

CÁTEDRAS

**PRINCIPIOS DE  
APROVECHAMIENTO  
FORESTAL**

Carlos Turc  
Esteban Bruhn Gauna

**Rector**

Ing. Héctor Rubén Paz

**Vicerrectora**

Lic. Hilda Marcela Juárez

**Subsecretaria de Comunicaciones**

Lic. María Gabriela Moyano

**Coordinador Editorial**

Dr. Lucas Daniel Cosci

# **Principios de Aprovechamiento Forestal**



# **Principios de Aprovechamiento Forestal**

Carlos Turc  
Esteban Bruhn Gauna



---

Turc, Carlos  
Principios de aprovechamiento forestal / Carlos Turc;  
Esteban Bruhn Gauna. - 1a edición para el alumno. -  
Santiago del Estero : EDUNSE, 2025.  
Libro digital, PDF - (Cátedras)  
Archivo Digital: descarga y online  
ISBN 978-987-4456-51-9  
1. Recursos Forestales. I. Bruhn Gauna, Esteban II.  
Título  
CDD A860

---



Libro  
Universitario  
Argentino

**Corrección:** Ignacio Daniel Ratier

**Diseño de tapa y maquetación:** Noelia Achával Montenegro - María Eugenia Alonso

**Edición:** Ignacio Daniel Ratier

©Carlos Turc, Esteban Bruhn Gauna  
© **EDUNSE**, 2025  
Av. Belgrano (S) 1912 - G4200ABT  
Santiago del Estero, Argentina  
email: infoedunse@gmail.com  
www.edunse.unse.edu.ar

Las opiniones expresadas en los libros publicados por **EDUNSE** no necesariamente reflejan los puntos de vista de la Subsecretaría de Comunicaciones ni del Comité Académico u otras autoridades de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Cualquier tipo de reproducción total o parcial de este libro, no autorizada por los editores, viola derechos reservados.

Hecho el depósito que marca la ley 11.723.

# ÍNDICE

## Capítulo 1

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	11
Significado e importancia del Aprovechamiento Forestal .....	12
Terminología .....	13
El monte como productor de beneficios.....	18
La renta del monte.....	20
Bibliografía .....	21

## Capítulo 2

<b>LA MATERIA PRIMA PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL.....</b>	23
Oferta de materia prima forestal en la República Argentina .....	25
Superficies boscosas y volúmenes de madera aportados por región..	31
Tendencias y perspectivas futuras .....	39
Bibliografía.....	40

## Capítulo 3

<b>LA MANO DE OBRA PARA LOS TRABAJOS FORESTALES.....</b>	43
Importancia de la mano de obra.....	43
Disponibilidad de mano de obra forestal.....	46
Motivaciones.....	48
Alimentación y vivienda de los obreros forestales.....	49
Campamentos forestales.....	50
Recomendaciones generales sobre la mano de obra forestal .....	56
Bibliografía.....	57

## Capítulo 4

<b>SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO FORESTAL</b> .....	59
Objetivos de un sistema de aprovechamiento forestal.....	60
Componentes y elementos de un sistema de aprovechamiento forestal	62
La componente corta.....	62
La componente extracción.....	63
La componente carga .....	64
La componente transporte .....	65
Clasificación de los sistemas de aprovechamiento forestal.....	65
Descripción de algunos sistemas de aprovechamiento forestal .....	72
Balanceo de un sistema de aprovechamiento forestal.....	79
Bibliografía.....	84

## Capítulo 5

<b>PLANIFICACIÓN DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL</b> .....	87
Importancia de la planificación en el aprovechamiento forestal.....	88
Niveles de planificación.....	88
Comprensión de los objetivos .....	89
Variables que se deben considerar en la planificación .....	90
El proceso de planificación .....	99
Información necesaria para la planificación.....	101
Reglas básicas para la planificación del aprovechamiento forestal....	107
El plan de aprovechamiento forestal .....	109
Consecuencias de una planificación inadecuada.....	116
Conclusión.....	117
Bibliografía .....	117
Bibliografía adicional recomendada .....	118

## Capítulo 6

<b>SEGURIDAD EN EL APROVECHAMIENTO FORESTAL</b> .....	121
Programa de capacitación .....	121
Responsabilidades del empleador (empresario o contratista).....	122
Responsabilidades del trabajador .....	122
Derechos del trabajador.....	123
Condiciones del lugar de trabajo.....	123
Accidentes: algunas definiciones .....	124
Prevención de accidentes y medidas correctivas .....	125
¿Qué se debe hacer cuando ocurre un accidente? .....	131
Seguridad en cada componente del sistema .....	136
Bibliografía.....	138

## Capítulo 7

<b>CORTA Y PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA FORESTAL .....</b>	139
Planificación de la corta .....	140
Selección y marcación de los árboles a cortar .....	147
Marcación de los árboles .....	151
Organización de las cuadrillas de apeo .....	153
Secuencia del abatimiento manual con motosierra.....	156
Cómo efectuar el corte direccional .....	164
Abatimiento mecanizado .....	171
Desramado de los árboles apeados.....	186
El trozado de los árboles apeados.....	190
Bibliografía.....	201

## Capítulo 8

<b>EXTRACCIÓN O TRANSPORTE PRIMARIO.....</b>	203
Extracción por gravedad.....	204
Extracción por arrastre .....	204
Forwarding (extracción con tractor autocargador).....	227
Extracción por suspensión.....	231
Extracción por medio de cables.....	231
Cables terrestres.....	233
Cables aéreos.....	239
Extracción con globos aerostáticos.....	244
Extracción con helicópteros .....	248
Otros métodos de extracción.....	255
Bibliografía.....	257

## Capítulo 9

<b>CARGA Y DESCARGA DE LA MATERIA PRIMA FORESTAL .....</b>	261
Métodos de carga.....	262
Métodos móviles .....	267
Descarga .....	273
Bibliografía.....	274

## Capítulo 10

<b>TRANSPORTE DE LA MATERIA PRIMA FORESTAL.....</b>	277
Medios de transporte de materia prima forestal.....	278
Transporte por agua.....	278
Transporte por ferrocarril .....	280

Transporte por camión.....	281
Factores que influyen sobre la selección de los camiones .....	290
Factores que afectan la productividad de los camiones .....	292
Planificación de transporte .....	293
Bibliografía.....	299
Capítulo 11	
<b>APROVECHAMIENTO FORESTAL EN LA ARGENTINA.....</b>	<b>301</b>
Las operaciones de aprovechamiento forestal .....	302
El Parque Chaqueño Seco.....	308
Conclusiones .....	316
Bibliografía.....	317
Capítulo 12	
<b>PRODUCTIVIDAD Y COSTOS DE APROVECHAMIENTO FORESTAL</b> .....	<b>319</b>
Concepto de productividad .....	320
La productividad en el sector forestal .....	321
Estudio de tiempos o cronometría del trabajo.....	324
Aplicaciones del estudio de tiempos en el sector forestal.....	329
Costos de aprovechamiento forestal .....	331
Costos fijos.....	336
Costos operativos.....	338
Costo de mano de obra .....	342
Costo total del sistema.....	344
Bibliografía.....	346
Capítulo 13	
<b>ASPECTOS ECOLÓGICOS DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL</b> .....	<b>349</b>
Efectos ambientales .....	350
Utilización de los residuos del aprovechamiento.....	360
Mitigación de los impactos ambientales .....	362
Normativas internacionales para la protección ambiental .....	364
La Certificación Forestal.....	370
Bibliografía.....	382
<b>Los autores.....</b>	<b>383</b>

# Capítulo 1

## Introducción

En todo lugar del mundo y en todas las épocas, los árboles han tenido su influencia en el progreso y el bienestar de las personas. Desde el habitante de las cavernas hasta el hombre de nuestros días, este progreso ha estado vinculado de alguna manera con los árboles y con los productos que de ellos se obtienen. Los árboles proporcionaban al hombre primitivo: alimentos, combustible, abrigo, protección, sombra, herramientas, medicinas, etc. Hoy en día los bosques siguen brindando esos mismos beneficios y muchos más. Además, existen numerosos productos derivados directa o indirectamente de los árboles y de la madera. La madera es la materia prima a partir de la cual la industria forestal elabora innumerables productos que son utilizados por los diversos sectores de la economía de un país: casas de familia, oficinas, escuelas, universidades, supermercados, almacenes, industrias, instituciones deportivas y dependencias gubernamentales.

Un bosque es una comunidad viviente de árboles en la que coexisten plantas y animales que crecen, se reproducen y mueren. Los árboles toman humedad y nutrientes del suelo y, con la ayuda de la radiación solar, "fabrican" madera y otros productos que las personas necesitan. De ahí la importancia del ingeniero forestal, cuya profesión puede definirse como "el arte y la ciencia de manejar los bosques de modo tal de obtener, en forma continua y sustentable, el máximo de bienes y servicios, tanto en cantidad como en calidad". La Ingeniería Forestal involucra el manejo de las áreas boscosas para satisfacer necesidades humanas. Eso incluye el aprovechamiento forestal, la transformación de la materia prima, la utilización y la comercialización de los diversos productos derivados de la madera.

Se puede manejar el bosque con un fin único o con fines múltiples, tales como: producción de madera, gomas, resinas, cortezas, frutos, etc.;

protección de cuencas y regulación de torrentes; aprovechamiento y/o protección de la fauna silvestre; control de la erosión; recreación, y fines estéticos.

La historia nos enseña que los países más avanzados y prósperos son los que tienen bosques productivos. Sería imposible mantener un buen estándar de vida y gozar de un alto grado de confort sin los bienes y servicios que nos brinda el bosque. Por lo tanto, el bosque desempeña un papel importantísimo en el presente y en el futuro de un país, desde los puntos de vista social, económico y ecológico.

### **Significado e importancia del Aprovechamiento Forestal**

La conversión de los árboles en pie en formas útiles a la economía humana comprende: el aprovechamiento forestal para obtener la materia prima, la transformación de ésta en diversos productos, y su comercialización y distribución. A su vez, el aprovechamiento implica: cortar y preparar la materia prima, sacarla del monte, y transportarla hasta una planta industrial.

A la luz de los conceptos que se acaban de presentar, vamos a definir ahora al **Aprovechamiento Forestal** como **el conjunto de actividades u operaciones que se realizan en el bosque con el fin de convertir los árboles en pie en materia prima utilizable por la industria para obtener diversos productos destinados a satisfacer las necesidades humanas**.

El objetivo de este libro es presentar los métodos de aprovechamiento forestal, incluyendo los sistemas, equipos, operaciones y técnicas empleados para obtener la “renta del monte”. Los conceptos desarrollados en sus 13 capítulos tienen como destinatarios a los estudiantes avanzados de las carreras de Ingeniería Forestal que se ofrecen en las cinco facultades de Ciencias Forestales de la Argentina.

La formación integral del futuro Ingeniero Forestal requiere que posea conocimientos sólidos y actualizados sobre los principios y técnicas del aprovechamiento forestal y cierto grado de entrenamiento práctico en ese sentido, aunque nunca vaya a voltear un árbol o trozar un fuste. El manejo sostenible de un bosque depende en gran medida de la manera en que se corten y saquen los árboles, y del cuidado que se le dé al ecosistema. Por ello el ingeniero debe conocer los factores biológicos, técnicos y económicos que influyen sobre el aprovechamiento. Los tratamientos silviculturales, el volumen de madera que se cortará cada año, y los objetivos del manejo forestal están fuertemente ligados al aprovechamiento

del bosque, así como al transporte de la materia prima hasta los mercados a un costo mínimo. Por lo tanto, los conocimientos sobre aprovechamiento forestal que adquiera el estudiante durante su paso por la universidad constituyen un complemento muy importante en su formación y preparación para el ejercicio profesional.

Debido a la complejidad y diversidad de los métodos, sólo se expondrán los fundamentos del aprovechamiento forestal. Por lo tanto, éste no será un tratado completo sobre la especialidad, que en algunos países demanda varios años de estudio. Una comprensión más profunda y un dominio total se logran mediante la experiencia, la práctica y estudios de posgrado.

## Terminología

En la Argentina, hasta finales de la década de 1970, las actividades mencionadas en la definición anterior recibían el nombre de Explotación Forestal. Así se designa en la actualidad la asignatura correspondiente en una de las facultades forestales del país, a pesar de que la palabra explotación posee una connotación negativa. En efecto, explotar un bosque implica cortar lo mejor, o todo, y dejar el terreno lleno de tocones y residuos leñosos de toda forma y tamaño, compactar y destruir el suelo, dañar la regeneración natural, contaminar los cursos de agua con sedimentos, y disminuir dramáticamente la productividad del ecosistema. Eso significa un verdadero desastre ecológico. En muchos países de África, Asia y América Latina, el término *explotación forestal* sigue teniendo actualmente el mismo significado. El equivalente aproximado en lengua inglesa es el vocablo logging, que entraña el concepto de talar o cortar árboles para transformarlos en trozas (logs) o en madera aserrada (Diccionario Merriam-Webster, 1993).

