fuerza laboral, son de 78 USD/h. La proporción de los costos de capital en los costos totales es aproximadamente la mitad. Por su parte, los costos por hora de uso del tractor forestal autocargable son de 35 USD/h, y su proporción de costos de capital es de 36 %. Los *costo por unidad* de cosecha en cuanto a la corta y transporte en el bosque, obtenidos en condiciones similares a la de la faena del experimento, es de 6 USD/m³. A los cálculos de costos totales de la cadena de cosecha, se deben agregar los costos de supervisión del trabajo. En el personal de la cadena de máquina en Chile, se deben incluir a los conductores y también al capataz y al mecánico. En Finlandia los costos de cosecha promedios para tala rasas son de 6,5 USD/m³, aproximadamente.

7. Síntesis y conclusiones

Las fuertes inversiones efectuadas para impulsar el desarrollo de la economía forestal de Chile y las condiciones favorables de crecimiento que existen en este país permiten augurar que las cantidades presentes de cosecha se duplicarán rápidamente. Para que se pueda realizar la creciente cantidad de trabajo requerido para tal fin, se deberá tanto desarrollar y aumentar la eficiencia de los métodos de cosecha tradicionales, con predominio de uso intensivo de mano de obra, así como también intensificar la mecanización de la cosecha. Como la mayoría de las plantaciones de pino están concentradas en una parte relativamente pequeña del país y el desplazamiento de la fuerza laboral dentro del país es tradicionalmente baja, se puede esperar escasez de mano de obra local.

7.1 Desarrollo de métodos de cosecha forestal con uso intensivo de mano de obra

En las cortas realizadas manualmente *muchas veces resulta problemático la falta de capacidad profesional y la negligencia por la seguridad laboral*. Muchas veces no se da cumplimiento, ya sea por desconocimiento o por negligencia, a cuestiones básicas tales como la caída dirigida, técnica eficiente y segura de desrame, manipulación a una altura de trabajo adecuada en el desrame y la mantención de una distancia segura entre los trabajadores que participan en una labor de corta.

Las empresas requerirían *guías de trabajo para la corta*, con las que se pudiera enseñar técnicas seguras de trabajo y métodos de corta avanzados a los trabajadores de corta empleados por los contratistas. Este tipo de organización ya se ha implementado a pequeña escala en varias empresas, pero se debería desarrollar rápidamente un sistema que responda a estas necesidades. En el largo plazo debería desarrollarse en el país un sistema de *capacitación profesional del sector forestal*. La Dirección General de Educación de Finlandia, FTP (Finnish Training Partners, anteriormente Forestry Training Programme), que funciona bajo su autoridad, e institutos de educación forestal finlandeses y expertos forestales podrían participar en la planificación y ejecución del sistema.

En los países nórdicos se ha desarrollado sistemáticamente y con determinación, tanto los métodos de cosecha forestal con predominio de empleo de mano de obra como también los métodos mecanizados de cosecha forestal. Los logros más importantes han sido, en las cortas realizadas con el método de corta manual, pasar de madera corta para pulpa cortada a un diámetro límite, a la corta de madera pulpable cortada a 3–5 metros medidos al ojo y a la reducción de la necesidad de amontonamiento de rollos al adoptar el uso de los tractores forestales autocargables dotados de cargador de largo alcance. Esta corta llamada

corta de madera larga pulpable mejora la productividad del trabajo de un 15–20 % en comparación con la madera cortada a la medida de 2–3 m. La mejoría se refleja tanto en la corta como en el transporte en el bosque. Simultáneamente, se hace más eficiente la recuperación de la madera del fuste. Los requisitos para el uso del método anteriormente mencionado son la capacidad de la planta de elaboración para la recepción de madera de longitud variable de 3–6 m y la aplicabilidad de la flota de vehículos forestales para el transporte de madera pulpable larga.

En Chile se debería desarrollar la *segmentación del fuste en surtidos de madera* también en lo que se refiere a las trozas aserrables. Con la excepción de los surtidos de madera especiales para la exportación, en la mayoría de los casos se troza el tronco al tamaño de trozas de 4,15 metros o múltiplos, sin tomar en cuenta las torceduras y otros defectos. Si se adoptara en uso longitudes alternativas de trozas y si se tomase en consideración la calidad de trozas en el trozado, la clasificación de las trozas mejoraría la disponibilidad y calidad de las trozas para madera aserrada.

Los bueyes entrenados logran resultados impresionantes en trayectos de transporte cortos. Se pueden utilizar incluso en pendientes relativamente abruptas. En el futuro, los bueyes pueden ser usados además para tareas principales de transporte a corta distancia y también en los raleos para el amontonamiento provisional al lado del camino de extracción. Los chilenos tienen razón para sentir orgullo por su tradición en el adiestramiento y uso de los bueyes. El arrastre con bueyes es una forma de transporte original y por lo menos hasta ahora competitiva en cuanto a sus costos, cuya importancia no debería ser subestimada ni en una economía forestal en rápido desarrollo.

Se exige también un cambio de actitudes en las cuestiones de seguridad ocupacional en cuanto a la saca tradicional por arrastre. Muy a menudo las máquinas operan en las cercanías de los hombres que trabajan en el sitio de corta y en el depósito. Con una mejor planificación se podrían disminuir los riesgos. Cuando en la fase de corta se toma como criterio básico hacer más eficiente el transporte a corta distancia, ya sólo con la ayuda de la caída dirigida se puede conformar cargas de arrastre más fáciles para manipular y de mayor envergadura, pudiendo mejorar así la productividad del trabajo.

En Norte de América es especialmente común la combinación de máquina cortadora- apiladora con un tractor arrastrador dotado de pinza hidráulica. Allí los árboles normalmente se desraman y se trozan en el área del depósito en forma mecanizada. En Chile, en la mayoría de los casos, los árboles se desraman en el sitio de corta mediante trabajo manual. El desrame puede ser aún mejorado en la estación de acopio durante el trozado realizado mediante trabajo manual. En la mayoría de los casos, los surtidos de madera son desplazados a las pilas de almacenamiento empleando tractores apiladores de tres ruedas. Este tipo de combinación semi-mecanizada, en la que operan varias máquinas y hombres, tanto en el bosque como en la estación de acopio, es muy riesgoso.

7.2 Desarrollo de la cosecha forestal mecanizada

Al considerar el tránsito hacia una cosecha completamente mecanizada el método de corta y trozado en el bosque, basado en el uso de las cosechadoras y de tractores forestales autocargables, resulta ser una buena alternativa en la cual se combinan la ergonomía, la seguridad laboral, la economía, operaciones beneficiosas para el medio ambiente y que faciliten la organización del trabajo. Gracias a la alta productividad, al alto tiempo anual de producción y a la confiabilidad de la maquinaria se pueden rebajar los costos por unidad de cosecha, a pesar de que los precios de adquisición de la maquinaria sean altos. Las experiencias acumuladas por los chilenos confirman que es posible hacer llegar los costos por unidad de la cosecha mecanizada a un nivel competitivo también en aquellos países en que los costos del trabajo humano son claramente más bajos que por ejemplo en los países nórdicos y en América del Norte.

Las cosechadoras y los tractores forestales autocargables trabajan en Chile día y noche, frecuentemente. Esto permite una rotación efectiva de trabajos en la cual los conductores pueden alternarse, por ejemplo, en turnos de cuatro horas en diferentes máquinas. Este sistema disminuye el peligro de perder la concentración en el uso de la máquina de corta y el trabajo se transforma en una actividad diversificada y variada. Además, se toma conciencia sobre la importancia de la calidad del trabajo de corta desde el punto de vista del transporte en el bosque, en cuyo caso se enfatiza la noción del trabajo colectivo y es posible aumentar la productividad en toda la cadena de cosecha.

Las experiencias sobre el uso de maquinaria de corta y de cosechadoras han sido buenas. Los coeficientes de aprovechamiento han sido altos y el aprendizaje en su uso ha sido más fácil de lo esperado. Los conductores han estado contentos con el ambiente de trabajo.

También pueden ocurrir accidentes durante la cosecha forestal completamente mecanizada. La mayor parte de los accidentes que afectan a los conductores ocurren al subir o salir de la cabina de conducción o durante los trabajos de reparación o mantenimiento. En consecuencia, se deben tomar precauciones específicas durante estas fases del trabajo. Para evitar accidentes, los supervisores de la faena, los otros miembros del personal y las visitas que han llegado a conocer la nueva tecnología, deben mantenerse a una distancia de la máquina de corta igual a dos veces la longitud de los árboles, hasta que el conductor los vea e interrumpa su trabajo.

Es factible obtener una gran parte de los beneficios del sistema de corta y trozado en el bosque con una cadena de corta basada en el uso de tractores forestales y obreros que efectúen la corta. Especialmente en los primeros raleos comerciales la participación de obreros para efectuar el trabajo en vez de usar cosechadoras sería más económico, en las condiciones de Chile, tanto desde el punto de vista de la economía como de la política laboral, especialmente si los métodos de trabajo son eficaces – por ejemplo en la corta de madera pulpable larga – pueden ser puesto en uso con empleo generalizando de tractores de carga dotados de cargador de largo alcance, con capacitación profesional de la fuerza laboral y con

desarrollo de los vehículos forestales y de la recepción de la madera en las plantas. El problema puede consistir, en todo caso, en la falta de interés de las empresas forestales por invertir en una capacitación profesional amplia de los trabajadores forestales. Es más fácil organizar la capacitación profesional para algunos cientos de conductores de maquinaria forestal que para miles de trabajadores forestales.