Desde el punto de vista semántico, *explotación* es la acción y efecto de explotar; es decir, obtener beneficio de algo. También significa hacer uso productivo de algo, utilizar, obtener utilidad de un negocio o industria en provecho propio, esquilmar (Real Academia Española, 2014). En un contexto forestal o minero, eso es precisamente lo que ha ocurrido con la mayoría de los bosques y las minas del mundo hasta bien avanzado el siglo XX: se los ha explotado en forma excesiva, abusiva e irracional, hasta agotarlos.

Desde la creación de la carrera de Ingeniería Forestal en Santiago del Estero en 1958 hasta 1972, el plan de estudios incluía una asignatura con

el nombre poco feliz e inapropiado de *Industrias Forestales I*. Luego se reemplazó esa denominación por *Utilización Forestal*, que tampoco describía adecuadamente los contenidos de la asignatura. En la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero se adoptó en 1983 el nombre de *Aprovechamiento Forestal*, aún vigente en la actualidad. Recién hace unos 40 años, comenzó a usarse en la Argentina el término *aprovechamiento* en lugar de *explotación*. En algunas empresas de la Región Mesopotámica se generalizó el uso de esa nueva palabra. Entonces ya no se explotaban los bosques; se los aprovechaba.

Según el Diccionario de la Lengua Española (Real Academia Española, 2014), *aprovechamiento* es la acción y efecto de aprovechar. Esto significa sacar provecho, beneficio o utilidad de algo o de alguien; emplear únicamente algo, hacerlo provechoso, sacarle el máximo rendimiento. En el sentido de la presente discusión, es similar al verbo *utilizar* cuyo significado es: servirse de una cosa para obtener un beneficio.

Se puede inferir, entonces, que los vocablos *explotación*, *utilización* y *aprovechamiento* tienen significados muy cercanos y, por lo tanto, se podrían usar como sinónimos. Afortunadamente, en aras de la uniformidad en la nomenclatura, cuatro de las cinco facultades forestales argentinas han adoptado el nombre de *Aprovechamiento Forestal* en sus actuales planes de estudio para designar a la asignatura objeto de este libro.

En los últimos 20 años se ha producido un notable crecimiento del sector forestal en nuestro país, como consecuencia de la Ley N.º 25.080/98, conocida como “Ley de Inversiones para Bosques Cultivados”, mediante la cual se creó un régimen de promoción para las forestaciones en la República Argentina. Atraídas por las ventajas de esta nueva legislación, se han instalado varias empresas forestales extranjeras en la Región Mesopotámica, entre ellas, dos chilenas y una alemana, además de empresas de capitales argentinos. Aparte de introducir nuevas tecnologías, mano de obra especializada, modalidades de trabajo diferentes, y un estilo de gestión moderno y dinámico, las empresas de capital chileno, en particular, han llegado a imponer su propia terminología en algunos aspectos de la actividad forestal. En lo que concierne a la presente discusión, es interesante señalar el uso actual de la palabra *cosecha* entre las personas involucradas directa o indirectamente con el sector forestal.

Para referirse a las tareas de corta, extracción y carga de la materia prima forestal, en las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos, actualmente se emplea el término *cosecha*, en vez de *aprovechamiento*. Probablemente esto se deba a la traducción literal y posterior adopción de la palabra inglesa *harvesting*, como consecuencia de la formación y perfeccionamiento profesional de muchos ingenieros forestales chilenos en los Estados Unidos. Hace más de medio siglo que, en América del Norte,

el término *logging* ha sido sustituido por *harvesting*, especialmente en el ámbito académico. Un breve análisis del significado servirá para aclarar este punto. Según el Diccionario Merriam-Webster (1993), *harvesting* es la acción y efecto resultante del verbo *to harvest*, que significa: reunir, juntar, recoger (los frutos), recolectar, cosechar, acopiar, amontonar, para uso o beneficio humano. Si se considera que una plantación es un cultivo de árboles, entonces resulta lógico decir que, llegada la madurez, se cosechan los árboles. Por lo tanto, parece apropiado usar la palabra *cosecha* para referirnos al aprovechamiento de una plantación o un bosque implantado.

Generalmente el aprovechamiento forestal pone énfasis en la producción de madera para aserrar o para triturar, que son los productos más importantes desde el punto de vista económico. Sin embargo, la materia prima del bosque también se destina a la producción de durmientes, postes, puntales para minas, rollizos para rebobinar, toneles, láminas, tableros diversos, leña, etc. Casi todos ellos se producen a partir de madera redonda, de diferentes longitudes y diámetros, que luego se convertirá en un producto final, de forma más refinada, utilizable por los consumidores. Esa materia prima recibe el nombre de rollo, rollizo o troza.

El aprovechamiento forestal es la más importante de todas las tareas que se realizan en el bosque. La perpetuación de los bosques depende de que se usen métodos y sistemas adecuados que aseguren su regeneración. Los costos de cosecha tienen un efecto considerable sobre los costos de transformación de la materia prima. Para una empresa argentina de la Región Mesopotámica, por ejemplo, los costos de aprovechamiento representan el 60 % del costo de producción de tablas en su aserradero y cerca de un 40 % del valor de la madera aserrada colocada en el mercado local. En contraste, el valor del monte en pie es apenas el 15-20 % del total (Rigal, 2020, comunicación personal).

Otra empresa de la misma región paga, en promedio, US\$ 12,80 por cada tonelada de trozas aserrables de pino puestas en la playa del aserradero, mientras que el costo de aprovechamiento es de apenas US\$ 4,20 por cada tonelada de rollos puestos sobre camión, a lo que se le suman US\$ 2,70/t de flete, a una distancia de 50-60 km (Kiriluk, 2020, comunicación personal). Eso implica que el costo de obtención de la materia prima representa un 33 % del costo total de las trozas puestas en playa de fábrica. Según la misma fuente, una plantación de pino de 15-16 años, con un volumen promedio de 260 t/ha, tiene un precio de US\$ 1.333/ha, lo que significa que el valor del monte en pie es de US\$ 5,13/t. En este caso, el 74 % del volumen existente era material aserrable; por lo tanto, el valor del monte en pie es mayor: 34 % del precio de la materia prima puesta en playa del aserradero.

Según Gayoso Aguilar (1993), los costos de extracción y transporte de madera en Chile representan más del 40 % de los costos de la madera

puesta en fábrica. En general, las empresas forestales chilenas son más eficientes y tienen costos menores que las argentinas.

Para visualizar mejor la importancia del aprovechamiento forestal, comparémoslo con algunas operaciones silviculturales, que apuntan a mejorar el desarrollo de la masa boscosa. Los raleos y las podas tienen por objeto favorecer el crecimiento de los árboles y obtener madera de mejor calidad. Por su parte, el aprovechamiento puede considerarse la operación principal dentro de la actividad forestal ya que es la culminación de todo el esfuerzo del silvicultor para obtener la materia prima que luego se transformará en un producto útil a la sociedad. Los árboles son un bien valioso, pero su valor se materializa recién cuando se los corta; el productor comienza a percibir el retorno a su inversión a partir del momento en que vende el monte en pie o entrega la materia prima a la industria o a un intermediario.

El aprovechamiento constituye una actividad crítica dentro del sector forestal. Si se lo realiza en forma inadecuada y sin control, se puede perjudicar seriamente al bosque, disminuyendo drásticamente su productividad y su potencial de regeneración. Si se usan técnicas y métodos incompatibles con el ecosistema, se puede ocasionar daños al suelo, a los árboles que se están extrayendo y también a los árboles remanentes y al repoblado.

Finalmente, se puede considerar al aprovechamiento forestal como el resultado de un plan de manejo forestal. Este es el punto de vista del silvicultor o del propietario de un monte para quien los productos forestales representan una fuente de ingresos. También se lo puede considerar una parte del proceso total de transformación de la materia prima, que es la visión de la industria forestal. En el primer caso, el productor vende la madera para su posterior industrialización; en el segundo, la industria es propietaria de la madera a elaborar, o bien la compra para incorporarla a un proceso de transformación industrial. En cualquiera de los dos casos, las operaciones de aprovechamiento son una parte esencial del “negocio forestal”, cuya finalidad es la provisión de materia prima para satisfacer la demanda del mercado.

En general, una empresa cuya actividad principal es el aprovechamiento forestal tiene diversos objetivos en diferentes niveles:

1. Primer nivel: objetivos corporativos o comerciales.
  - Abastecer de materia prima a la industria (corto plazo).
  - Asegurar la regeneración del monte (largo plazo).
2. Segundo nivel: objetivos sociales y políticos.
  - Proteger el ecosistema (minimizar daños).
3. Tercer nivel: objetivos propios del aprovechamiento.
  - Velar por la seguridad de los trabajadores.
  - Maximizar la productividad de las operaciones.

Maximizar el valor de la materia prima forestal.  
Minimizar los costos de aprovechamiento.

En el nivel corporativo, la empresa puede tener también otros intereses no relacionados directamente con la obtención de madera del bosque. En ese caso, hablamos de objetivos múltiples. Los dos primeros niveles marcan el rumbo o la orientación comercial de la empresa. En todos los niveles, la fuerza motriz es el mercado. En el corto plazo el objetivo es el abastecimiento de madera; en el largo plazo, la producción de madera.

El aprovechamiento forestal está indirectamente vinculado con el bienestar económico y social de un país. Las empresas forestales (tanto las que obtienen materia prima del bosque como las que la industrializan) emplean una gran cantidad de operarios, para quienes su trabajo representa una fuente de ingresos monetarios. Hay un gran flujo de dinero desde el sector industrial hacia el sector obrero; por ejemplo, desde las empresas que fabrican los equipos y máquinas utilizados en el monte, en los aserraderos y en la industria forestal en general, y desde las empresas de cosecha y de transporte hacia los obreros y empleados del sector forestal.

El sector forestal contribuye de manera significativa a la economía de algunos países. Así, por ejemplo, en Finlandia representa el 4 % del PBI; en Suecia y Nueva Zelanda, el 3 %; en Canadá, el 2,6 %; y en Chile, el 2 %, según un informe reciente de la FAO (FAO, 2016). Mención especial merece China, donde el PBI aportado por el sector forestal se ha cuadruplicado en 10 años (2001-2010), alcanzando el 1,5 %. En la Argentina, un país cuya economía se ha basado históricamente en la agricultura y la ganadería, el sector forestal en su conjunto aporta apenas 1,7 % del PBI.

En síntesis: la materia prima del bosque abastece a toda la industria forestal, que depende íntegramente del aprovechamiento. A su vez, las empresas realizan grandes inversiones de capital y contribuyen de ese modo al crecimiento de la economía de un país.

Manejar un bosque es un negocio, y el objetivo racional de todo negocio es maximizar el beneficio total. Toda empresa procura siempre maximizar sus ganancias y minimizar sus costos, teniendo presente que el aprovechamiento debe ser sustentable y a perpetuidad.

Por otra parte, la madera, por ser un producto del monte, se está formando permanentemente; por lo tanto, es un recurso natural inagotable si se lo maneja en forma inteligente. En cambio, otros productos de la naturaleza (gas natural, petróleo, carbón, minerales, etc.) son de duración limitada, y no renovables. En consecuencia, podríamos afirmar que la madera es la materia prima del futuro.

Aplicando los métodos adecuados de aprovechamiento y teniendo en cuenta las características del bosque y las exigencias del mercado, se pue-

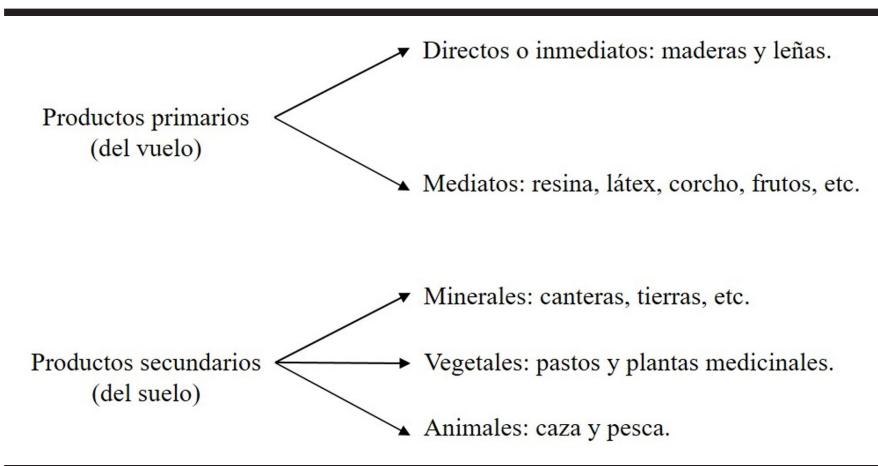
de llegar a transformar a los montes naturales en montes ordenados. De esa manera, se podrá asegurar el desarrollo sustentable de todas las actividades relacionadas directa o indirectamente con la economía forestal.