En el empleo de las cosechadoras y de los tractores forestales autocargables es decisivamente importante contar con un *servicio eficiente de repuestos y reparaciones*. El alto precio de adquisición de la maquinaria exige que estas se encuentren constantemente en condiciones de buen funcionamiento. Tanto CLEMSA, que representa a Ponsse, como DICSA, que representa a Timberjack, son empresas experimentadas en lo que se refiere a la comercialización, servicios de mantenimiento y reparación de la maquinaria de trabajo. Las dos empresas están intensificando su funcionamiento, preparándose para el aumento del uso de las cosechadoras y de los tractores forestales autocargables. En Concepción se han ampliado los espacios de reparación y los productores de maquinaria capacitan al personal de servicios y de mantenimiento en Chile y en el extranjero. La cantidad creciente de maquinaria permite mantener un depósito que contenga una amplia gama de surtido de repuestos y entonces se acortan los periodos de espera durante las reparaciones. En las ciudades más grandes, en las tiendas especializadas, existe disponibilidad, entre otros, de mangueras hidráulicas, componentes hidráulicos etc, espadas de las sierras, cadenas de motosierra, etc. Además, en las ciudades se encuentran en abundancia talleres mecánicos y talleres de reparaciones aunque su nivel varía mucho.

En algunos casos, el mantenimiento de las máquinas se dificulta por la rígida organización de las empresas propietarias. Para la compra de cada repuesto se requiere la autorización de todos los jefes, lo que naturalmente retarda las adquisiciones. Una mayor independencia, por ejemplo, con la ayuda de presupuestos adicionales destinados para servicios de reparaciones y de mantenimiento, facilitaría mantener a las máquinas en buenas condiciones de uso.

Las máquinas nórdicas de corta con bastidores de rueda y los tractores forestales autocargables son apropiados para tala rasas de plantaciones de radiata y eucalipto sin manejo y para raleos de plantaciones de radiata bajo manejo. Las cosechadoras con bastidor de orugas dotados de un brazo de corto alcance constituyen soluciones efectivas en raleos bien planificados, en los cuales se extrae una fila entera de árboles con espacios de 10–15 m, seleccionando simultáneamente los árboles que se quedan entre las filas. Si la intención es minimizar las cantidades de las brechas de saca y los daños de cosecha y aumentar la productividad de los transportes en el bosque, sería provechoso usar cosechadoras con bastidor de rueda y dotados de cargadores de largo alcance y mantener intervalos de unos 20 metros entre las brechas de saca para la conducción.

Para las tala rasas de plantaciones de radiata bajo manejo, que se encuentran en los mejores sitios de crecimiento, se requeriría encontrar nuevas soluciones de cosechadoras. Actualmente las cosechadoras nórdicas en uso en Chile no son suficientemente resistentes y su uso no es seguro para manipular constantemente árboles gruesos cuyo volumen sobrepasa 1,5 metros cúbicos. En este momento se usa la máquina

neozelandesa Waratah 230HTH la que es pesada – su masa contando los reforzamientos hechos en Chile es aproximadamente de 2 t – y se nota lenta y torpe. El sistema automático de medición es deficiente – entre otros falta la medición de diámetro. Se requeriría también diseños para nuevas cosechadoras apropiadas para la corta de árboles gruesos, entre otros, en Canadá, los Estados Unidos, Nueva Zelanda y Australia. En el transporte a corta distancia se pueden usar los tractores más pesados de pinzas con banca elevada.

La *inclinación de la pendiente* naturalmente limita, en algún grado, las posibilidades de uso tanto de las cosechadoras como las de los tractores forestales autocargables. En Escocia se usan tractores forestales autocargables finlandeses de 6 y 8 ruedas incluso en pendientes de 50 % y cosechadoras de 6 y 8 ruedas para pendientes hasta del 70 %. A pesar de que en Chile técnicamente se llegaría a pendientes equivalentes, no sería recomendable operar en ellas desde una perspectiva ecológica. Debido al grano fino del suelo y a los inviernos lluviosos de Chile, el trabajo en pendientes tan abruptas causaría problemas de erosión. Como valores límites indicativos se podría señalar un 35 % en el caso de tractores forestales autocargables, y de un 55 % de pendiente en el caso de cosechadoras, pero en verano los conductores más experimentados seguramente conducen en pendientes incluso más abruptas.

Aparentemente en Chile los cargadores de los tractores forestales han experimentado notablemente una mayor fatiga en comparación con las condiciones de Finlandia. Según parece, el empleo de la maquinaria durante la fase de aprendizaje ha sido demasiado violento. Por esa causa, en el manejo de las máquinas forestales se debe enfatizar la importancia de la pericia y de la técnica. El uso de la fuerza debería tener un papel menos relevante.

Una posibilidad para la técnica moderna en las pendientes abruptas es el *arrastre* de los árboles previo al desrame *con cables aéreos* y su *procesamiento en la estación de acopio*. De esta forma se puede disminuir el trabajo en las pendientes que requieren intervenciones físicamente pesadas y con riesgos de accidentes. La máquina retroexcavadora dotada de un accesorio de corta sería probablemente más apropiada que la máquina de corta propiamente tal, para extraer árboles no desramados en el arrastre de cargas, y sería al mismo tiempo una solución más económica para las condiciones en las que no se requiera necesariamente de las buenas condiciones de terreno demandadas por las cosechadoras. Varias empresas están interesadas en experimentar este tipo de alternativa en la cosecha en pendientes abruptas.

Para aumentar el uso de las cosechadoras y de los tractores forestales. Uno de los problemas más grandes es el alto nivel de precios de la maquinaria. Sólo los contratistas más grandes tienen posibilidades de adquirir independientemente maquinaria cara. Las empresas forestales, por su parte, tratan de deshacerse de toda la maquinaria de cosecha vendiéndola a los contratistas. En cuanto a las cosechadoras y a los tractores autocargables la alternativa más efectiva sería, tal vez, la práctica mediante la cual la empresa forestal comprase la maquinaria y capacitase como conductores a personas quienes más tarde podrían trabajar como contratistas independientes. Después de algunos años de práctica la empresa podría, por ejemplo, establecer sobre la maquinaria un contrato de leasing con este nuevo contratista.

En el futuro cercano el obstáculo más grande para la mecanización de la cosecha será la *capacitación profesional de la fuerza laboral*. La Fundación Chile está poniendo en marcha, de conjunto con las empresas, capacitación profesional para conductores de la maquinaria forestal. Primeramente se quisiera enlazar la capacitación con el programa de trabajo de algún instituto técnico ya existente. Una capacitación en forma de cursos que enfatizaran el aprendizaje práctico podría ser, tal vez, una mejor alternativa. La capacitación podría comenzar con un periodo teórico corto y más tarde la teoría podría ser impartida en forma intercalada entre los periodos de trabajos prácticos dirigidos. El proceso de aprendizaje es naturalmente algo muy personal – no todos llegan a ser nunca buenos conductores – pero según las propias opiniones de los conductores es posible llegar a ser un conductor satisfactorio de tractores autocargables durante tres meses, hablando en términos generales, siempre que sea posible practicar todo el día. Para alcanzar el mismo nivel en el uso de la máquina de corta se requiere una práctica de seis meses. Un nivel satisfactorio, según las opiniones de los conductores, corresponde a un nivel de productividad equivalente al 70 % de la productividad de un conductor profesional.

La *selección de alumnos* es una parte esencial del proceso de capacitación. A pesar de que los conocimientos de silvicultura, mecánica, hidráulica, electrónica y procesamiento de datos son naturalmente provechosos, las capacidades intelectuales es en todo caso lo más importante. El conductor debe tener capacidad para desarrollar un trabajo independiente incluso en condiciones desfavorables. El debe realizar el trabajo durante jornadas largas, generalmente sólo, lejos de centros habitados. Por su parte, la mantención de una máquina cara en uso requiere sentido de responsabilidad. En Finlandia la experiencia en la educación de adultos – de los conductores de máquinas forestales – ha demostrado que los trabajadores forestales experimentados, acostumbrados al desarrollo independiente del trabajo, constituyen una buena fuente para la generación de alumnos destacados. Pero en algunos casos, incluso con pericia de trabajo en mecánica, la experiencia previa puede llegar a ser un inconveniente puesto que, por ejemplo, los conductores de retroexcavadoras poseen costumbres de trabajo dañinas para la maquinaria y que ellos han aprendido en el trabajo anterior, las que son casi imposibles de superar.

En Finlandia existe en abundancia pericia sobre la capacitación de conductores la que se podría aprovechar también en Chile. FTP de Finlandia o diversos institutos individuales podrían colaborar con la Fundación Chile y con las empresas forestales chilenas en la planificación de la capacitación de conductores de maquinaria. Para responder a las necesidades más urgentes de la primera fase de capacitación de conductores, se podrían implementar cursos intensivos para conductores organizados con los aportes finlandeses. La forma más rápida en la primera fase sería organizar la capacitación de los conductores chilenos en los institutos forestales finlandeses, pero también estos cursos deberían incluir periodos de práctica en Chile.

7.3 Otros aspectos

En relación con el transporte vehicular, en las faenas a gran escala, el uso de grandes plumas de carga adicionales al vehículo constituye una solución efectiva. En cambio, en las faenas pequeñas los *cargadores desmontables por vehículo* son alternativas prácticas. El interés hacia los cargadores forestales finlandeses está creciendo rápidamente. Hasta ahora se han vendido a las regiones más sureñas de Chile, pero las perspectivas de exportación a la región que constituyen el núcleo de la economía forestal, la de las plantaciones, están mejorando.

En cuanto al transporte vehicular y a la recepción de madera en las empresas, sería beneficioso estandarizar los vehículos. En este momento, por ejemplo, la madera pulpable se carga en los vehículos madereros tanto de manera longitudinal como transversal y a menudo ambas alternativas se encuentran presente en la misma carga. En el dimensiona-

Figura 27. Tractor agrícola dotado de remolque y de grúa hidráulica (Figura Kesla S.A.).



miento debería tomarse en cuenta la posibilidad de transporte de madera pulpable de 3–6 m.

Casi un 40 % de la superficie de los bosques plantados están en manos de unos 5000 propietarios forestales. El tamaño de un predio es generalmente de 50–150 ha. Además de algunas empresas forestales, estos propietarios podrían estar interesados en hacer uso forestal de *tractores agrícolas*. Por ejemplo el remolque forestal (Figura 27) dotado de cargador hidráulico es apto para el raleo de plantaciones de pino situadas en un terreno plano. En los mercados de Finlandia hay también cosechadoras y procesadores livianos que se montan en el bastidor de tractores agrícolas o industriales. Sin tomar en cuenta los winches, en Chile ha sido escasa hasta ahora la venta de accesorios forestales para tractores agrícolas. Pero en todo caso se está intensificando su comercialización. El establecimiento de empresas conjuntas finlandesas-chilenas en que la pericia y algunos componentes provengan de Finlandia y los equipos se fabricasen en Chile, podrían ayudar a bajar los precios y aumentar el interés hacia este tipo de tecnología.

La *discusión sobre el medio ambiente* en Chile se concentra, en este momento, en relación con los bosques nativos. También se ha criticado la economía forestal de plantaciones porque una parte de estas han sido establecidas empleando roza y sustitución de los bosques naturales. También se le acusa a la economía forestal basada en las plantaciones de crear monocultivos. La discusión sobre el medio ambiente probablemente se intensificará a continuación, cuando se integren, entre otros, temas tales como los impactos de la economía forestal de plantaciones sobre el paisaje, la erosión, el equilibrio nutritivo, la multiformidad de la naturaleza y el valor de lo natural propiamente tal. Los ejecutores de la economía forestal deberían prepararse para las discusiones venideras, poniendo énfasis en los aspectos medioambientales de la economía forestal, limitando voluntariamente el tamaño de las superficies de corta y adaptándolas a las características del terreno. La preferencia por métodos de cosecha que sean amigables con el medio natural debería ser una parte integrante esencial de la política sobre medio ambiente de las empresas forestales.

Bibliografía

- Aarne, M (ed.). 1994. Yearbook of Forest Statistics 1993–94. The Finnish Forest Research Institute. 348 p. ISBN 951-40-1380-8
- Ackerknecht, C 1994. Forest development and working conditions in Chile: A challenge in safety practice. Joint FAO/ECE/ILO Committee on Forest Technology, Management and Training. Seminar on clothing and safety equipment in forestry. Kuopio, Finland, June 27–July 1, 1994.
- Estadísticas forestales 1992. 1993. Boletín estadístico n:º 30. Instituto Forestal. 101 p.
- Hakkila, P., Malinovski, J. & Sirén, M. 1992. Feasibility of logging mechanization in Brazilian forest plantations. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 404. 68 p.
- Hakkila, P. & Mery, G. 1992. Puun korjuu ja käyttö Chilessä. Resúmen: Exploración y uso de madera en Chile. The Finnish Research Institute. Research Papers 428. 59 p.
- Hermosilla, R. 1993. Experiencia de CMPC en mecanización de cosecha. En: Actas de IV Taller de Producción Forestal. Concepción, Chile, 25–26 de Noviembre 1993. Fundación Chile.
- Mery, G. 1992. A review of Chilean forestry: Deforestation threat with high success in plantations. In: Sohlberg, B. (ed.): Proceedings of the Biennial meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics. Gausdal, Norway, April 1991. Scandinavian Forest Economics 33:531–547.
- Prueba y Corrección de la Tabla de Volumen para Pino Insigne. 1979. Informe Técnico No 55. Instituto Forestal.
- Raga, F. 1993. Planteamientos Corporativos sobre Productividad y Bienestar Laboral. En: Actas de las Primeras Jornadas Internacionales sobre el Trabajo en el Sector Forestal. Concepción, Chile, Agosto 17–18, 1993. Asociación Chilena de Seguridad, Corporación Chilena de Madera A.G. y Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 142 p.
- Resultados de encuesta de transporte y equipos forestales. 1992. Fundación Chile, Grupo de Producción Forestal. Informe 4.
- Rubinstein, A. 1993. Cosecha mecanizada con harvester y forwarder. En: Actas de las Primeras Jornadas Internacionales sobre el Trabajo en el Sector Forestal. Concepción, Chile, Agosto 17–18, 1993. Asociación Chilena de Seguridad, Corporación Chilena de Madera A.G. y Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 142 p.
- Tapola, H. 1994. Comments on the recent development in forestry work, with special attention to safety aspects. Mimograph. Ministry of Labour, Occupational Safety and Health Division, Finland. 3 p.

ANEXO 1: ORGANIZACION DE LA COSECHA FORESTAL EN FINLANDIA

Dos terceras partes de la superficie total de Finlandia, es decir 20 millones de ha, están cubiertas por bosques productivos. El 64 % de los bosques son de propiedad de propietarios privados. Como promedio, ellos poseen 37 ha de bosques. A diferencia de la situación existente en Chile, el estado también desarrolla actividades forestales. Los bosques del estado representan un cuarto de la superficie forestal, la mayor parte de los cuales son administrados por el Servicio Forestal. Las empresas forestales poseen el 10% de los bosques, perteneciendo el 4 % restante a las municipalidades, parroquias y otras formas de propiedades comunitarias.

El terreno es bastante plano – las pendientes abruptas, aquellas que sobrepasan un 30 % de inclinación, son escasas – pero pedregoso. Una tercera parte de los bosques crecen en terrenos pantanosos, en los cuales la capacidad de uso se puede ver afectada por las propiedades del sitio.

Las existencias forestales aumentan de manera sostenida, porque el crecimiento de los bosques es de 80 millones de m³/año, lo que sobrepasa sobradamente la corta y la mortalidad natural, las que constituyen la merma total, que llega a 55 millones de m³/año, aproximadamente. El crecimiento anual promedio es bajo, sólo de 4 m³/ha/a, por lo que la rotación típica se extiende durante un período de 80 a 100 años en el sur de Finlandia y de 100 a 120 años en el norte de Finlandia. Las especies más importantes que se cultivan – el pino escocés (*Pinus sylvestris*), el abeto noruego (*Picea abies*) y abedul (*Betula pendula* y *Betula pubescens*) – son todas nativas. Cabe mencionar que los volúmenes señalados corresponden a volúmenes sólidos con corteza.

El tratamiento de los bosques mediante raleos tiene un gran significado para la producción de madera aserrada de alta calidad y para la preservación del vigor de los bosques. Además de los tratamientos en las edades jóvenes de los rodales, los bosques se someten, generalmente, a dos o tres raleos antes de la corta final.

En la regeneración de los bosques se usa tanto la regeneración natural como la artificial. La natural se practica cada vez que las condiciones lo permiten. La regeneración natural de pino tiene un mejor resultado en terrenos secos y áridos. En el caso del abeto, esta arroja buenos resultados en lugares húmedos. La proporción de la regeneración natural es cercana al 30 %. En el caso de carencia de árboles padres adecuados, o ante otros factores de sitio desventajosos, resulta adecuado suplementar la regeneración con plantaciones. Los métodos más comunes de regeneración artificial son la plantación en el caso del pino, abeto y abedul, y también la siembra en el caso del pino. Generalmente se necesita una escarificación liviana de la superficie del terreno, tanto en el caso de la regeneración natural como en la artificial. Después de algunos años de la regeneración del bosque, sólo un especialista puede diferenciar si estos han sido tratados empleando regeneración natural o artificial.

El uso múltiple de los bosques constituye una larga tradición en Finlandia. Además de la producción maderera, los bosques se emplean con fines recreativos, para la caza y para la recolección de bayas y

hongos silvestres, tanto para su comercialización como para el consumo doméstico. El derecho de toda persona garantiza la posibilidad del libre desplazamiento de los ciudadanos a través de los bosques y el usufructo de los beneficios naturales que estos generan. Sin embargo, las actividades de caza y las fogatas que se efectúan en los bosques requieren del permiso del propietario. En el manejo de los bosques se toma en cuenta, además de su uso múltiple, la preservación e incremento de la biodiversidad y la garantía de respetar las condiciones de vida de las especies amenazadas de extinción.

Las cinco mayores empresas forestales compran el 80 % de la materia prima maderera de origen nacional. En el caso de las trozas para pulpa, la competencia de precios es baja debido a que no intervienen más de tres compradores de madera en la misma área. Pero en lo que se refiere a la madera aserrable, la competencia de precios es ocasionalmente fuerte, por la pugna entre las grandes empresas con los pequeños aserraderos y los intermediarios.