### **El monte como productor de beneficios**

El monte y los árboles que lo conforman brindan a la sociedad diversos beneficios. Por ello se considera al monte como un capital, y, como tal, se lo denomina **capital monte** o “capital forestal”, el que, a su vez, consta del **capital suelo** y el **capital vuelo**.

El **capital suelo** representa la extensión y permanece invariable. Está formado por el suelo propiamente dicho, sus nutrientes minerales y orgánicos, las raíces, los tocones y las semillas; o sea, los restos del vuelo anterior luego de una corta, más los gérmenes del vuelo futuro. El **capital vuelo**, por encima del suelo, es la parte del capital monte que acumula crecimientos año tras año y genera así una renta. Las energías del ambiente y la actividad vital del vuelo, evolucionando en el tiempo, colaboran en la formación del producto (MacKay, 1964).

Algunos beneficios del bosque se obtienen a partir del vuelo, mientras que otros provienen del suelo. Aquéllos se denominan primarios, por ser los más valiosos, y éstos se conocen como secundarios. Los beneficios o productos primarios, a su vez, pueden ser: (1) directos o inmediatos, como la madera y la leña, obtenidos por corta, poda o roza; o (2) mediatos, como la resina y el corcho, obtenidos a partir del árbol vivo en pie. Por otra parte, el bosque brinda ciertos beneficios por su mera presencia; por ejemplo, control de la erosión, protección, recreación, reducción de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, regulación de la temperatura del aire, biodiversidad, etc.

**Figura 1.** Productos primarios y secundarios del bosque

Otra manera de presentar los beneficios que brinda el bosque es clasificarlos en dos categorías: (a) bienes y (b) servicios.

**Tabla 1.** Beneficios del bosque

Beneficios del bosque	
Bienes	Servicios
Alimentos	Abrigo
Combustible	Protección
Medicamentos	Control de la erosión
Madera	Biodiversidad
Fauna	Recreación
Minerales	Valores estéticos
Gomas	Efecto sobre el clima
Resinas	Atenuación del ruido
Taninos	Valor de la tierra
Cortezas	
Agua	

A su vez, a partir de la madera que se extrae del bosque se puede obtener una amplia gama de productos, tales como: leña para combustible o para carbón, postes, durmientes, tablas, pilotes, láminas, tableros, toneles, pasta celulósica, papeles, cartones, plásticos y diversas sustancias químicas.

## **La renta del monte**

El Aprovechamiento Forestal y el Manejo Forestal comparten un objetivo económico común: obtener el máximo beneficio del monte. Para ello, el ingeniero forestal deberá utilizar métodos y técnicas que conduzcan a lograr un monte ordenado; es decir, un monte “organizado conforme a las leyes económicas, sin infringir las biológicas” (MacKay, 1964). En un monte ordenado se deben satisfacer tres condiciones: (1) de persistencia, (b) de rentabilidad, y (3) de máximo rendimiento.

La primera condición implica que la regeneración estará asegurada, ya sea en forma natural o artificial, de manera que el vuelo ocupe el suelo en todo momento. La condición de rentabilidad significa que el monte proporcionará una renta anual o periódica, cuya magnitud dependerá de la conveniencia del productor y de las condiciones del mercado. Para que se cumpla la tercera condición, el beneficio directo obtenido debe ser máximo dentro de ciertas restricciones biológicas, económicas y ambientales. Este máximo de beneficio directo depende de la especie, de la calidad de sitio, del tratamiento silvicultural y de la cantidad y calidad de productos que brinde el monte. También influyen otros factores tales como el mercado (oferta y demanda), el costo de producción, el precio de los productos, los medios de transporte, y la organización del trabajo. Directamente ligado al máximo rendimiento está la fijación del turno de corta; es decir, la edad máxima de los árboles del vuelo que se ha de cortar. Este punto de madurez es el momento en que los árboles pueden y deben ser cortados, obteniéndose así la máxima utilidad (MacKay, 1964). Ésta depende del mercado y de los objetivos del productor; por lo tanto, hay un punto de madurez económica del vuelo, que es lo que generalmente se tiene en cuenta al decidir cuándo se va a aprovechar el monte en función del tipo de producto a que se destinará la materia prima.

## Bibliografía

- Diccionario de la Lengua Española, 23 ed. 2014. Real Academia Española, Madrid.
- F.A.O., 2016. El Estado de los Bosques del Mundo. FAO, Roma.
- Gayoso Aguilar, J. 1993. Planificación y diseño de caminos de extracción en bosques de lenga. CIEFAP, Publicación Técnica N.º 13, Esquel, Chubut, Argentina.
- Kiriluk, R. 2020. Comunicación personal. Pomera Maderas, S.A., Virasoro, Corrientes, Argentina.
- Ley 25.080. Ley de Inversiones para Bosques Cultivados. Promulgada el 15 de enero de 1999. Buenos Aires, Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina.
- MacKay, E. 1964. Dasometría. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- Merriam-Webster' Collegiate Dictionary, 10<sup>th</sup> ed. 1993. Merriam-Webster, Inc. Springfield, Massachusetts, U.S.A.
- Rigal, P. 2020. Comunicación personal. Forestal Las Marías, Virasoro, Corrientes, Argentina.



## Capítulo 2

# La materia prima para el aprovechamiento forestal

Un problema importante que enfrentan actualmente muchos países es el abastecimiento de madera. Todos sabemos cómo se destruyeron millones de hectáreas de bosques en nuestro país y en el mundo. Durante siglos, los bosques han sido explotados, no aprovechados. La filosofía dominante y la práctica más común ha sido explotar un área boscosa –destruirla– y luego abandonarla, o destinarla a otros fines, como agricultura o ganadería. Eso respondía a las necesidades económicas del momento; nadie se detenía a pensar en el futuro. Se pensaba que la madera de los montes era inagotable. Esto continúa aún hoy, aunque en menor escala, pues paulatinamente la humanidad ha ido comprendiendo la importancia de los recursos forestales. En las últimas décadas, la sanción de leyes forestales, basadas en la toma de conciencia de las graves consecuencias de las actividades antrópicas sobre el ecosistema (e.g., contaminación ambiental y agotamiento de los recursos), ha contribuido significativamente a atenuar el problema en muchos países que históricamente han ignorado o descuidado ese aspecto del aprovechamiento de los bosques. En la actualidad se comprende claramente que sólo mediante el uso racional y el manejo sustentable se podrá lograr la conservación de los recursos forestales para beneficio de las generaciones futuras.

La creciente demanda de madera y otros productos forestales también es motivo de gran preocupación en el mundo. Esto ha conducido a que el aprovechamiento sea integral y a que se encuentre utilidad y aplicaciones a muchos subproductos del bosque a los que antes se consideraba como desechos. Así, por ejemplo, de un árbol se puede obtener rollizos para ase rrar, trozas para laminar, postes, madera para pasta celulósica, leña, corteza, astillas, goma, resina, frutos, biomasa para generación de energía, etc. En la actualidad es muy común hablar sobre el “uso múltiple y sustentable” del bosque y sobre los “productos forestales no leñosos” (*nonwood forest products*). También se advierte una demanda social creciente por los

denominados “servicios ambientales” del bosque, tales como: regulación de cuencas hídricas, fijación del suelo, recreación, biodiversidad, creación de hábitat para la fauna, producción de oxígeno y captura de carbono. Existen empresas privadas que invierten en estos servicios e incluyen en su gestión forestal estos aspectos “no productivos” del aprovechamiento.

Un aprovechamiento integral implica obtener el máximo valor del árbol, utilizando de él todo lo que se pueda. Para ello se debe considerar el árbol completo; es decir, fuste, ramas, tocón y raíces. Dependiendo de la especie, del sitio y del producto a obtener, la porción industrialmente utilizable del árbol, desde la altura del tocón hasta unos 8-10 cm de diámetro en la punta más delgada del fuste, contiene sólo el 65 % del total de fibra del árbol. Un 25 % está en el tocón y en las raíces, y el 10 % restante, en las ramas. Esto significa que el 35 % de las fibras aprovechables del árbol generalmente no se utiliza. Sin embargo, gracias al cambio de mentalidad con respecto a la utilización óptima del recurso forestal y a las nuevas tecnologías, actualmente se aprovecha una proporción mucho mayor de cada árbol, pudiéndose superar el 90 % si se usan los residuos de la industria maderera y los del aprovechamiento para generar energía eléctrica (AFoA, 2017). Por otra parte, cuando quedan en el monte árboles sobremañudos, enfermos, tortuosos, defectuosos, o moribundos, o se deja parte de un árbol sin aprovechar, se pierde un volumen considerable de fibras, al igual que cuando se desechan los productos de los raleos, debido a los altos costos de extracción. Para optimizar la utilización de cada árbol y maximizar su valor, se deberán encontrar tecnologías y aplicaciones que permitan aprovechar todo el volumen posible de las fibras contenidas en él.

Millones de hectáreas de bosques han sufrido las consecuencias de los incendios forestales, causados en gran parte por técnicas inadecuadas de manejo, o para permitir la expansión de la agricultura, la ganadería, las industrias, las ciudades y los ferrocarriles. Los efectos desastrosos del fuego constituyen una calamidad para el mundo pues reducen dramáticamente los volúmenes de materia prima disponible para la industria forestal, destruyen ecosistemas que son fuentes vitales de oxígeno, y contribuyen así al calentamiento global del planeta.

La demanda creciente, el excesivo desperdicio, el manejo negligente, y los incendios son las principales causas de la escasez de materia prima forestal que hoy padece el mundo. Es nuestra responsabilidad revertir esta situación para nuestro beneficio y el de las generaciones futuras. Hasta se podría reducir el consumo de combustibles fósiles mediante la producción de energía a partir de la biomasa proveniente de los bosques, iniciativa que está tomando cada vez más fuerza a escala mundial.

Felizmente, la filosofía de manejo forestal de algunas empresas y de algunos gobiernos ha venido cambiando gradualmente. Hoy se compren-

de que la clave para aumentar la producción y satisfacer la demanda no radica en cortar más árboles sino en plantar más árboles, y en utilizar al máximo la capacidad productiva del suelo.

Se puede aumentar el crecimiento y, por tanto, el volumen de las masas forestales comerciales mediante programas de manejo forestal sustentable que incluyan: establecimiento de plantaciones para diversos fines, tratamientos silviculturales, como podas y raleos, fertilización, mejoramiento genético, y protección contra incendios, plagas y enfermedades. En muchos países, las empresas privadas y los gobiernos invierten millones de dólares por año en este tipo de programas, y los resultados han sido excelentes. Se ha logrado producir árboles genéticamente superiores, de crecimiento más rápido, mejor conformados, con mayores dimensiones comercializables en menor tiempo, con madera de mejor calidad, y resistentes a ciertos agentes patógenos, además de obtener rodales más uniformes y mayor productividad ( $m^3/ha$ ). La consecuencia más importante es que actualmente es posible producir mayor cantidad de materia prima en menos superficie y en menor tiempo para satisfacer la demanda creciente de productos forestales. Otro aspecto positivo de estos cambios se evidencia en la actitud diferente del sector empresarial. Muchas empresas hoy prestan mayor atención a ciertos aspectos, antes ignorados, tales como: planificación, seguridad, higiene y salud de los trabajadores, y minimización del impacto ambiental del aprovechamiento.

### **Oferta de materia prima forestal en la República Argentina**

Como ya se indicó, menos del 2 % del PBI de la Argentina proviene del sector forestal, y esta participación ha sido similar en los últimos 20 años. En valores monetarios y a moneda constante, esto equivale a unos US\$ 4.500 millones anuales, con la siguiente distribución por rubro: madera aserrada = 65 %, celulosa y papel = 28 %, silvicultura = 7 % (SAGPyA, 2006).

Según estadísticas actualizadas del Gobierno Nacional, el sector foresto-industrial genera actualmente alrededor de 100.000 empleos directos e indirectos, y produce 15,2 millones de toneladas de madera por año, de las cuales el 75 % proviene de plantaciones de pinos, eucaliptos y salicáceas. Estas masas implantadas aportan, respectivamente, 63 %, 28 % y 8 % de la materia prima utilizada anualmente en el país (DNDFI, 2017).

Tomando como base el Censo Nacional de Aserraderos 2015 (DNDFI, 2017), 2.087 aserraderos de todo el país (92 % de los cuales fueron clasifi-

ficados como pequeños y muy pequeños) ocuparon en forma directa 22.302 empleados permanentes y temporarios declarados legalmente. Por su parte, la última Encuesta Anual de la Industria Maderera y del Papel (DNDI, 2019), revela que 30 industrias dedicadas a la producción de pastas celulósicas y papel emplearon 7.870 personas. Esta cifra contrasta con las 5.058 personas empleadas por las restantes industrias forestales, que en 2017 se distribuyeron así:

- 15 aserraderos de la Mesopotamia (1 % del total): 2.481 empleados.
- 18 fábricas de tableros y faqueado: 2.431 operarios.
- 15 plantas de impregnación: 146 personas.
- Número total de personas empleadas en forma directa: 32.749.