La industria forestal obtiene casi el 80 % de su abastecimiento de los bosques privados locales. El resto se divide igualmente entre los bosques particulares de las empresas forestales y los bosques de propiedad del Servicio Forestal. En el caso de la compra de madera en pie en los bosques privados y la corta en los bosques propios de las empresas forestales, lo que conforma en total el 70 % de la corta total, la industria forestal organiza por sí misma la cosecha de la madera, excediendo el grado de mecanización al 80 %. El trabajo de la cosecha se efectúa alquilando los servicios de contratistas de máquinas forestales o lo realizan los trabajadores forestales pertenecientes a las empresas forestales. En el caso de la compra a orilla de camino proveniente de los bosques privados, lo que conforma aproximadamente el 20 % de la corta final, la corta es organizada por el mismo propietario forestal, utilizando su propia fuerza de trabajo y su propio equipo, o bien el de sus vecinos o contratistas. El grado de mecanización de estas cortas alcanza a un 15 %, aproximadamente. Las faenas de cosecha realizadas en los bosques del Servicio Forestal la ejecuta este mismo organismo, despachando la mayor cantidad de la madera directamente a las empresas o a las bodegas de terminales ferroviarios. En cortas de este tipo, el grado de mecanización es relativamente bajo en comparación con el de la industria forestal, llegando a un 42 %, por la obligación que tiene este organismo de absorción de mano de obra. La proporción de la corta mecanizada total en Finlandia llega a un 70 % de toda la madera cortada en el país.

Naturalmente, el grado de mecanización fluctúa en diferentes fases del manejo. En el primer raleo aún se utiliza, en términos generales, a los trabajadores forestales, pero el grado de mecanización aumenta también rápidamente en estas operaciones. Casi todos los raleos posteriores y las cortas finales son totalmente mecanizadas.

La cosecha maderera se efectúa, casi totalmente, empleando el método de corta y trozado en el bosque. Los fustes se dimensionan en longitudes de trozas que varían en 30 cm, cuya longitud total va desde 310–610 cm. El largo más común de las trozas para pulpa es de aproximadamente 5 m. El transporte a corta distancia se efectúa casi siempre con tractores forestales, pero en el caso de la compra a orilla de camino se pueden utilizar también tractores agrícolas equipados con componentes forestales.

El número total de contratistas de máquinas forestales es de unos 1300 en todo Finlandia. La mayor parte de estas empresas son pequeñas, teniendo unas dos o tres máquinas. Los contratistas firman normalmente un contrato con las empresas forestales o con el Servicio Forestal después de haberse efectuado una licitación. En el contrato se describen las condiciones de corta y se fija la cantidad de madera que se debe cortar durante el período de vigencia del contrato y se determina una tarifa fija para todo el período del contrato o para una parte de este. En la mayoría de los casos el contrato se firma por un periodo máximo de un año.

Los trabajadores forestales trabajan normalmente para una empresa forestal o para el Servicio Forestal. Por su parte, los contratistas efectúan la cosecha mecanizada de madera. El contrato comprende normalmente tanto la corta como el transporte a corta distancia. En caso necesario, el contratista puede contratar a subcontratistas. La tendencia futura que se observa es que el trabajo de corta que hoy se efectúa manualmente se transfiera parcialmente a los contratistas.

La corta que se realiza mediante trabajo manual se basa en el trabajo de profesionales madereros y empleo de métodos de trabajo con un desarrollo ergonómico sofisticado y eficiente. Los trabajadores forestales son generalmente profesionales del trabajo forestal con larga capacitación y habilidades múltiples. Ellos son capaces de realizar su trabajo de manera independiente en todas las tareas del manejo forestal. Por ejemplo, en el caso de los raleos, ellos mismos efectúan la selección de los árboles que se deben extraer y planifican las brechas de saca. En las empresas forestales trabajan instructores de trabajo que diseminan el uso de nuevos métodos de trabajo.

El equipo típico utilizado en las faenas mecanizadas de corta comprende una máquina de corta y un tractor forestal autocargable. Las industrias forestales prefieren el empleo de máquinas que puedan ser usadas tanto para raleos como para la corta final. El tipo más común de máquina de corta es una máquina de 10–12 toneladas, de agarre único, la que es capaz de procesar árboles de hasta 50 cm de DAP en las condiciones predominantes en Finlandia. El grado de productividad es de 6–15 m³/h en el caso de raleos, cuando el tamaño promedio del fuste varía entre 0,05–0,3 m³. En el caso de corta final, en que el tamaño del fuste varía entre 0,2–0,7 m³, la productividad varía normalmente entre 15–22 m³/h, hasta alcanzar en el mejor de los casos 30 m³/h. En el caso de un doble turno por jornada, la productividad anual puede llegar entre 60 a 70 mil m³/año, si se cosecha tanto mediante raleos como mediante corta final, y de hasta 100 mil m³/año en el caso que se tratase solamente de corta final. El grado de utilización técnico de la cosechadora es de un 82 %. Las interrupciones menores de 15 min se incluye en el tiempo de producción y por lo tanto no disminuye el grado de aprovechamiento.

Los tractores forestales típicos en el país son máquinas de 10 toneladas, las que también tienen una capacidad de transporte de 10 toneladas. El alcance del brazo cargador es normalmente de 10 metros. La productividad para recorridos de 300 m es de 10–15 m³/h. Por lo tanto, el tractor forestal autocargable en combinación con la cosechadora constituyen una combinación eficiente para trayectos menores de 300 m, en el caso de los raleos, y para trayectos menores de 150 m en el caso de las cortas finales. Para distancias más largas, se usan, cuando sea necesario, dos tractores forestales autocargables o se alargan los turnos de trabajo. El

grado técnico de utilización de los tractores forestales es de un 91 %.

Debido a que toda la cadena de cosecha, desde el tocón hasta la orilla de camino, está bajo la responsabilidad del mismo contratista, el conductor de la máquina de corta debe tomar en cuenta, en el desarrollo de su trabajo, las necesidades de transporte forestal. La buena clasificación de los diferentes surtidos de madera, la uniforme constitución de pilas, la correcta disposición de las ramas en el suelo y el buen resultado general del trabajo, son aspectos importantes para alcanzar un buen resultado total.

La máquina de corta llega al sitio de trabajo unos 3 a 7 días antes que el tractor forestal autocargable. Así se crea una reserva suficiente de madera para garantizar el pleno empleo de las dos máquinas, en el caso de que ocurran pequeñas averías, y se mejora la seguridad del trabajo. Lo normal es que sea el mismo contratista quien conduzca ya sea la máquina de corta o el tractor forestal autocargable. La duración de un turno de trabajo es normalmente de 10–12 horas, lo que comúnmente incluye una hora de trabajo de mantención y servicio de la máquina. No es raro que el contratista trabaje a este ritmo durante 6 o 7 días a la semana. Normalmente los conductores de las máquinas pernoctan en sus casas, pero también es posible que lo hagan en el sitio de trabajo, en casas rodantes. El conductor de máquinas tiene como forma de pago un salario por actividad realizada, ya sea total o parcialmente, o recibe un salario por hora.

En Finlandia hay 26 institutos profesionales del sector forestal que ofrecen educación y alojamiento gratuitos a sus alumnos. Se está en proceso de concentrar la educación referente a máquinas forestales en tres institutos. Después de la escuela básica, de nueve años de duración, se requieren tres años de estudios para graduarse como conductor de máquinas forestales. Esta educación incluye materias generales, economía forestal, disciplinas medio ambientales, conducción y mantención de máquinas. La línea de técnico en máquinas forestales (mecánicos) tiene una duración adicional de un año. El conductor de cosechadoras recibe su educación en cursos de 3 a 6 meses de duración a precio de costo. Se estima que se gradúan anualmente unos 200 conductores de máquinas forestales, 200 conductores de cosechadoras y 40 mecánicos de máquinas forestales. Anualmente se gradúan unos 300 trabajadores forestales, pero muchos de ellos continúan sus estudios para graduarse como conductores de máquinas o siguen estudiando para poder desempeñarse como capataces.

En la actualidad, solamente la mitad de los conductores activos de máquinas, aproximadamente, han recibido una educación profesional formal. La capacitación adquirida por la práctica de trabajo ha sido muy común, especialmente en el pasado. Como ha aumentado la responsabilidad e independencia de los trabajos, se enfatiza el significado de la capacitación, especialmente en materias relativas a la silvicultura y al manejo de los recursos medio ambientales.

Sólo la mitad de los contratistas tienen el respaldo de una educación profesional formal, sin considerar la participación en cursillos cortos. Sólo aproximadamente un 10 % de los contratistas han recibido una educación empresarial específica.

Algunos contratistas efectúan un trabajo a contrata completo, incluyendo el transporte de la madera por vehículos hasta las plantas, pero por

lo general las empresas forestales y el Servicio Forestal otorgan esta parte del trabajo a camioneros que actúan como contratistas privados. Actualmente, la industria forestal no tiene una actitud positiva en relación con el trabajo completo – más sofisticado – a contrato, en que los mismos contratistas efectúen la compra de la madera en pie y realicen la comercialización de los diferentes surtidos de madera a los usuarios.

ANEXO 2: INVESTIGACION SOBRE EL TRABAJO FORESTAL

1. Una corta introducción sobre la investigación del trabajo forestal

El propósito de este capítulo es describir brevemente los principios de la investigación sobre el trabajo forestal. Debido a que la investigación sobre el trabajo forestal incluye muchos subsectores, no todos pueden ser tratados en este contexto. El objetivo no es de ofrecer una reseña completa o exhaustiva sobre la investigación. Por esta razón este capítulo se concentra principalmente en aquellos subsectores que se requieren para llegar a los resultados presentados en el Capítulo 6. Importantes partes integrantes de la investigación sobre el trabajo forestal no serán tratados, tales como la capacitación profesional, la organización del trabajo, la ergonomía en su contexto más amplio y el desarrollo de la mecánica.

Sobre diversos enfoques a la ciencia del trabajo forestal o a la tecnología forestal se han escrito varias publicaciones buenas (Staaf 1972, Wittering 1973, Haarlaa et al. 1984, Harstela 1984, 1991, Sundberg & Silversides 1988, Samset 1990, 1992 et al.) y especialmente sobre la investigación del trabajo se ha publicado mucho. Una publicación bastante completa sobre la investigación del trabajo es la publicación "Introduction to work study" (Kanawaty 1992) de la Organización Internacional de Trabajo (OIT).

Como ciencia se emplean en inglés varios términos para la investigación del trabajo forestal "Forest operations" (vea por ejemplo Samset 1992). En el idioma finés se habla de tecnología forestal o de ciencia del trabajo forestal. El concepto de tecnología forestal se empleaba ya al principio de este siglo en las universidades forestales europeas y entonces la tecnología forestal comprendía entre otros el trabajo forestal, el transporte forestal, los surtidos de madera, el uso de la madera y la producción de diferentes productos. Sólo aproximadamente un 30 % de la tecnología forestal comprendía el trabajo forestal (Ekman 1922, Kåra 1952, Samset 1992).

En tiempos pasados, las actividades en el bosque cubrían sólo la cosecha forestal y el transporte y necesariamente no se efectuaba ningún tipo de manejo, ni antes ni después de esto. Samset (1992) ha denominado este periodo como era de explotación de los bosques. Los representantes de la industria forestal, comúnmente los de la industria de la madera aserrada, cosechaban los mejores árboles a los precios más bajos posible. Poco a poco este tipo de actividades industriales en el bosque perjudicaron su crecimiento y al medio ambiente, y se empezó a tomarlos en consideración. Entonces surgieron las ciencias forestales. Se tomaron en consideración la silvicultura y la protección de los bosques, que se basaban en investigaciones biológicas y del medio ambiente. La silvicultura y la protección estaban bajo la responsabilidad de los profesionales del bosque, y los ingenieros de la industria, por su parte, asumía la responsabilidad de la cosecha y del transporte de la madera. Estas

diferentes responsabilidades en las mismas actividades forestales causaron gradualmente grandes conflictos de intereses. En la actualidad este tipo de actividad ha sido suspendido en países con economía forestal desarrollados como en Centro y Norte de Europa y por ejemplo en Japón (Samset 1992).

No obstante, incluso en la actualidad, en muchos países está vigente el sistema de responsabilidad bipartida anteriormente mencionado, en que los profesionales del bosque se encargan de la silvicultura, la protección y el manejo del medio ambiente, y los ingenieros industriales asumen la responsabilidad de la cosecha forestal y del transporte. Este sistema era muy común en las antiguas colonias así como también en algunos países en vías de desarrollo. El sistema norteamericano es otro ejemplo y la distribución bipartida de responsabilidades es típico también en los países de Europa de Este (Samset 1992).

La administración unilateral de las actividades de los trabajadores y maquinarias forestales tenía como meta encontrar sólo métodos de trabajo que ahorraran tiempo y dinero. Por esta razón los nombres antiguos de las actividades y personas encargadas se reflejaban, especialmente en inglés, muy acentuadamente en el corta y cosecha (logging, harvesting, logging-engineer). Paulatinamente se extendió el uso del término forest engineering al término forest operation. La ciencia forestal (the science of forest engineering operations) debería cubrir todas las actividades de los trabajadores efectuadas por ellos con sus instrumentos de trabajo o maquinaria, ya sea de cosecha de surtidos de madera, establecimiento de rodal o de cultivo o manejo de un rodal en crecimiento, etc. La ciencia del trabajo forestal incluye el trabajo de conservación de la naturaleza del bosque. La investigación sobre el trabajo forestal toma en consideración el ambiente de trabajo, la ergonomía, la maquinaria, los caminos forestales y la actividad forestal práctica (Samset 1992).

2. Productividad y eficiencia

La productividad se determina generalmente como la relación entre los resultados de la producción y los insumos requeridos (Productividad ... 1976, De la Empresa ... 1979, Haarlaa et al. 1984). En la productividad se distinguen la productividad total y las productividades parciales que son la productividad del trabajo, la productividad del capital y la productividad de los insumos materiales. La investigación sobre el trabajo forestal, cuando se han estudiado los problemas relacionados con la conversión del fuste en surtidos de madera, comúnmente se ha concentrado en la investigación de la productividad del trabajo y sobre productividad de los insumos materiales. La problemática de la productividad del capital se ha dejado de lado utilizado, por ejemplo, algún porcentaje general de interés y la materia no se ha tomado casi en consideración desde el punto de vista de la estructura del capital.

En la investigación sobre el trabajo forestal, la productividad se expresa generalmente en horas de trabajo por metros cúbicos sólidos (m^3/h). Los problemas de medición están entonces relacionados con la determinación del volumen sólido de la madera producida con la correspondiente investigación de tiempo. La medición de lo producido es lo

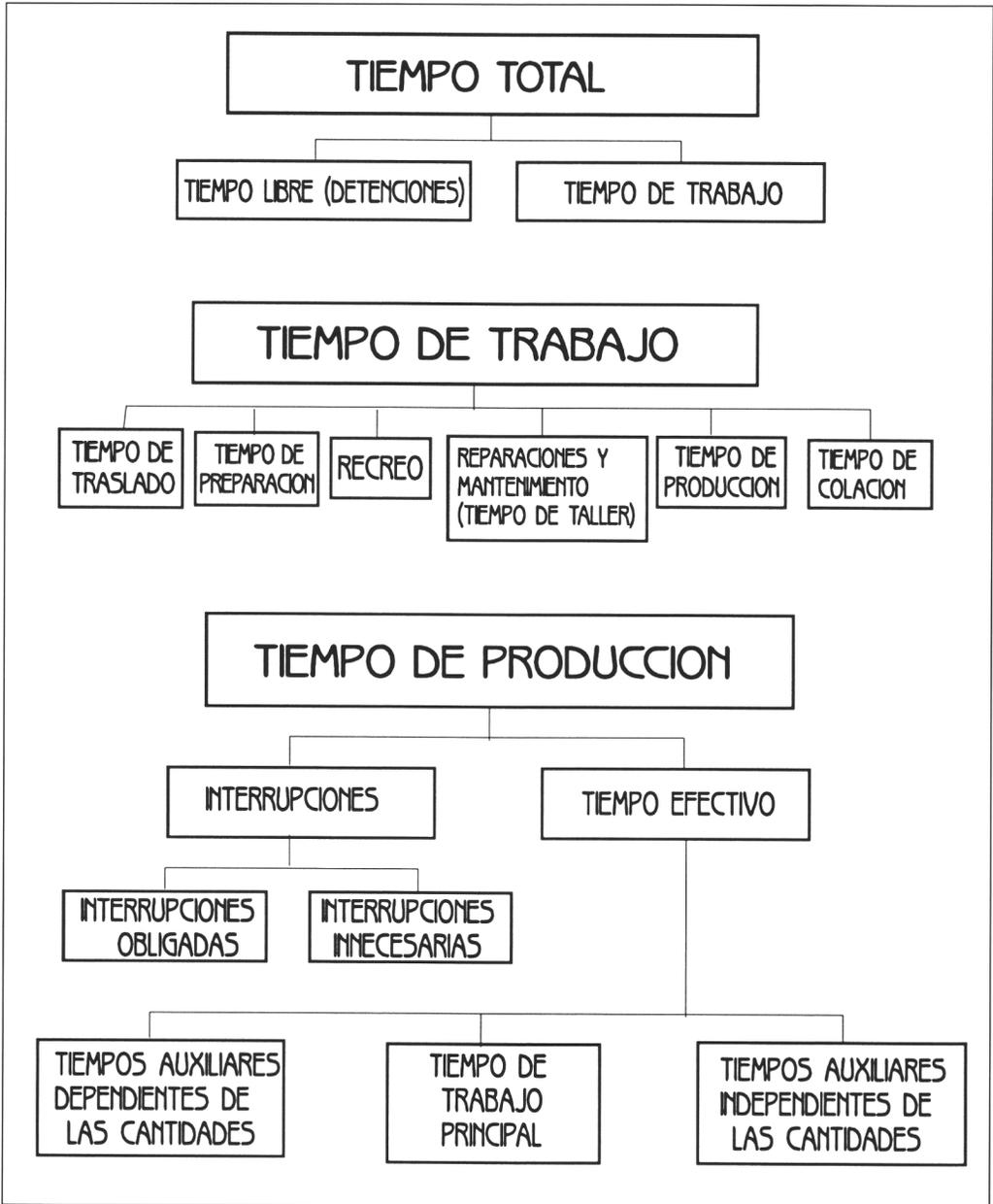
más problemático, principalmente en la corta mecanizada, pues por una u otra razón el equipo de medición de la máquina de corta puede no estar disponible. En este caso los fustes se pueden medir previamente, y durante la corta estos se pueden identificar ya sea por los números anotados en el tronco o con la ayuda de los diámetros a la altura del pecho. Lo trasladado con el transporte forestal se puede determinar midiendo una cantidad suficiente de diámetros y longitudes de las trozas. De esta forma se puede determinar el tamaño promedio de esta unidad maderera. El tamaño de cada carga de un tractor de carga se deduce calculando el número de cargas parciales y las trozas que incluye cada carga parcial. Los problemas relacionados con la medición de la aportación, o sea del tiempo empleado, serán tratados en el punto 3.