Otro indicador importante es la contribución del sector forestal a la balanza comercial. Argentina ha sido históricamente un importador neto de madera y productos forestales, principalmente de pastas celulósicas y papeles. Lamentablemente, el grado de confiabilidad de las cifras estadísticas de nuestro país a menudo depende del gobierno de turno, y es común encontrar valores considerablemente diferentes en períodos cortos de tiempo. En 2018 (con datos más confiables), las exportaciones de productos forestales alcanzaron US\$ 697.701.963 (resultantes de la venta de 734.063 t), mientras que las importaciones fueron de US\$ 1.497.720.881 (provenientes de la compra de 1.161.688 t), lo que arroja un saldo deficitario de US\$ 800 millones. Es decir, ese año compramos más del doble de lo que vendimos. Las exportaciones representan menos del 2 % de las exportaciones totales de la Argentina. En contraste, el sector forestal de Uruguay tiene una participación de 24 % sobre el total de bienes exportados por el país, con US\$ 2.157 millones en 2018, según *Uruguay XXI* (2019).

La participación porcentual de cada rubro del sector forestal argentino se puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Exportaciones e importaciones de productos forestales de la República Argentina en 2018.

<b>Exportaciones: 734.063 toneladas</b>	<b>%</b>
Papeles y cartones	35
Pastas celulósicas	20
Madera, carbón vegetal y manufacturas de madera	20
Extractos curtientes	11
Productos editoriales	6
Productos diversos de las industrias químicas	5
Otros	3
<b>Importaciones: 1.161.688 toneladas</b>	<b>%</b>
Papeles y cartones	56
Productos editoriales	11
Pastas celulósicas	10
Madera, carbón vegetal y manufacturas de madera	8
Caucho y sus manufacturas	5
Plásticos, corchos, muebles	8
Otros (gomas, resinas, etc.)	2

Fuente: DNDI, Secretaría de Agroindustria de la Nación, 2018.

Con más de 31 millones de hectáreas de bosques nativos (SAyDS, 2005) y un área forestada de 1,3 millones de hectáreas, las masas forestales de la República Argentina satisfacen actualmente la demanda de materia prima de la industria forestal. Las superficies ocupadas por cada región, resultantes del Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (SAyDS, 2005), se ilustran en las Tabla 2 y Fig. 1. La distribución porcentual de las superficies de bosques nativos, por región, se presenta en la Figura 2.

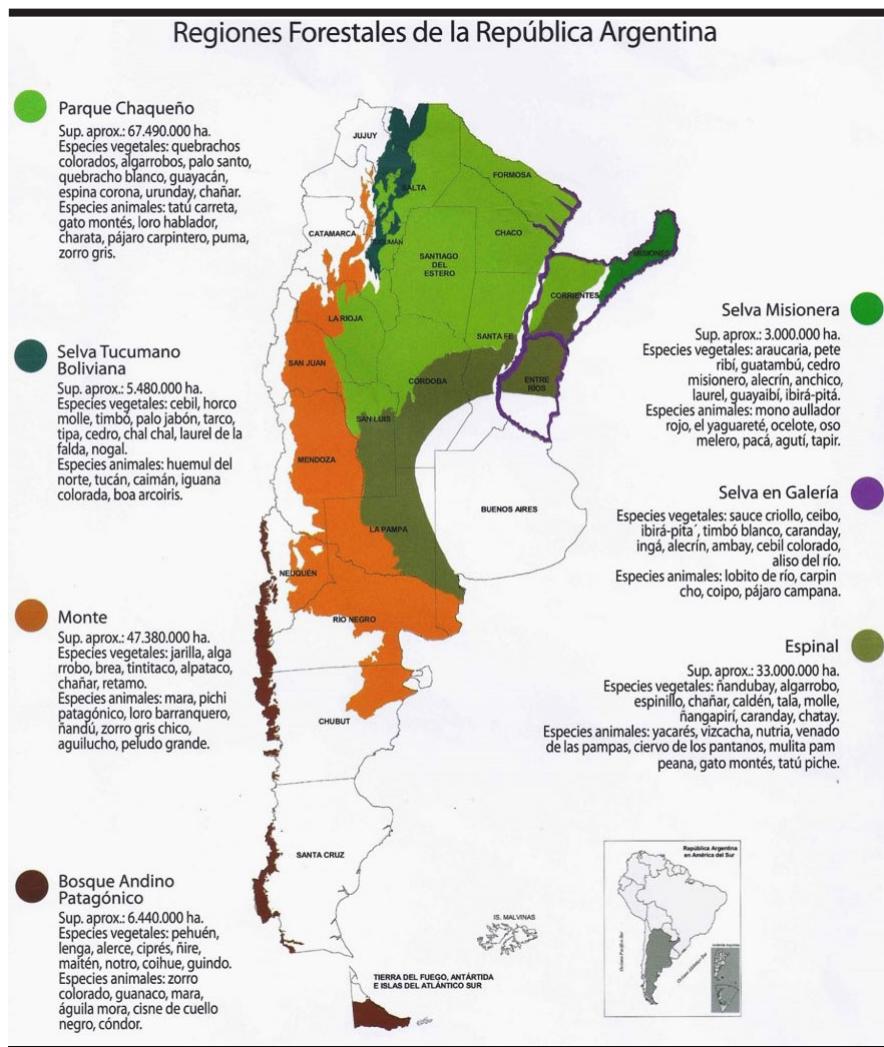
**Tabla 2.** Superficie de bosques nativos de la República Argentina por región.  
(Valores expresados en hectáreas.)

Superficie	Selva Misionera	Selva Tucumano-Boliviana	Bosques Andino-Patagónicos	Parque Chaqueño	Región del Monte	Prov. del Espinal	Total
Tierras forestales	914.823	3.732.985	1.895.254	21.278.396	—	2.488.066	30.309.524
Bosques rurales	538.558	—	—	427.110	—	168.681	1.134.349
Total bosque nativo	<b>1.453.381</b>	<b>3.732.985</b>	<b>1.895.254</b>	<b>21.705.506</b>	<b>—</b>	<b>2.656.747</b>	<b><u>31.443.873</u></b>
Otras tierras forestales	52.329	325.075	2.223.892	13.221.252	42.995.495	6.157.475	64.975.518

Fuente: Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informes Regionales, Programa de Bosques Nativos y Áreas Protegidas, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAYDS), 2005.

En 2008, la entonces Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) informaba que, en la primera década de este siglo, las plantaciones de especies exóticas aportaron 8,3 millones de toneladas de materia prima por año al sector industrial, equivalente al 63 % del total. Por su parte, la madera de montes nativos contribuyó anualmente con 4,8 millones de toneladas (37%). En contraste, los datos [más confiables] publicados por la Dirección de Desarrollo Foresto-Industrial del Ministerio de Agroindustria de la Nación (DNDI, 2017) muestran que, en 2016, la producción de madera de plantaciones llegó a 11,5 millones de toneladas, pero esas estadísticas proveen sólo estimaciones con respecto a los volúmenes aportados por los montes nativos. En este sentido, vale la pena señalar que, desde 2018, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (MAyDS) está llevando a cabo el Segundo inventario Nacional de Bosques Nativos, que revelará cifras actualizadas de las superficies ocupadas por nuestras masas forestales autóctonas, así como los volúmenes existentes luego de 12 años de explotación descontrolada de esos recursos. (Resulta oportuno mencionar que el Primer inventario se llevó a cabo entre 1998 y 2005).

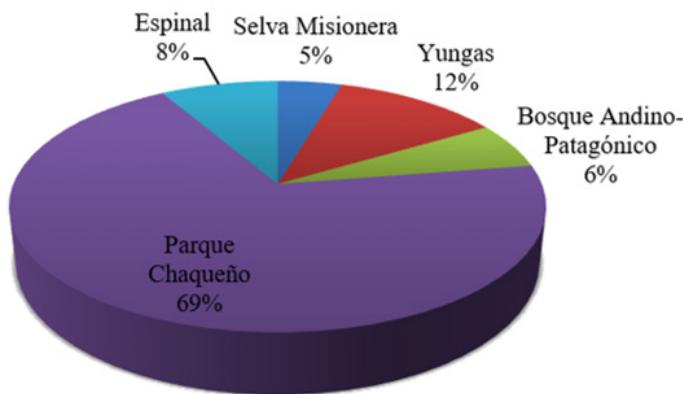
**Figura 1.** Mapa de las Regiones Forestales de la República Argentina.



Fuente: Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, s.f.

**Figura 2.** Superficie de bosques nativos de la República Argentina.  
Participación porcentual de cada región.

### Superficie de bosques nativos de la Argentina (Porcentaje por región)



Fuente: Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos, SAEyDS, 2005.

Según la DNDI, en 2016 se extrajeron 11.471.669 toneladas de madera procedente de plantaciones, que equivalen al 75 % del total utilizado por las diversas industrias forestales del país. Por su parte, el Anuario de Estadística Forestal (MAyDS, 2018) muestra que ese mismo año los montes nativos de la Argentina suministraron a la industria 4.032.856 toneladas de madera. En conjunto, las extracciones totales de madera en rollo alcanzaron 15.504.525 toneladas en 2016, como se puede apreciar en la Fig. 5.

### Superficies boscosas y volúmenes de madera aportados por región

Las estadísticas más recientes de la DNDI (2017) muestran que la provincia de Misiones posee 1.453.381 ha de bosques subtropicales, correspondientes fitogeográficamente a la región de la Selva Misionera, y 405.824 ha

forestadas con pinos (*Pinus sp.*), eucaliptos (*Eucalyptus grandis*), araucaria (*Araucaria angustifolia*) y otras especies. De esas masas boscosas se extraen anualmente 5.658.446 t de madera: 5.375.524 t de plantaciones (95 %) y 282.922 t de bosques nativos (5 %), según la misma fuente (Tabla 3). Así, Misiones, que posee más de 700 establecimientos industriales de diverso tamaño destinados a la transformación de la madera, aporta a la industria de productos forestales el 37 % del total de la materia prima utilizada en el país, lo que la posiciona en el primer lugar como productora de madera.

**Tabla 3.** Área boscosa y extracción anual de madera en la Argentina.

Provincia o región	Área boscosa (ha)		Extracción anual (t)		
	B. nativos	Plantaciones	B. nativos	Plantaciones	Total
Misiones	1.453.381	405.824	282.922	5.375.524	5.658.446
Corrientes	—	473.983	—	2.889.913	2.889.913
Entre Ríos	—	127.518	—	1.978.436	1.978.436
P. Chaqueño	21.705.506	13.122	3.339.776	—	3.339.776
Selva T-B	3.732.985	25.047	146.851	126.376	273.227
Bosque A-P	1.895.254	110.775	147.225	130.768	277.993
Buenos Aires	—	44.909	—	352.499	352.499
Delta	—	83.370	—	364.289	364.289
Otras prov.	2.656.747	38.881		253.864	369.946
Total	<b>31.443.873</b>	<b>1.323.429</b>	<b>4.032.856</b>	<b>11.471.669</b>	<b>15.504.525</b>

Fuentes: Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos, SAyDS, 2005. Anuario de Estadísticas Forestales 2008, SAGyP, 2009. Dirección de Desarrollo Foresto-Industrial, Ministerio de Agroindustria, 2017. Anuario de Estadísticas Forestales, Especies nativas 2016, MAdyS, 2018.

Las otras provincias mesopotámicas, Corrientes y Entre Ríos, tienen extensas masas implantadas de eucaliptos y pinos, de las cuales se cortan respectivamente 2.889.913 t (19 % del total) y 1.978.436 t por año (13 % del total). Es interesante destacar que las forestaciones en Corrientes han cobrado un impulso significativo en los últimos 20 años, llegando a cubrir 474.000 ha, más del triple que su provincia vecina (127.000 ha). La distribución geográfica de las áreas forestadas se ilustra en la Figura 3 y la composición porcentual por región o por provincia se puede apreciar en la Figura 4.

La región fitogeográfica del Parque Chaqueño, la más extensa del país, posee casi 22.000.000 ha de bosques nativos, equivalentes al 70 % de la superficie forestal de la Argentina, según el Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (SAyDS, 2005). El Anuario de Estadística Forestal (MAYDS, 2018), presenta los volúmenes de madera nativa extraída en el año 2016. De las cifras allí consignadas se desprende que de los montes nativos de la Argentina se trajeron 4.032.856 toneladas de madera en 2016, de las cuales 3.399.776 toneladas (83 %) provienen del Parque Chaqueño. Esto representa el 22 % del volumen total de madera extraída en el país, lo que coloca a esta región en el segundo lugar como proveedor de materia prima. Las principales especies que allí se aprovechan son: quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*), quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis lorentzii*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) y algarrobo blanco (*Neltuma alba*).

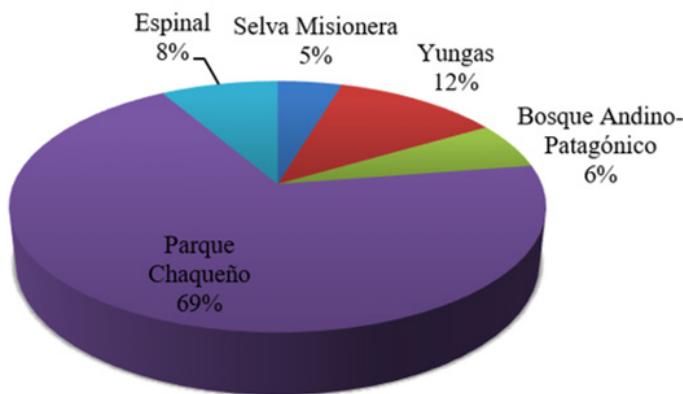
**Figura 3.** Distribución geográfica de las forestaciones en la Argentina.



Fuente: DNDFI, 2017.

**Figura 4.** Composición porcentual de las áreas forestadas de la República Argentina por región o provincia.

**Superficie de bosques nativos de la Argentina**  
(Porcentaje por región)



Fuente: Elaboración propia.

La contribución de la Selva Tucumano-Boliviana, o Región de las Yungas, es de 3.732.985 ha, a las que se le suman 25.047 ha de plantaciones de pino (*Pinus sp.*) y eucalipto (*Eucalyptus sp.*). Las cifras publicadas por la DNDI (2017) indican que allí se cortan 273.227 t/año, de las cuales las especies exóticas aportan 126.376 t/año (casi el 46 % del volumen total extraído anualmente), mientras que las valiosas maderas nativas como cedro (*Cedrela balansae*), lapacho (*Handroanthus impetiginosus*), nogal criollo (*Juglans australis*) y cebil colorado (*Anadenanthera colubrina*), contribuyen con el 54 % restante.

El Bosque Andino-Patagónico cubre casi 2.000.000 ha. Las especies más importantes desde el punto de vista comercial son la lenga (*Nothofagus pumilio*) y el ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). También existen en esta región plantaciones de especies exóticas tales como *Pinus ponderosa*, *P. murrayana*, *P. radiata*, *Pseudotsuga menziesii* y *Populus spp.*, que totalizan 111.000 ha (DNDI, 2017). La cantidad de madera extraída supera las 277.000 t/año, casi igualmente repartidas entre especies nativas (53 %) y exóticas (47 %).

De poca importancia por su escasa contribución a la industria forestal es la Región del Espinal, que ocupa un área de 8,8 millones de ha, distribuidas en seis provincias. Sólo 2,6 millones de ha de esta región, en la que predomina el caldén (*Neltuma caldenia*), están clasificadas como bosque nativo en el Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (SAyDS, 2005).

Buenos Aires ha sido una provincia predominantemente agrícola-ganadera desde los comienzos de su historia. Sin embargo, se han realizado allí inversiones en forestación desde mediados del siglo XX. Como resultado de ello, en 2016 las plantaciones de eucaliptos y pinos ocupaban 44.909 ha, con una producción de 352.499 t/año de materia prima para la industria forestal, lo que representa el 2,3 % del total de madera extraída anualmente en el país (DNDFI, 2017a). A esto deben sumarse 60.091 ha forestadas con salicáceas en el Delta Bonaerense, de las que se extraen 298.500 t/año. En síntesis, esta provincia posee 105.000 ha de plantaciones (8 % del total nacional), con una producción total de 650.999 t/año (5 % del volumen total extraído anualmente en la Argentina (Dirección de Desarrollo del Delta, Bosques y Forestación, 2019). En la Tabla 4 se presentan las cifras de producción de madera por provincia o región.

**Tabla 4.** Producción de madera en rollo por provincia o región.  
Volumenes extraídos por año, expresados en toneladas.

Nº de Orden	Provincia o región	Bosques Nativos	%	Plantaciones	%	Total	% del total nacional
1	Misiones	282.922	5	5.375.524	95	5.658.446	36,5
2	Corrientes	—	—	2.889.913	100	2.889.913	18,6
3	Entre Ríos	—	—	1.978.436	100	1.978.436	12,8
4	P. Chaqueño	3.339.776	100	—	—	3.339.776	21,5
5	Delta	—	—	364.289	100	364.289	2,3
6	Buenos Aires	—	—	352.499	100	352.499	2,3
7	Bosque A-P	147.225	53	130.768	47	277.993	1,8
8	Selva T-B	146.851	54	126.376	46	273.227	1,8
9	Otras prov.	116.082	31	253.864	69	369.946	2,4
	<b>Total</b>	<b>4.032.856</b>		<b>11.471.669</b>		<b>15.504.525</b>	<b>100,0</b>
5 + 6	Delta + Bs As	—	—	716.788	100	716.788	4,6
7 + 8 *	BAP + STB*					551.220	3,6
7 + 8 + 9	BAP+STB+OP *					921.166	6,0

\* Se han sumado los volúmenes totales de madera de las tres regiones sin diferenciar especies nativas de especies implantadas.

En la desembocadura de los ríos Paraná y Uruguay se encuentra un ecosistema con características muy particulares desde el punto de vista forestal. Es la denominada Región del Delta, compartida por las provincias de Entre Ríos y Buenos Aires, donde existen 83.370 ha forestadas con salicáceas. De estas plantaciones se extraen 364.289 t/año de madera de álamos (*Populus spp.*) y sauces (*Salix spp.*); esto es, el 2,4 % del volumen total de madera extraído en la Argentina en 2016 (DNDFI, 2017).

Por último, las provincias no incluidas en las regiones forestales mencionadas en las páginas precedentes efectúan aportes modestos (menos del 2 %) a la oferta de materia prima forestal de la Argentina, siendo los más significativos los de Mendoza y Santa Fe, como se muestra en la Fig. 5.

**Tabla 5.** Otras contribuciones de materia prima de montes implantados.

Provincia	Superficie forestada (ha)	Especies plantadas	Volumen extraído (t/año)	% del Total
Córdoba	15.905	Eucalipto, pino	15.945	0,10
Mendoza	6.197	Álamo, eucalipto, sauce	108.424	0,70
San Juan	1.743	Álamo	27.468	0,18
Santa Fe	15.036	Eucalipto, álamo	102.027	0,67
<b>Total</b>	<b>38.881</b>		<b>253.864</b>	<b>1,65</b>

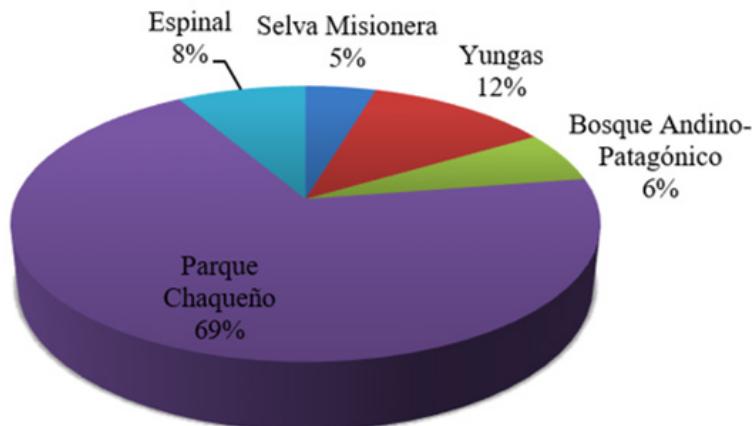
Fuente: Elaboración propia.

En la Fig. 6 se pueden apreciar los volúmenes comparativos de madera procedente de montes nativos y de plantaciones.

**Figura 5.** Volúmenes de madera extraídos anualmente de los montes nativos y plantaciones de la Argentina. (Cifras en t/año).

---

### Superficie de bosques nativos de la Argentina (Porcentaje por región)



---

Fuente: Elaboración propia.

### Tendencias y perspectivas futuras

En la Argentina, la evolución del sector foresto-industrial en los últimos cinco años muestra una tendencia ligeramente creciente tanto en las forestaciones como en las instalaciones industriales que transforman la materia prima en productos elaborados, lo que presenta un panorama razonablemente optimista y alentador. Por otra parte, dado que la demanda de madera y productos forestales irá siempre en aumento, las empresas del sector deberán estar preparadas para mejorar su oferta y para satisfacer las necesidades de los consumidores. Para ello tendrán que elevar la productividad de sus bosques, estableciendo más plantaciones con especies de crecimiento rápido y de características más deseables, resultantes de programas de mejoramiento forestal y de una utilización más intensiva y completa de la materia prima proveniente de las forestas.

ciones con el fin de satisfacer dicha demanda. Actualmente la posibilidad de generar energía a partir de biomasa forestal y de residuos del aprovechamiento y de la industria abre nuevas perspectivas que atraerán a empresas locales y extranjeras a invertir en nuevas forestaciones, particularmente en la provincia de Corrientes, el nuevo polo de desarrollo forestal de nuestro país.

Si el sector foresto-industrial de la Argentina aspira a un crecimiento sostenible y a una mayor rentabilidad de sus inversiones, las empresas forestales, con el apoyo del gobierno nacional, deberán fijarse como objetivo aumentar la superficie forestal hasta alcanzar 2 millones de hectáreas en 2030. Al mismo tiempo, deberá fomentarse una reducción considerable de la presión sobre los bosques nativos y propiciar otros objetivos de manejo tales como protección de cuencas hidrográficas, eco-turismo, recreación, gestión de la fauna silvestre, obtención de productos no leñosos, etc. Así se favorecerá el desarrollo de la industria forestal y se podrá incrementar las exportaciones de productos forestales, además de cumplir con los compromisos asumidos por la Argentina en lo referente al cambio climático (Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Acuerdo de París, abril de 2016).

## Bibliografía

- AFoA. 2017. El gran potencial de la energía de base forestal para contribuir a la matriz energética de la Argentina. Asociación Forestal Argentina (AFoA), Buenos Aires.
- Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Acuerdo de París, abril de 2016.
- Dirección de Desarrollo del Delta, Bosques y Forestación. 2019. Forestaciones en la Provincia de Buenos Aires: Informe 2018.
- Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Buenos Aires, La Plata, Buenos Aires.
- DNDFI. 2017a. Estadísticas del Sector Forestal, 2016. Dirección Nacional de Desarrollo Foresto-Industrial (DNDFI), Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Ministerio de Agroindustria, Buenos Aires.
- DNDFI. 2017b. Encuesta Anual de la Industria Maderera y del Papel, 2017. Dirección Nacional de Desarrollo Foresto-Industrial (DNDFI), Secretaría de Agroindustria, Ministerio de Producción y Trabajo, Buenos Aires.

- DNDFI. 2017c. Censo Nacional de Aserraderos, Año 2015. Dirección Nacional de Desarrollo Foresto-Industrial (DNDFI), Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Ministerio de Agroindustria, Buenos Aires.
- DNDFI. 2018. Intercambio comercial argentino de productos forestales, 2018. Dirección Nacional de Desarrollo Foresto-Industrial (DNDFI), Secretaría de Agroindustria, Ministerio de Producción y Trabajo, Buenos Aires.
- DNDFI. 2019. Industrias Forestales: Informe Año 2017. Dirección Nacional de Desarrollo Foresto-Industrial (DNDFI), Secretaría de Agroindustria, Ministerio de Producción y Trabajo, Buenos Aires.
- F.A.O. 2015. La contribución del sector forestal a las economías nacionales, 1990-2011, por A. Lebedys y Y. Li. Documento de trabajo sobre finanzas forestales FSFM/ACC/09. FAO, Roma.
- MAyDS. 2018. Anuario de Estadísticas Forestales, Especies Nativas 2016. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (MAyDS), Buenos Aires.
- SAGPyA. 2006. Perfil sectorial forestal de Argentina. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Buenos Aires.
- SAGyP. 2009. Anuario de Estadísticas Forestales 2008. Dirección de Producción Forestal, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Buenos Aires.
- SAyDS. 2005. Primer inventario Nacional de Bosques Nativos. Proyecto "Bosques Nativos y Áreas Protegidas", Préstamo BIRF 4085-AR, 1998-2005. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación, Buenos Aires.
- Uruguay XXI. 2019. Sector forestal: oportunidades de inversión. Montevideo.



## Capítulo 3

# La mano de obra para los trabajos forestales

El productor forestal o el industrial a menudo subestima el recurso más valioso con que cuenta dentro de su actividad: el recurso humano, es decir, los trabajadores, obreros u operarios. Este constituye lo que en el léxico de los economistas se denomina la mano de obra. Aparte de ser el recurso más valioso, la mano de obra es una variable que tiene una incidencia considerable en los costos de una empresa forestal. El éxito de una empresa forestal depende, en gran medida, de la calidad, cantidad y eficiencia de la mano de obra empleada.

### Importancia de la mano de obra

En general, el empresario asigna mucha importancia a las tareas de dirección técnica y supervisión. Por supuesto que la tienen, pero se debe prestar mayor atención a las personas que cortan los árboles, extraen las trozas, las cargan y descargan, y manejan un tractor o un camión, ya que éstos son los hombres que real y efectivamente realizan el trabajo. La actitud de estas personas determina el éxito o el fracaso del “negocio forestal”, aun en las operaciones altamente mecanizadas.