Sundberg & Silversides (1988) tratan en su libro "Operational efficiency in forestry" un concepto de eficiencia que quizás es paralelo a la productividad. Los autores definen la eficiencia de una actividad como el aprovechamiento eficiente y el manejo económico de los recursos. El objetivo de la eficiencia de las actividades es la economía de las actividades humanas en el bosque. Los aportes y las actividades humanas se manejan de tal forma que se logran ciertos objetivos. Es así que el punto de partida de Sundberg & Silversides (1988) se centra mucho en los objetivos, pero conceptualmente es de todas maneras muy cercano al concepto de la productividad total.

3. Medición del tiempo de trabajo

En las investigaciones sobre el tiempo, el tiempo de trabajo generalmente se divide en sus componentes parciales. Esto se refiere tanto a la investigación del tiempo humano como al del trabajo mecanizado. En Finlandia y en los demás países nórdicos se sigue la recomendación sobre la distribución del tiempo de trabajo emanada de la Comisión de investigación del trabajo forestal de los Países Nórdicos (NSR). En lo que se refiere al trabajo mecanizado se adopta la distribución presentada por la Figura 1 (Anon. 1978).

Figura 1. Distribucion del tiempo de trabajó (Anon. 1978).



El *tiempo de trabajo* es el tiempo que se emplea para realizar una cierta tarea.

El *tiempo libre* es todo el resto del tiempo que no se puede incluir en el tiempo de trabajo. El *tiempo de producción* es el tiempo que se emplea en una faena individual para realizar una tarea dada. El *tiempo de desplazamiento* es el tiempo requerido para desplazar maquinaria, equipos, y trabajadores de un lugar de trabajo a otro. El *tiempo de preparativos* incluye el trabajo en el lugar de la faena para dejar la maquinaria, equipos y las condiciones de trabajo preparadas para efectuar alguna tarea dada, y después de concluir el trabajo dejarlo en la condición inicial. El *tiempo de taller* es el tiempo requerido por reparaciones y mantenimientos de tal envergadura que no se pueden realizar durante el trabajo normal, en el lugar de la faena. El *tiempo de recreo* es el tiempo en cual no se puede trabajar porque la actividad se ha interrumpido. El tiempo de colación es el tiempo usado para comer (Haarlas et al. 1984).

El *tiempo de producción* se divide en *interrupciones* y en *tiempo efectivo*. Las *interrupciones* son tiempos que no tienen relación directa con ninguna parte específica del trabajo. Por sus características pueden a menudo obstaculizar el trabajo. Los tiempos de interrupción pueden ser clasificados como *interrupciones indispensables* e *innecesarias*. Los tiempos de *interrupción indispensables* son aquellas detenciones necesarias, que no se pueden evitar durante una ejecución normal y racional. Los tiempos de interrupción indispensables son 1.- tiempos de interrupción personales que dependen directamente del trabajador y que son indispensables para que él pueda ejecutar el trabajo de forma racional y 2.- tiempos de interrupción de uso técnico. Ellos se dividen en *tiempos de interrupción de trabajo* que son causado por alguna actividad propia de la organización de trabajo, *tiempos de interrupción de maquinaria* causado por defectos en la maquinaria y de su reparación y mantenimiento en el lugar de trabajo y en *tiempo de interrupción de instrumentos* causados por mantenimiento, revisiones y reparaciones menores en el lugar mismo de la faena. Los *tiempos de interrupciones innecesarias* no son indispensables para la realización racional del trabajo (Haarlas et al. 1984).

El *tiempo efectivo* es el tiempo que directamente o indirectamente transcurre en modificar el objetivo, estado, existencia o forma de trabajo. El *tiempo efectivo* puede dividirse en:

1. *tiempo de trabajo principal* que es aquella parte del tiempo efectivo que transcurre directamente al modificar el estado, existencia o forma de trabajo.
2. *Tiempo auxiliar* que es aquella parte del tiempo efectivo que sólo de forma indirecta modifica el objetivo de trabajo. Los trabajos que se realizan durante el tiempo auxiliar son premisas para que pueda llevarse a cabo la labor ejecutada durante el tiempo principal (Haarlas et al. 1984).

El *tiempo del trabajo principal* a menudo se divide en varias fases de la faena, de las cuales en este trabajo se utilizaron las siguientes en relación con la corta mecanizada y transporte en el bosque:

Corta mecanizada: El desplazamiento de la máquina hasta el tocón, aserrado para el corte de volteo, desplazamiento a la postura de desrame, desrame, trozado a la medida, clasificación y separación de los surtidos

de madera, desplazamiento del ápice, ordenamiento e interrupciones. El desplazamiento de la máquina hasta la base dice referencia con el desplazamiento del cargador de la máquina de corta hasta la base de árbol que se va a cortar. El tiempo de aserrado de volteo se refiere al tiempo que se emplea para aserrar y cortar el tronco del árbol. El tiempo empleado para el desplazamiento a la postura de desrame incluye el tiempo que se emplea para el volteo del árbol y para trasladar el árbol a la posición adecuada para el desrame. El tiempo de desrame abarca el tiempo empleado para el desrame de las ramas del fuste y el tiempo de trozado a la medida incluye el tiempo empleado para cortar el fuste en diversos surtidos de madera. La clasificación de los surtidos de madera abarca el tiempo que se emplea para desplazar las diferentes trozas hasta sus pilas correspondientes desplazando y girando la máquina cargadora. Con el tiempo de desplazamiento del ápice se refiere al tiempo que se emplea para apartar hacia el lado el ápice que se deja en el bosque. El tiempo de ordenamiento quiere decir aquel tiempo que se emplea para trasladar los rollos, ramas, etc. para facilitar y posibilitar el trabajo. Las interrupciones ya han sido tratadas anteriormente.

Transporte en el bosque: Conducción sin carga, carga, saca, conducción cargado, descarga e interrupciones. La conducción sin carga se refiere al tiempo que se emplea para conducir la máquina desde el depósito hasta el primer punto de carga. La carga dice relación con el tiempo que el cargador emplea para elevar la madera hasta el espacio para la carga existente en el vehículo de transporte. Con la saca se refiere al tiempo de conducción que se emplea para desplazarse entre los puntos de carga, antes de llenarse el espacio de carga del vehículo. La conducción con carga se refiere al tiempo de conducción desde el último punto de carga hasta el lugar de almacenamiento. La descarga comprende el tiempo que se emplea para descargar la carga en la estación de acopio o cargadero. Las interrupciones ya han sido tratadas anteriormente.

4. Grados de utilización

En base de los resultados de la investigación de tiempos, se percibe una noción sobre el tiempo total, sobre la duración de las diferentes fases de trabajo y sobre la influencia de varios factores en la duración de las diversas etapas de la faena y en la productividad. Con la ayuda de los resultados de la investigación de tiempo se puede también determinar diferentes grados conceptuales de aprovechamiento o utilización. El grado de aprovechamiento técnico proporciona información sobre la confiabilidad del uso en la actividad práctica. La cantidad de reparaciones y servicios de mantenimiento tienen influencia en ella. El grado de aprovechamiento técnico se calcula de la siguiente forma (Haarlas et al. 1984):

$$\text{GRADO DE APROVECHAMIENTO TECNICO} = \frac{\text{TIEMPO EFECTIVO}}{\text{TIEMPO EFECTIVO} + \text{EL TIEMPO DE TALLER} + \text{TIEMPO DE INTERRUPCION DE MAQUINARIA}}$$

”El grado de aprovechamiento funcional refleja la preparación de la máquina para las actividades prácticas. Esto depende parcialmente de la confiabilidad de uso de la máquina y parcialmente de los parámetros operativos de uso, tales como por ejemplo la eficiencia de la organización para la cosecha maderera” (Haarlaa et al. 1984). El grado de aprovechamiento funcional, o sea operativo, se calcula de la siguiente forma:

$$\text{GRADO DE APROVECHAMIENTO OPERATIVO} = \frac{\text{TIEMPO EFECTIVO}}{\text{TIEMPO EFECTIVO} + \text{TIEMPO DE TALLER} + \text{TIEMPO DE INTERRUPCION}}$$

Un concepto que también resulta útil es el grado de aprovechamiento de la capacidad. Se puede calcular por ejemplo de la siguiente forma:

$$\text{GRADO DE APROVECHAMIENTO DE CAPACIDAD} = \frac{\text{TIEMPO DE TRABAJO}}{\text{TIEMPO TOTAL}}$$

El tiempo total puede referirse al tiempo total disponible, o sea las 24 horas diarias, los siete días semanales y los 12 meses anuales. El tiempo total puede referirse también a un tiempo más corto que el anteriormente mencionado, al cual se aspira completar con el uso de la máquina. Muchas veces no es posible, racional ni económico aspirar usar las máquinas durante las 24 horas diarias, o durante todo el año, y entonces tampoco es práctico calcular el grado de aprovechamiento de la capacidad comparando el tiempo de trabajo con el tiempo total disponible sino con algún tiempo objetivo.