Para un adecuado desempeño, tanto en las operaciones manuales como en las mecanizadas, el obrero forestal debe reunir ciertas condiciones: fuerza física, gran destreza y capacidad, cierta habilidad mecánica y experiencia. También debe poseer buen criterio para tomar decisiones en su trabajo diario, tales como: hacia dónde abatir un árbol, dónde realizar el corte direccional, cómo optimizar el trozado del fuste para obtener trozas aptas para un fin determinado.

La importancia de la mano de obra es mayor en las zonas donde aún no ha llegado la mecanización, ya que allí el trabajo del hombre es insustituible. En muchos países pocos desarrollados, las tareas de aprovechamiento se ejecutan en forma manual y con herramientas primitivas; por lo tanto, el rendimiento depende de la voluntad y destreza del obrero. Los pobladores de las zonas forestales generalmente poseen estas cualidades y conocen bien el bosque y el manejo de las herramientas comunes, ya que eso es una realidad diaria para ellos. Además, poseen ciertas aptitudes heredadas que no se encuentran en otros pobladores rurales o urbanos.

Dos aspectos fundamentales que se deben considerar al estudiar la mano de obra forestal son la seguridad y la estabilidad laboral. Sumadas a programas adecuados de entrenamiento y capacitación, éstas desarrollan la conciencia forestal de los obreros y constituyen elementos altamente positivos dentro del aprovechamiento y de la organización de la empresa. Cuando se les presta debida atención, se logra que los obreros colaboren en la solución de los problemas y en el cuidado del bosque.

En la mayoría de los países forestales, los propietarios de bosques particulares prefieren organizar sus cuadrillas con obreros de la zona, formando equipos estables, adiestrados y bien disciplinados. El hecho de contar con un trabajo estable y seguro, beneficios sociales y buenas condiciones laborales, contribuye al éxito de la economía forestal.

Una modalidad operativa muy difundida en las últimas décadas en muchos países es la tercerización de diversos servicios. Esto consiste en recurrir a empresas privadas que realizan distintos tipos de trabajo para otros. Dichas empresas, conocidas como "contratistas", emplean personal temporal de la misma zona forestal o de zonas adyacentes, a menudo sin distinción de aptitudes ni experiencia. Estos trabajadores, muchas veces informales, generalmente reciben salarios bajos, pocos beneficios sociales, y gozan de poca o escasa estabilidad laboral, por tratarse a veces de tareas estacionales.

En muchos países, el elevado costo de la mano de obra, sumado a su escasez, ha conducido a la creciente mecanización del aprovechamiento, con el consiguiente incremento de la productividad, especialmente en las regiones más desarrolladas del mundo (i.e., América del Norte, Europa Occidental, Japón, etc.). Al mismo tiempo, eso ha generado una notable reducción de los niveles de empleo dentro del sector forestal. Según la FAO (2014), el empleo (formal) total del sector ha disminuido un 6 % entre 2000 y 2011, lo que significa que en ese período se han perdido casi un millón de puestos de trabajo. Las mayores pérdidas se han registrado en los trabajos de monte (silvicultura y aprovechamiento), donde la disminución fue del 21 %.

A pesar de la creciente tendencia mundial a la mecanización, el aprovechamiento forestal siempre ha hecho y hace uso intensivo de la mano

de obra, y ésta tiene una incidencia considerable en los costos totales. Por ejemplo, en los Estados Unidos en la década de 1970, el costo de mano de obra llegaba casi al 60 % de los costos de aprovechamiento, y, aun en las operaciones mecanizadas, representaba el 40-45 % de los costos variables totales (Conway, 1976). Treinta años más tarde, con un mayor grado de mecanización, la incidencia del costo de mano de obra sobre el costo total de aprovechamiento fue del 33 % (Baker et al., 2014). En consecuencia, el precio final de la materia prima forestal está afectado significativamente por el costo de la mano de obra.

Se requiere mayor cantidad de obreros en las operaciones de aprovechamiento forestal que en cualquier otra actividad forestal. En Suecia, por ejemplo, el sector forestal en conjunto genera cerca de 200.000 puestos de trabajo, 60.000 de ellos en forma directa (Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, 2015)<sup>1</sup>. Debido al alto grado de mecanización, el aprovechamiento en sí sólo absorbe 17.500 trabajadores, casi el 30 % del total de la mano de obra directa empleada en el sector. Si se considera a la industria sueca en su totalidad, la industria de productos forestales emplea al 20 % de los trabajadores industriales del país.

En Finlandia, donde la industria forestal contribuye con el 20 % de las exportaciones del país, el sector foresto-industrial generó 160.000 puestos de trabajo (directos e indirectos) en 2014. Esto equivale al 15 % de todos los empleos del sector industrial. Aquí también el número de obreros forestales que trabajan en los bosques ha venido disminuyendo drásticamente en las últimas décadas como consecuencia de la tecnología que caracteriza actualmente al aprovechamiento forestal. Pasó de 35.000 empleados en 1980 a 20.000 en 1992. En los últimos quince años, sin embargo, esas cifras se incrementaron de 21.000 en 1995 a 25.000 en 2011 (FAO, 2014).

De las estadísticas publicadas por el U.S. Bureau of Labor Statistics (2019) se desprende que, en 2017, existían en Estados Unidos 110.600 trabajadores relacionados directa o indirectamente con las tareas de cosecha forestal, con salarios anuales que variaban entre US\$ 24.000 y US\$ 58.000. Considerando sólo los trabajadores empleados en forma directa para dichas tareas, tales como motosierristas, operadores de maquinaria forestal, choferes de camión, y otro personal de monte, esa misma agencia gubernamental informa que en 2016 había 37.000 trabajadores, de los cuales el 70 % estaba dedicado exclusivamente a abatir árboles (10 %) y a operar máquinas propias del aprovechamiento forestal (60 %). También en ese país el nivel de empleo se ha visto seriamente afectado por el ad-

---

<sup>1</sup> Las estadísticas oficiales se refieren a la totalidad de personas empleadas por “la industria de productos forestales”.

venimiento de la tecnología moderna en las operaciones forestales. Estas cifras contrastan con las estadísticas de la FAO (2014) que muestran que en 1995 el sector forestal empleaba un total de 1.379.000 empleados, de los cuales 166.000 (12 %) trabajaban en los bosques. En dieciséis años (2011) el número total de personas empleadas en el sector forestal descendió a 827.000 y el número de trabajadores de monte disminuyó a 122.000, una pérdida del 27 % en el empleo.

En Canadá, un país cuya economía depende en gran medida de sus bosques y de los productos que se elaboran a partir de la madera extraída de ellos, el sector forestal empleaba 367.000 personas en el año 2000; el 23 % de ellas trabajaba en los bosques (FAO, 2014). La pérdida de puestos de trabajo en una década llevó esa cifra a 234.000 en 2011, con la consecuente disminución del 55 % en el número de obreros que se desempeñaban en tareas relacionadas con silvicultura y aprovechamiento; esa cifra pasó de 86.000 en 2000 a 47.000 en 2011.

### **Disponibilidad de mano de obra forestal**

Con frecuencia el productor forestal debe enfrentarse con un problema serio, de difícil solución: la falta de mano de obra disponible para los trabajos de monte. Algunos sostienen que mientras haya demanda de materia prima leñosa, el productor siempre será capaz de encontrar la mano de obra necesaria para las tareas de monte. El empleo de obreros brasileños y paraguayos en Misiones y de motosierristas santiagueños en las plantaciones de pinos y eucaliptos de Entre Ríos son ejemplos que ilustran tal afirmación. Sin embargo, esto no es totalmente cierto. Puede existir mano de obra disponible, pero si los incentivos monetarios no son adecuados no se logrará atraer obreros a los trabajos de monte. A veces un buen incentivo monetario tampoco resuelve el problema. El dinero ayuda, es verdad; además, el trabajador puede recibir ciertos beneficios directos e indirectos y, eventualmente, lograr estabilidad laboral. Ocurre que el trabajo forestal es “sucio”, muy duro y peligroso. En algunas regiones se ofrecen buenos salarios y, sin embargo, no se consiguen obreros forestales. El problema es aún más grave en lugares donde se pagan sueldos bajos y las condiciones laborales son malas.

La mecanización de las operaciones de aprovechamiento es una de las causas de la disminución en la disponibilidad de mano de obra forestal, como se indicó en párrafos anteriores. Otra causa es la emigración de los obreros hacia otras fuentes de trabajo, especialmente a industrias de otro

tipo, ubicadas fuera de las zonas forestales. En áreas urbanas y periurbanas, los trabajadores aspiran a encontrar mejores condiciones laborales, salarios más elevados y mayores oportunidades para prosperar. Lamentablemente, esas aspiraciones no siempre se materializan en la medida esperada.

Hasta la década de 1970, la mayoría de las tareas eran manuales y la materia prima se sacaba por medio de animales. Además, el trabajo era estacional. (Estas condiciones persisten en muchas regiones forestales del mundo.) En muchos países desarrollados, la mano de obra ha sido reemplazada gradualmente por máquinas en los últimos treinta años, lo que ha contribuido a solucionar en parte el problema de la falta de obreros forestales. Dado que la mecanización aumenta la productividad y la rentabilidad del aprovechamiento, el productor de materia prima, o el contratista, puede ofrecer mejores trabajos (menos sacrificados) y mayores sueldos, y esto contribuye a mejorar el estatus social del trabajo forestal. Desde el punto de vista psicológico, un obrero forestal prefiere manejar una cosechadora forestal o un *forwarder* en vez de pasarse el día hachando o derribando árboles con una motosierra. En contraste, en algunos países de América Latina o de Asia (v.gr., Brasil, Chile, Indonesia), una proporción considerable de las operaciones son totalmente mecanizadas a pesar de que se dispone de mano de obra abundante.

Debido al mayor grado de sofisticación de la maquinaria forestal, se requiere un alto grado de capacitación y habilidad por parte de los operarios. Esto tiene un efecto favorable sobre la mano de obra ya que se mejora la calidad por medio de cursos de capacitación y prácticas de adiestramiento. Sin embargo, la mecanización también representa un problema. Antes de que un obrero sea realmente competente, requiere mucho entrenamiento y práctica, lo que implica costos adicionales para la empresa. Por eso resulta a veces difícil encontrar obreros calificados para las operaciones mecanizadas. Además, las personas que antes realizaban tareas manuales y que tal vez estarían deseosas de trabajar en estas nuevas condiciones, no consiguen empleo pues carecen de capacitación, entrenamiento y experiencia. Como se ve, el problema es complejo.

Con la mecanización se necesitan menos hombres, pero la inversión de capital por trabajador es mucho mayor debido a los precios elevados de las máquinas forestales. Por lo tanto, se deben lograr importantes incrementos en la productividad para justificar la sustitución del hombre por la máquina.

Como se dijo anteriormente, el problema no se limita a los salarios. Las condiciones de vida, el número de horas de trabajo y otros factores influyen en la baja oferta de mano de obra forestal. Por ejemplo, en Canadá y en Estados Unidos, los obreros viven en campamentos distantes del pueblo más cercano, comen en comedores comunitarios, duermen en ca-

mas-cucheta, y tienen una serie de comodidades que no existen en otras partes del mundo, pero permanecen alejados de sus familias por mucho tiempo. A pesar de las comodidades que se les pueda brindar a los trabajadores, la mano de obra para el aprovechamiento escasea en esos países y en muchos países europeos, lo cual se ha convertido en un serio problema para el sector forestal en las últimas décadas. De ahí que tanto las empresas como el estado destinen importantes sumas de dinero para la creación de escuelas para técnicos y peritos forestales, donde los jóvenes reciben educación y entrenamiento práctico para llegar a convertirse en la mano de obra capacitada del futuro. Además, las mismas empresas dictan cursos de capacitación para sus obreros.

En la actualidad el trabajador quiere seguridad, un buen nivel de vida, educación para sus hijos, y la oportunidad de mejorar su situación económica y sentirse realizado como persona. Esto difícilmente se logra trabajando en el bosque, ni aún en los países más desarrollados.

Los factores mencionados han provocado una notable disminución de la mano de obra disponible en muchos países desde 1970 aproximadamente, a pesar de los esfuerzos de las empresas por mantener buenos salarios y condiciones laborales favorables. La deserción y el éxodo son mucho mayores en el aprovechamiento que en otras actividades forestales y que en cualquier otra industria. Los obreros, buscando mejores condiciones laborales y estabilidad, se movilizan hacia otros sectores de la economía. Una solución para reducir la deserción de obreros forestales podría consistir en aumentarles los salarios y los beneficios sociales, incluyendo además una participación de los obreros en las ganancias de la empresa.

## Motivaciones

A parte de los ya analizados, existen otros factores que hacen que el trabajador no se sienta a gusto en su trabajo, que se vuelva menos productivo y que busque cambiar de empleo. En primer lugar, el hombre quiere satisfacer sus necesidades biológicas tales como alimentación, vestimenta, vivienda, etc. Esto se logra con buenos salarios. Pero el obrero necesita además cubrir otras necesidades y deseos: seguridad, estabilidad, afecto, autoestima (prestigio y reconocimiento por su trabajo) y realización personal.

Las relaciones laborales también son importantes. En la mayoría de los casos, no existe una interrelación personal entre el trabajador y la gerencia; el dueño o el gerente resulta un extraño para el obrero. Esto oca-

siona un desinterés del obrero por su trabajo ya que se siente como una pieza más dentro del proceso productivo.

El problema de las relaciones laborales se ha solucionado en gran parte mediante convenios y leyes labores que hoy están vigentes en muchos países, incluido el nuestro. En general, la legislación existente establece obligaciones y derechos tanto para el obrero como para el empleador. Comprende normas y disposiciones sobre las condiciones laborales, el horario de trabajo, las remuneraciones (jornales, horas extras, etc.), la composición de las cuadrillas de trabajo, seguridad, condiciones de las herramientas y máquinas, vacaciones, aporte jubilatorio, obra social, feriados, despidos, sanciones, enfermedades inculpables, seguro de vida, seguro por accidentes de trabajo, salario familiar, viviendas (carpas o casillas) para los obreros, etc.

### **Alimentación y vivienda de los obreros forestales**

Una alimentación adecuada es de suma importancia para el obrero forestal ya que él necesita reponer la energía gastada durante su trabajo. En muchos países se reconoce actualmente la importancia de la alimentación; por ello se ha adoptado una serie de medidas destinadas a mantener la salud y el rendimiento de los obreros forestales en condiciones óptimas. Un individuo, una sociedad, o un pueblo enfermo no rinde lo suficiente como para mantenerse a sí mismo y a sus hijos, y, por lo tanto, está condenado a sucumbir. La economía de un país debe basarse en la buena salud de su población. Sólo así pueden lograrse los rendimientos deseados en cualquier actividad económica.

El trabajo exige un esfuerzo y éste, a su vez, representa un gasto de energía. Para mantener constante un buen ritmo de trabajo es necesario reponer las calorías gastadas por medio de una alimentación adecuada y del descanso. Dado que el trabajo forestal demanda grandes esfuerzos físicos, se debe someter al obrero a un régimen alimenticio basado en el número de calorías gastadas en una determinada tarea, en una jornada de ocho horas de duración. Los estudios realizados en varios lugares del mundo han determinado que la mayoría de las actividades forestales requieren una dieta que aporte al menos 4.000 kcal diarias, equivalentes a 16.744 kJ (Apud y Valdés, 1993). En los países escandinavos, por ejemplo, con condiciones climáticas extremas en invierno, se estima que el desgaste físico diario de un obrero que trabaja en aprovechamiento forestal equivale a unas 5.300 kcal, de las cuales 3.800 corresponden a las tareas

de corta y preparación de la materia prima. En Alemania, en cambio, se calcula que dicho desgaste es de 4.800 kcal, de las que sólo 2.500 corresponden a horas efectivas de trabajo. Se debe reponer esta energía gastada por medio de dietas balanceadas que cuenten con las cantidades apropiadas de proteínas, hidratos de carbono, grasas, vitaminas y minerales.

En una economía forestal organizada, es necesario proporcionar a los trabajadores algún tipo de albergue adecuado, conforme a las exigencias de cada situación particular. De esta manera se asegura un alojamiento provvisorio a fin de evitar los viajes de ida y vuelta al hogar, ya que ello representa una pérdida de tiempo y energía, y gastos adicionales. Por esta razón, en muchos países es obligatoria la permanencia de los obreros forestales en sus lugares de trabajo durante los cinco días laborables. En la actualidad, es muy común que las empresas forestales provean a los trabajadores de campamentos portátiles, con las comodidades necesarias para crear condiciones propicias para el trabajo y asegurar mayores rendimientos.

### Campamentos forestales

La provisión de alojamiento y alimentación a los obreros es esencial en las operaciones de aprovechamiento forestal. Ellos no pueden ir y venir todos los días, recorriendo grandes distancias, consumiendo tiempo en viajes de ida y vuelta, incurriendo en gastos extras de transporte y aumentando el riesgo de sufrir un accidente *in itinere*.

Desde comienzos del siglo pasado hasta la década de los 60, en Estados Unidos y Canadá los obreros vivían, durante el tiempo que duraban las tareas de aprovechamiento, en campamentos forestales cuyas características variaban de una región a otra. Los había con mayor o menor grado de comodidad, para hombres solos o para familias, portátiles o fijos, temporales o permanentes, etc. Por lo general eran portátiles y se los trasladaba periódicamente de acuerdo con las necesidades, para que las cuadrillas pudieran trabajar y moverse en distancias razonablemente cortas, minimizando las pérdidas de tiempo. En los párrafos siguientes se describen algunos rasgos característicos de los campamentos forestales en esos países.

Los campamentos se pueden definir como hogares temporales para los trabajadores forestales donde se deben asegurar niveles mínimos de higiene, comodidad e infraestructura (Apud *et al.*, 1999), como se puede

apreciar en la Fig. 1. Los campamentos sirven como “cuartel general” o centro de operaciones, desde donde se dirigen y controlan las tareas. Allí los obreros (y, eventualmente, sus familias) pueden comprar todos los bienes de primera necesidad, y disponen de salas de recreación, lectura y primeros auxilios. También hay galpones y talleres para guardar, mantener y reparar máquinas y herramientas y asegurar así sus buenas condiciones de funcionamiento en todo momento.

**Figura 1.** Campamento forestal en Gobernador Virasoro, Corrientes



Fuente: Fotografía propia.

Cuando un campamento es permanente puede quedar instalado en un mismo lugar hasta veinte años. En cambio, cuando es temporal, se lo abandona o demuele y se construye otro en un nuevo lugar, aprovechando, si es posible, los materiales rescatables del primero.

En la mayoría de los campamentos hay una oficina donde se liquidan sueldos o jornales y se llevan registros contables, de inventarios forestales, de trabajo, producción, costos, rendimientos (de mano de obra y má-

quinas), etc. Una característica importante de los campamentos debe ser la disponibilidad de agua potable, electricidad y calefacción o refrigeración, según el clima. El agua que se usa (para beber, cocinar, higienizarse, o para fines sanitarios, calderas y máquinas) normalmente proviene de pozos, aunque también puede ser superficial. Para generar electricidad y calor, se usa carbón mineral, leña y petróleo. En algunas regiones es común utilizar propano/butano u otros gases derivados del petróleo.

Cuando las operaciones se llevan a cabo a lo largo de ríos, cerca de lagos, o en zonas de humedales, se emplean campamentos portátiles flotantes que se trasladan de un lugar a otro por medio de remolcadores acuáticos. Esto ocurre en los bosques de latifoliadas del sur de Florida y en los bosques de ciprés calvo de Luisiana, en Estados Unidos.

A medida que mejora la accesibilidad, los campamentos forestales van desapareciendo y los trabajadores viajan diariamente a sus lugares de trabajo. Se trasladan desde los pueblos cercanos hasta la zona de cosecha por medio de ómnibus y combis privados o provistos por el empleador. El número de obreros forestales que viven en campamentos ha disminuido notablemente a lo largo de los años. En 1940, había alrededor de 40.000 obreros que vivían en campamentos en los bosques de abeto Douglas del Noroeste de los Estados Unidos (Wackerman *et al.*, 1966). Por su parte, Conway (1976) señala que en 1970 eran menos de 1.000. Desde mediados de la década de 1980 hasta el presente, los campamentos forestales son prácticamente inexistentes en Estados Unidos (Stenzel *et al.*, 1985).

Las casas y demás instalaciones de un campamento se construyen preferiblemente con madera aserrada y paneles de madera, al estilo de las llamadas "casas prefabricadas". La calidad de la construcción depende del tiempo de duración del aprovechamiento. Así, hay campamentos para períodos de tres a cinco años y otros para operaciones de veinte años o más.

Al elegir el sitio donde se instalará el campamento, se deben tener en cuenta las siguientes condiciones:

1. Abundante provisión de agua potable.
2. Ubicación centralizada con respecto al área que se va a aprovechar.
3. Terreno con buen drenaje.
4. Buena accesibilidad.
5. Disponibilidad de medios de transporte hacia el bosque.
6. Mínimo peligro de incendios.

La existencia de aguas superficiales (ríos, arroyos y lagos) no es tan importante ya que se pueden hacer perforaciones. La ubicación centralizada responde a la necesidad de minimizar el tiempo de traslado hasta el lugar

de trabajo. Un obrero no debe perder más de una hora por día (ida y vuelta) en trasladarse; de lo contrario, su productividad disminuye. Los suelos arenosos y con grava son los más adecuados pues permiten un buen drenaje y evitan problemas sanitarios. En lo posible, el campamento debe estar emplazado cerca de un camino principal para facilitar el acceso y el transporte. Para minimizar el peligro de incendios, se debe dejar un cinturón verde alrededor del campamento y cortarlo durante el último año del aprovechamiento.

En Estados Unidos y Canadá existían leyes, reglamentaciones y normas que regulaban todo lo referente a los campamentos. Estos instrumentos legales fijaban estándares mínimos con respecto a las características y calidad de las viviendas para los trabajadores y establecían las penalidades en caso de incumplimiento (Wackerman *et al.*, 1966). A título ilustrativo, se mencionan a continuación algunas de dichas normas:

- La cocina y el comedor deben estar situados en extremos opuestos a los baños.
- Se deben fumigar periódicamente todas las instalaciones.
- Debe haber una sala de primeros auxilios debidamente equipada.
- El campamento no debe estar cerca de un lago, río o arroyo que sirva de suministro de agua para algún pueblo cercano.
- Debe proveerse de lavaderos para la ropa.
- Las cocinas, baños, comedores y dormitorios deben tener mallas metálicas ("telas mosquiteras") en puertas y ventanas.
- En regiones frías, los campamentos deben tener calefacción.

Las normas mencionadas también establecían las dimensiones de los dormitorios, la provisión de colchones, frazadas y ropa de cama; el número de baños en función de la población total del campamento, las condiciones de los baños y la obligatoriedad de usarlos; el régimen alimenticio, la limpieza de los utensilios y la higiene en la cocina.

En la actualidad existen campamentos forestales en Sudáfrica, Chile y Argentina, entre otros países. En 1992, una importante empresa forestal sudafricana que tuvimos la oportunidad de visitar poseía un campamento de grandes dimensiones donde albergaba a cientos de obreros forestales y a operarios de su planta de pasta celulósica. Por otra parte, en una operación de aprovechamiento de eucaliptos en Entre Ríos, en 2002, observamos la existencia de un campamento con casillas de madera, cocina (con su correspondiente cocinero y ayudante), comedor e instalaciones sanitarias. También hemos visitado recientemente (2017) un campamento modelo en la provincia de Corrientes, donde los trabajadores de una empresa forestal chilena cuentan con todas las comodidades de la vida

moderna. Además, en la Región del Delta, una empresa de capitales argentinos tenía casillas rodantes metálicas para sus obreros que realizaban aprovechamiento de álamos en las islas del delta entrerriano.

La Organización Internacional del Trabajo (ILO) recomienda lo siguiente: "Cuando, por la naturaleza del trabajo, es necesario que los trabajadores vivan en campamentos, éstos deberán emplazarse de modo tal de evitar inundaciones y otros peligros naturales. Se les deberá brindar alojamiento adecuado con un nivel aceptable de comodidad y salubridad" (ILO, 1998).

Según el Código Regional para aprovechamiento forestal de bajo impacto en los bosques tropicales húmedos de África Occidental y Central (FAO, 2005), se debe planear cuidadosamente la ubicación del campamento y de las diversas partes que lo componen. Puede ser relativamente simple, como para albergar sólo a los obreros de monte, o sumamente complejo como para incluir al personal de otros sectores de la empresa; por ejemplo: oficinas administrativas, instalaciones técnicas (talleres y galpones para las máquinas), almacén de provisiones, y edificios apropiados para un dispensario de salud, una escuela primaria, una iglesia, un salón de uso múltiple, etc. Por supuesto que el objetivo principal es alojar a los trabajadores y, si fuese necesario, a sus familias.

Lo primero que se debe decidir es si tener un gran asentamiento único que cubra todos los aspectos mencionados, o tener un campamento de menor tamaño como base de operaciones y uno o más campamentos distribuidos estratégicamente cerca de las zonas de corta. Alguna de las variables que se deben considerar son: rasgos principales del terreno; ubicación, distribución espacial y características de las masas forestales que se van a aprovechar; y el volumen de madera que se extraerá periódicamente y durante el tiempo que duren las operaciones.

Si la planta de transformación de la materia prima se va a instalar en la misma zona, hay que hacer una planificación integral teniendo en cuenta no sólo aspectos técnicos y económicos sino también la salud y el bienestar de los trabajadores cuando se va a decidir la ubicación de la fábrica. Se podría considerar también algún tipo de parquización o embellecimiento estético del área. En cualquier caso, para el emplazamiento de un complejo foresto-industrial se debe elegir un lugar saludable, agradable y, fundamentalmente, cercano a una fuente segura y permanente de agua.