En los cálculos de las bases para los pagos en Finlandia, se ha empleado un grado de aprovechamiento calculado de la siguiente forma:

$$\text{GRADO DE APROVECHAMIENTO} = \frac{\text{TIEMPO EFECTIVO}}{\text{TIEMPO EFECTIVO} + \text{TIEMPO DE TALLER} + \text{TIEMPO DE INTERRUPCION} + \text{DESPLAZAMIENTOS}}$$

Mikkonen (1982) obtuvo para máquinas forestales los siguientes grados de aprovechamiento de capacidad: procesadores 32 %, cosechadoras 30 % y tractores forestales autocargables 15 %. Mäkinen (1988) obtuvo el grado de aprovechamiento de capacidad 70 % para tractores forestales, cuando se determinó como tiempo total la cantidad de horas fijadas como meta por los empresarios.

Kahala y Kuitto (1986) obtuvieron un 83,8 % de grado de aprovechamiento promedio para tractores autocargables. Según Mäkelä (1986), los grados de aprovechamiento de los tractores forestales autocargables variaban entre 75–87 %, al principio de los años 1980.

Según Kahala y Kuitto (1986) el grado de aprovechamiento técnico de los tractores forestales autocargables fue de 92,7 % en el año 1986, y según Kuitto (1992) fue de 91 % en el año 1990. Mikkonen (1982) obtuvo como grado de aprovechamiento funcional un 76,4 % para los tractores forestales autocargables en el año 1980, Kahala y Kuitto (1986)

obtuvieron como grado de aprovechamiento 87,5 % para los tractores forestales autocargables en el año 1986, y Kuitto (1992) obtuvo como grado de aprovechamiento un 83 % para los tractores forestales autocargables en el año 1990. Al parecer, en lo referente al grado de aprovechamiento funcional, hay un leve aumento en los años 1980.

Kuitto (1992) obtuvo como grado de aprovechamiento técnico de las cosechadoras 82 %, y un grado de aprovechamiento funcional del 74 %. En los años 1970 se obtuvo como grado de aprovechamiento técnico 72 % para los procesadores y 56 % para las cosechadoras de propiedad de los contratistas (Laitinen 1978, Mäkelä 1979). El grado de aprovechamiento técnico de las cosechadoras entonces ha aumentado notablemente por sobre el nivel de los años 1970, pero sigue siendo un 10 % más bajo que el correspondiente a los tractores forestales autocargables. No obstante, a causa de la complejidad técnica, difícilmente las cosechadoras lleguen a alcanzar nunca un grado de aprovechamiento técnico tan alto como el de los tractores forestales autocargables.

5. Otros factores generales que se determinan en un trabajo de investigación

En un trabajo de investigación normal, además de determinar el resultado obtenido y los insumos aportados, hay que tomar en consideración también algunas otras cuestiones. La primera de ellas son las condiciones de trabajo. En el caso de utilizar métodos de trabajo mecanizados se miden naturalmente factores que directamente o de forma indirecta tienen influencia sobre la productividad del trabajo de la máquina. En la corta mecanizada los factores más importantes son la pendiente del terreno, la capacidad de soporte de carga del suelo, la homogeneidad de la superficie de terreno, características del árbol en tratamiento y la cantidad de árboles en el rodal. Si el terreno no causa problemas, entonces los factores decisivos para la productividad de la máquina de corta serán el tamaño del fuste y las demás características de las especies y la cantidad de árboles y la densidad por unidad de superficie.

En el transporte mecanizado en el bosque los factores que tienen más influencia sobre la productividad son el trayecto de transporte, la pendiente del terreno, la capacidad de soporte de carga del suelo, la homogeneidad de la superficie del terreno, la cantidad de madera, la densidad por unidad de superficie y la longitud del trayecto. Tanto en la corta mecanizada como en el transporte en el bosque las pendientes laterales son especialmente problemáticas.

Otro factor lo constituye la maquinaria y los accesorios de que se disponga. La primera cuestión de principio es si la maquinaria disponible resulta apropiada para la cosecha del rodal bajo estudio. Desde el punto de vista de la máquina de corta, los factores más importantes son el peso de la máquina, la estabilidad, la capacidad de remontar las laderas, el alcance del cargador y la fuerza de alzar, y los límites que posee la máquina de corta para manipular el tamaño del fuste. Todas las máquinas tendrán un tamaño óptimo de fuste desde el punto de vista de la productividad, y en caso de que el tamaño se aleje de este óptimo la productivi-

dad baja de forma significativa. Todas las máquinas también tienen un tamaño máximo de fuste más allá del cual la máquina no es capaz de procesar.

En los tractores forestales autocargables los factores importantes son el peso/capacidad útil, la potencia del motor, la transmisión de fuerza, el tamaño de las ruedas y la cantidad de ruedas, el alcance del cargador y la potencia de alzada. En caso que sea necesario, es posible presentar una figura de las dimensiones de las cosechadoras y de los tractores forestales autocargables en el informe de investigación.

En una investigación se deben exponer los datos relativos a los trabajadores, o sea en este caso los datos sobre los conductores de la máquina de corta o los de la máquina de transporte. Como mínimo se deberían presentar los siguientes datos: edad, género, peso, altura, capacidad profesional adquirida para el ejercicio de la profesión en cuestión y su experiencia de trabajo como conductor. La influencia del conductor sobre la productividad de la máquina es muy grande. No obstante muchas veces no se estudia la influencia ejercida por el conductor o se le presta muy poca atención. Para solucionar este problema, en los Países Nórdicos se han utilizado principalmente dos métodos. La primera alternativa es el uso de materias amplias. En el caso de que se incluyan en la investigación una cantidad suficiente de conductores, es posible tipificar, dentro de ciertos límites, y esto permite investigar sobre la variación de la productividad, con lo que se aproxima a otros factores explicativos. No obstante el uso de grupos grandes de conductores en la investigación de cosecha maderera es muy caro y en la práctica normalmente imposible. La otra alternativa se le llama principio de investigación comparativa de tiempo. Este se basa en un teorema según el cual a pesar de que las pérdidas absolutas de tiempo de trabajo varían mucho con diferentes métodos, los tiempos relativos entre diferentes métodos son independientes de los conductores. Con la ayuda de este principio de la investigación comparativa de tiempo se puede realizar la investigación con una muestra bastante pequeña sin tener que transgír demasiado en la generalización de los resultados.

A menudo, cuando se realizan trabajos de investigación, se estudia también la carga de trabajo. Se puede someter al trabajador a mediciones de capacidad de oxigenación o las pulsaciones de su corazón, que son buenos medidores de cargas físicas dinámicas. La carga física causada por los instrumentos de control en la máquina de corta o vehículo de transporte y que afectan al conductor, es principalmente estática. Para su medición se pueden utilizar medidores y métodos para precisar la tensión muscular. El conductor es sometido a una tensión intelectual causada por la extensión de la información que confronta, a cuyo estudio hasta ahora se ha prestado bastante poca atención. El conductor está sometido a oscilaciones y vibraciones causadas por el terreno, lo que expone la espalda del conductor bajo toda esta tensión.

El cálculo de costos es una síntesis. El objetivo de la investigación del trabajo consiste comúnmente en aumentar la productividad y minimizar los costos, tomando en cuenta los principios de la silvicultura. En los países en que predomina una fuerza laboral barata, la partida de costo más grande en la utilización de métodos mecanizados corresponde a los costos de capital. En este caso, el desarrollo de métodos debería concentrarse, primeramente, en los factores que tienen más influencia sobre los

costos de capital. El uso continuo de la maquinaria en las condiciones que mejor correspondan a sus cualidades, es uno de los factores más importantes para reducir los costos de capital.

Los equipos de medición forman un conjunto propio en el trabajo de investigación. Como *instrumento de medición del tiempo* lo más simple es un reloj mecánico, un cronómetro, instrumento que también posee una versión más moderna, electrónica, con pantalla digital. Utilizando cronómetros se anotan separadamente las duraciones de las diferentes fases del trabajo y otras informaciones. En la actualidad se utilizan generalmente equipos programados para la recolección de información, cuyos registros se puede almacenar directamente, tanto en lo referente a las informaciones de investigación de tiempo como también a los factores que dificultan el trabajo, insertando los comentarios respectivos. Las informaciones almacenadas pueden ser transferidas directamente a microcomputadores para su manipulación posterior. El uso de equipos modernos de recolección de información hace más rápido el acopio de la información y su manipulación, reduciéndose así los costos de recolección del material y las cantidades de errores. Una pequeña limitación para el uso de equipos electrónicos son las condiciones climatológicas, por ejemplo fríos intensos.

Instrumentos más simples de medición del producto generado son la cinta métrica y la forcípula para la medición de diámetros. Para medir la altura de los árboles en pie se puede utilizar el hipsómetro. En la medición del producto generado por la máquina de corta es posible utilizar el instrumental propio de medición de la máquina y, en principio, lo realizado por el tractor forestal autocargable se podría también medir con la ayuda de una balanza localizada en la grúa.

En el estudio de las condiciones de faena, los instrumentos más importantes son la cinta métrica, instrumento de medición de distancias de trayectos e instrumentos medidores de la pendiente. Los instrumentos de medición de la carga de trabajo del trabajador no serán tratados en este informe.

Bibliografía

- Anon. 1978. Nordisk avtale om skoglig arbeidsstudienomeklatur. Forest work study nomenclature. Nordiska skogsarbetsstudiernas råd (NSR).
- Haarlas, R., Harstela, P., Mikkonen, E. & Mäkelä, J. 1984. Metsätyöntutkimus. Helsingin Yliopiston metsäteknologian laitoksen tiedonantoja 46. 50 s.
- Harstela, P. 1984. Johdatus metsäteknologiaan ja -työtieteeseen. *Silva Carelica* 2. 119 s.
- 1991. Work studies in forestry. *Silva Carelica* 18.
- Kahala, M. & Kuitto, P.-J. 1986. Puutavaran metsäkuljetus keskikokoisella kuormatraktorilla. *Metsäteho*. Moniste 26 s.
- Kanawaty, G. 1992. Introduction to work study. 524 p.
- Laitinen, J. 1978. Kuormatraktorin tekninen käyttöaste. Summary: Mechanical availability of forwarders. *Folia Forestalia* 372. 13 s.
- Mikkonen, E. 1982. Metsäkoneiden ajankäyttö vuosina 1979 ja 1980. *Metsätehon katsaus* 1.
- Mäkelä, M. 1979. Tilasto- ja aikatutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa. Summary: Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies. *Folia Forestalia* 378. 22 s.
- 1986. Metsäkoneiden kustannuslaskenta. *Metsäteho*. Moniste. 21 s.
- Mäkinen, P. 1988. Metsäkoneurakoitsija yrittäjänä. Summary: Forest machine contractor as an entrepreneur. *Folia Forestalia* 717. 37 s.
- Samset, I. 1992. Forest operations as a scientific discipline. *Communications of Skogforsk* 44.12. 47 p.
- Sundberg, U. & Silversides, C.R. 1988. Operational efficiency in forestry. Volume 1: Analysis. Kluwer Academic Publishers. 219 p.
- Silversides, C.R. & Sundberg, U. 1988. Operational efficiency in forestry. Volume 2: Practice. Kluwer Academic Publishers. 169 p.
- Staaf, A. 1972. Drivning – avverkning och transport i skogsbruket. 444 p.
- Tuottavuus ja sen mittaaminen 1976. Suomen itsenäisyyden juhluvuoden rahasto. Sarja b n:o 22.
- Yrityksen teknologian ja tehokkuuden arviointi. 1979. Yritystutkimusneuvottelukunta. Helsinki.
- Wittering, W., O. (Edit.) 1973. Work study in forestry. For. Commission Bull. 47.

ANEXO 3 EJEMPLO DE CALCULO DE COSTOS DE UNA COSECHADORA Y UN TRACTOR FORESTAL AUTOCARGABLE

Cosechadora

	Máquina básica	Cabezal de corta	
Precio, USD	321199	107066	
Tiempo de uso, h	12000	6000	
Tiempo anual de producción, h	3200	3200	
Valor de cambio, USD	109207	37473	
Producción anual, m ³ /a	74900	(=21,4 m ³ /h)	
Tipo de costo	USD/a	USD/h	USD/m ³
Descuentos por desvalorización	93647	29,26	1,25
Intereses, 13,4 %	38521	12,04	0,51
Salarios 2* 1000 USD/mes	24000	7,50	0,32
Costos suplementarios 25 %	6000	1,88	0,08
Viaje de los conductores	7400	2,31	0,10
Seguros	3319	1,04	0,04
Administración	6638	2,07	0,09
Combustibles, 12 l/h	12252	3,83	0,16
Laipat, cadena, aceite para la cadena	26401	8,25	0,35
Reparación y Mantenimiento	33096	10,34	0,44
Marginal de cálculo	3760	1,17	0,05
Total	255035	79,70	3,41

Tractor forestal autocargable

Precio, USD	214133		
Tiempo de uso, h	12000		
Tiempo anual de producción, h	3500		
Valor de cambio, USD	74946		
Producción anual, m ³ /a	55650	(=15,9 m ³ /h)	
Tipo de costo	USD/a	USD/h	USD/m ³
Descuentos por desvalorización	40602	11,60	0,73
Intereses, 12,7 %	18357	5,24	0,33
Salarios 2* 800 USD/mes	24000	6,86	0,43
Costos suplementarios 25 %	6000	1,71	0,11
Viaje de los conductores	7400	2,11	0,13
Seguros	1927	0,55	0,03
Administración	5246	1,50	0,09
Combustibles, 8,5 l/h	9493	2,71	0,17
Reparación y Mantenimiento	27884	7,97	0,50
Marginal de cálculo	2162	0,62	0,04
Total	143072	40,87	2,57

Summary

As a continuation to the Finnish-Chilean cooperation in forestry, which started in 1991, two Finnish researchers visited Chile in late 1993. Data was collected on logging conditions and methods, organisation of forest operations as well as on the Chilean experiences in using advanced logging equipment in Chilean conditions. In addition a work study was carried out for a harvester and a forwarder.

In some 20 years Chile has become an important forestry country. Forest plantations, which consist mainly of Radiata pine and eucalypts, cover at the moment some 1.6 million hectares with the annual cut of some 14 million cubic metres. Many of the plantations are still young (Fig. 1), and it is estimated that the total harvestable volume in the plantations will reach 35 million cubic metres annually by the year 2020. The use and export of wood and forest industry products is illustrated in Figures 2–6.

Plantations are situated in the Coastal Mountains (Fig. 7), Central Valley and the foothills of the Andes in the lower central part of the country. Some 30 percent of the plantations are on hillsides with a slope steeper than 35 percent.

Forest management practices in radiata plantations vary from pulpwood production with 18-year rotation to production of pruned sawlogs with 24-year rotation. The average tree size at the final felling ranges from 0.3 to 1.5 m³, respectively. The total volume at the final felling is some 400 m³/ha in both cases, but in sawlog production on better sites some 100–150 m³ have then already been removed in thinnings.

For the time being trees are generally cut by chainsaw operators, although there are some ten feller-bunchers (Fig. 8) and about 20 harvesters in the country. Forest transport of timber is carried out with oxen, skidders (Fig. 9), forwarders and cable systems (Fig. 10).

Since 1991 there has been some harvesters operating in the country. The use of harvesters was initiated by some companies to reduce the alarming accident rates in the country. So far a very low accident rates have been reported in these mechanised operations. By using harvesters and forwarders the harvesting costs have been reduced by 20 percent and harvesting has been carried out with less damage to the environment (Tables 1–3, Figures 13–15).

According to some companies the learning process of the operators was faster than originally estimated. It has also been possible to operate harvesters and forwarders on steeper slopes than anticipated. Mechanised harvesting has reduced the need for transportation of personnel and supplies. The cooperation between the machine manufacturers and the operating companies has been reported as fruitful.

A work study of a harvester and a forwarder was carried out in Chilean conditions. The harvester study consisted of 857 trees (see Fig. 16). The

forwarder study material has been summarised in Table 4.

The results of the harvester study show that there is very little difference between the machine's performance in Chile and in Finland taking the tree size into account (Tables 5–7, Figures 19–24). Work quality was, however, lower in Chile. The average productivity was 30 m³ per effective operating hour (excluding delays). The average tree size was 0.5 m³.

In forwarding the average productivity, 16.5 m³ per effective operating hour (excluding delays) with the average transport distance of 135 m, was lower when compared to Finnish studies. The loading and unloading speed of the Chilean operators was lower due to limited work experience, the relatively bad presentation of the assortments and the shorter pulpwood length. The size of the load was, again, smaller in Chile than in Finland thus reducing the performance.

Conclusions and recommendations

The heavy input in the development of forestry and the favourable climatic conditions for forestry will soon double the amount of wood to be harvested annually. In order to be able to cope with the increased work load both improved traditional working methods and considerable mechanisation of forest harvesting will be needed.

The companies would need logging instructors to point out the importance of safe and effective working techniques as well as that of general safety precautions. In a long run a vocational training scheme for forest workers should be established. Better planning and work organisation could improve both security and productivity in harvesting operations.

In the Nordic countries one of the largest steps in increasing the productivity of chainsaw operators and forwarders was the introduction of 5 m random length pulpwood. The increase in productivity is some 15–20 percent in comparison to 2 to 3 m pulpwood. At the same time the wood recovery becomes more efficient. A prerequisite for the introduction of this new assortment is the capability of mills and trucks to handle this size of logs.

Introduction of new sawlog dimensions instead of the standard 4.15 m and its multiples and taking the log quality aspects into consideration would significantly increase lumber recovery and quality in sawmilling.

In mechanised operations, Chilean experience shows that through high productivity, working in shifts and high mechanical availability the unit costs of harvesters and forwarders can be kept competitive in comparison with traditional, low-investment systems even in countries where the labour costs are significantly lower than e.g. in the Nordic countries. In thinnings, it is likely that the use of chainsaw operators and forwarders and the 5 m random length pulpwood would prove a feasible alternative in Chilean conditions.

On steep slopes a viable alternative is to transport undelimited trees with cable systems and process the trees with excavator-mounted processors at the landing.

It is only the forest industries companies and the largest contractors that can afford to purchase the expensive equipment at the moment. To push the mechanisation forward, the forest industry companies could acquire the equipment and hire such persons as operators who could

become independent contractors after a couple of years of practice. In general, training of forestry workers, both chainsaw operators and machine operators, is one of the major bottlenecks to be tackled in the Chilean forestry sector.



Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 542
ISBN 951-40-1414-6 ISSN 0358-4283