En función de la duración del aprovechamiento, las construcciones se harán con materiales sólidos (ladrillos, cemento, piedras, madera), especialmente las instalaciones destinadas al alojamiento de los trabajadores, teniendo siempre en cuenta la salubridad y la comodidad. Las habitaciones deben disponer de agua limpia y potable, iluminación, instalaciones sanitarias adecuadas (ducha e inodoro) que desagüen a un pozo séptico

(negro). Las calles internas del campamento deben estar iluminadas de noche y disponer de algunos puntos con agua potable.

Si está lejos de un pueblo, el campamento debería contar con:

- Un dispensario dotado de los suministros y equipos básicos, con salas adecuadas para brindar asistencia médica básica.
- Un protocolo de evacuación para situaciones de emergencia y accidentes graves, y el equipo de rescate apropiado.
- Una escuela primaria.
- Un almacén de la empresa que ofrezca alimentos básicos a precios razonables.
- Instalaciones e infraestructura mínima para actividades sociales y culturales: un club social y/o deportivo, una sala de proyecciones o de video y una capilla ecuménica.

Los campamentos para los obreros que trabajan en el aprovechamiento deben disponer de agua limpia, filtrada y potabilizada si fuese necesario, y controlada regularmente para verificar su buena calidad.

Para desechar las aguas servidas, el campamento debe contar con un sistema sanitario básico con tanques sépticos y/o pozos colectores situados por lo menos a 100 m de la fuente de agua más cercana. No se debe descargar estos líquidos en un curso de agua.

El campamento también debe disponer de un lugar donde desechar la basura que allí se genere. Ese lugar debe estar ubicado bien por encima de la napa freática, a no menos de 50 m de un río, arroyo o cuerpo de agua; no debe estar en contacto con las aguas de escorrentía y debe ser inaccesible para niños y animales, por medio de una cerca o alguna barrera física. Se deben cavar varios pozos para separar los diferentes tipos de basura. Los residuos domésticos que sean combustibles se deben quemar regularmente. Cada vivienda debe tener un recipiente con tapa y la recolección de basura se debería hacer al menos dos veces por semana. Los desechos del dispensario deben recibir un tratamiento especial.

Los restos metálicos y la chatarra de pequeño tamaño se deberán enterrar y cubrir con 30 cm de tierra por lo menos. Se deben separar los neumáticos descartados y la chatarra voluminosa (por ejemplo, partes de máquinas abandonadas) y tratar de negociar su reciclado con los proveedores.

## Recomendaciones generales sobre la mano de obra forestal

En el Código Modelo de Prácticas de Aprovechamiento Forestal (FAO, 1996) se presenta una serie de sugerencias referentes a la mano de obra en las operaciones de aprovechamiento forestal, a modo de orientaciones generales. Aunque algunas de las consideraciones allí expuestas se pueden aplicar a muchas actividades humanas, la mayoría de ellas se aplican específicamente al sector forestal. A continuación, se presentan los conceptos principales de dichas recomendaciones de la FAO.

Para alcanzar los objetivos de la empresa, los trabajadores deben gozar de buena salud, estar bien organizados y motivados, y saber cómo hacer su trabajo en forma segura y eficiente. Eso se logra cuando se les brinda condiciones aceptables de vida y de trabajo, y estabilidad en el empleo. Además, cada trabajador debe saber qué es lo tiene que hacer, cómo hacerlo, y estar motivado para hacerlo bien. Esto se aplica a cada sector de la empresa; los miembros de los diferentes equipos de trabajo deben conocer claramente sus funciones y sus objetivos.

Entre las recomendaciones para contribuir eficazmente al éxito de las operaciones de aprovechamiento (FAO, 1996), figuran las siguientes:

- Capacitación en aspectos técnicos, de higiene, seguridad y ambientales.
- Entrenamiento, capacitación y certificación en el uso de máquinas.
- Conocimientos sobre primeros auxilios.
- Uso obligatorio del equipo de protección personal.
- Revisión periódica de las medidas de seguridad.
- Registro permanente de accidentes e incidentes.
- Aplicación y cumplimiento de los requisitos ergonómicos básicos: condiciones del lugar de trabajo, diseño de máquinas y herramientas, técnicas de trabajo, horarios de trabajo y descanso, alimentación y vivienda.
- Asistencia médica, servicios sociales y educación para los hijos de los trabajadores.
- Cumplimiento de las leyes laborales.
- Salario justo y empleo estable.
- Relaciones entre los trabajadores y la empresa en base al diálogo, al consenso y a la honradez.

Finalmente, se puntualizan las consecuencias de no disponer de mano de obra adecuada. Sobresalen entre ellas: baja productividad, elevados costos de producción, pérdidas importantes de madera, alta siniestralidad, e insatisfacción e inestabilidad de la mano de obra.

## Bibliografía

- Apud, E. y S. Valdés. 1993. Ergonomía en el sector forestal chileno. *Unasylva* N° 172, vol. 44, p. 31-37. FAO, Roma.
- Apud, E., M. Gutiérrez, S. Lagos, F. Maureira, F. Meyer y J. Espinoza. 1999. *Manual de Ergonomía Forestal*. Proyecto FONDEF D961108, Universidad de Concepción, Chile.
- Baker, S.A., B. Mei, T.G. Harris, and W.D. Green. 2014. An Index for Logging Cost Changes across the US South. *J. For.* 112(3):296 –301.
- Conway, S. 1976. Logging practices. Miller Freeman Publications, Inc., San Francisco, USA.
- F.A.O. 1996. *Código Modelo de Prácticas de Aprovechamiento Forestal de la FAO*. FAO, Roma.
- F.A.O. 2005. *Regional code of practice for reduced-impact forest harvesting in tropical moist forests of West and Central Africa*. FAO, Rome.
- F.A.O. 2014. Contribution of the forestry sector to national economies, 1990-2011. Forest Finance Working Paper FSFM/ACC/09. FAO, Rome.
- International Labour Office (ILO). 1998. Safety and health in forestry work: *An ILO code of practice*. International Labour Office, Ginebra, Suiza.
- Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry. 2015. *Forests and forestry in Sweden*. Stockholm, Suecia.
- Stenzel, G., T.A. Walbridge, and J.K. Pearce. 1985. *Logging and pulpwood production*. John Wiley & Sons, New York.
- U.S. Bureau of Labor Statistics. 2019. Occupational Employment Statistics. U.S. Department of Labor, BLS, Washington, D.C., USA.
- Wackerman, A.E., W.D. Hagenstein, and A.S. Michell. 1966. *Harvesting timber crops*. McGraw-Hill Book Company, New York.



## Capítulo 4

# Sistemas de aprovechamiento forestal

Existen numerosas definiciones y acepciones de la palabra *sistema*. El Diccionario Esencial Santillana de la Lengua Española (1992) contiene siete definiciones, de las que resulta apropiado mencionar la siguiente: “Conjunto de partes interdependientes que interactúan entre sí y conforman un todo estructurado o una unidad, procurando un objetivo común”. Otra de las acepciones establece que *sistema* es una “manera organizada de hacer algo”.

Según el Diccionario de la Lengua Española (Real Academia Española, 2014), *sistema* es un “conjunto de cosas que, ordenadamente relacionadas entre sí, contribuyen a determinado objeto” (segunda acepción del vocablo). Cuando la finalidad, objeto u objetivo de ese “conjunto de cosas” es obtener materia prima forestal, nos estamos refiriendo a las tareas que se realizan en un bosque para lograr ese propósito. Este concepto coincide con la definición de Aprovechamiento Forestal presentada en el capítulo 1: “Conjunto de actividades que se realizan en el bosque para convertir los árboles en pie en materia prima...” En este caso, las actividades ordenadas constituyen un *sistema* cuyo fin común es abastecer de madera a la industria forestal.

Los párrafos precedentes proporcionan el marco dentro del cual se pueden estudiar y comprender las operaciones de aprovechamiento forestal. En los capítulos siguientes se presentarán las diferentes fases del aprovechamiento bajo un enfoque sistemático.

El término *sistema* implica planes, métodos y orden. Según Conway (1982), para que exista un sistema, se deben cumplir ciertas condiciones:

- Todas las partes del sistema deben contribuir al logro de un objetivo común.
- Debe existir cierta jerarquía dentro del sistema para asegurar la coordinación de actividades y permitir la especialización de las partes.

- Los insumos (*inputs*) del sistema deben introducirse en forma ordenada, conforme a un plan preestablecido.

Estas condiciones son esenciales para cualquier sistema. Si no se las satisface, estamos frente a una mera colección de partes mutuamente independientes, con pocas relaciones sistemáticas, o ninguna.

Las “partes” mencionadas anteriormente se denominan componentes del sistema. Éstas se interrelacionan e interactúan conjuntamente y de manera ordenada para alcanzar el objetivo del sistema. A su vez, las componentes constan de partes más pequeñas, de menor jerarquía, llamadas elementos. Las componentes y los elementos trabajan en forma organizada para lograr un fin determinado. En el caso concreto de un sistema de aprovechamiento forestal, cuyo propósito sea, por ejemplo, obtener madera rolliza para aserrar, los motosierristas cortan y preparan los árboles de modo tal de facilitar su extracción desde el bosque hasta un espacio abierto donde luego serán cargados en un vehículo apropiado para ser finalmente trasladados hasta el aserradero. Todas las tareas necesarias, que se realizan en forma ordenada y coordinada, para llegar a producir esa materia prima, constituyen las componentes y los elementos del sistema. Más adelante se presentarán ejemplos específicos para ilustrar estos conceptos básicos.

### **Objetivos de un sistema de aprovechamiento forestal**

Existen diversos marcos de referencia para definir los objetivos de un sistema de aprovechamiento forestal. En la discusión que sigue usaremos tres enfoques diferentes.

- Para el productor (ya sea un individuo, una pequeña empresa familiar, o una empresa de gran envergadura) que invierte en establecer una plantación o en manejar un monte nativo, el objetivo es obtener madera para la venta. Para él, el aprovechamiento representa la culminación de muchos años de trabajo, el fruto de su esfuerzo y el retorno a su inversión. Es la etapa final de su proceso productivo; es el momento en el que comienza a percibir ingresos monetarios importantes por su producto final: el monte en pie, con árboles maduros, listos para la venta. Ésta es también la visión del ingeniero o del técnico forestal responsable del manejo del bosque o de la plantación.

- En cambio, un motosierrista, el operador de una cosechadora forestal, el chofer de un camión que lleva madera a una fábrica, un contratista, o cualquier persona involucrada directamente en las operaciones de aprovechamiento, considera que su trabajo consiste en “sacar madera” del monte. Dado que la materia prima extraída se llevará a un centro de transformación, el aprovechamiento cumple así la doble función de transporte y abastecimiento, y representa, por lo tanto, el nexo entre el bosque y la industria, o sea entre el sector productor de materia prima y el sector industrial, que la transforma.
- En el otro extremo tenemos el punto de vista de la industria forestal. Por ejemplo, para el gerente de una planta de pasta celulósica, de un aserradero, o de una fábrica de tableros, el aprovechamiento es un insumo más dentro del proceso productivo. Es el punto de partida –la materia prima– para la elaboración de un producto final.

Si bien existen, como se vio, diferentes marcos referenciales para definir los objetivos, en este texto se usará el enfoque desarrollado en el punto (b). Cabe señalar, no obstante, que aprovechar un bosque implica mucho más que simplemente “sacar” o “mover madera”.

Un sistema de aprovechamiento forestal siempre apunta a mover árboles, rollizos o trozas de un lugar a otro. En consonancia con esta idea, muchos ingenieros forestales chilenos consideran al aprovechamiento como si fuese simplemente “una ingeniería del transporte”. Bajo este concepto, podemos afirmar, entonces, que todo sistema de aprovechamiento tiene dos objetivos principales:

- Preparar los árboles para el transporte.
- Llevarlos hasta un centro de transformación.

La forma en que se preparan y transportan los árboles dependerá de las exigencias del mercado para el cual están destinados. Existen además otros objetivos importantes tales como:

- Mover la madera a un costo mínimo.
- Brindar un ambiente de trabajo seguro.
- Mantener buenas relaciones con el gobierno y otras empresas.

## Componentes y elementos de un sistema de aprovechamiento forestal

La mayoría de los autores concuerda con la idea de que un sistema de aprovechamiento consta de cuatro partes principales o *componentes*: corta, extracción, carga y transporte. Si bien algunos incluyen también la descarga, pues tiene una influencia directa sobre el transporte, aquí será considerada una interfase entre el aprovechamiento y la conversión de la materia prima.

CORTA → EXTRACCIÓN → CARGA → TRANSPORTE

Las componentes mencionadas permiten describir adecuadamente las tareas que se llevan a cabo en el monte para apilar los árboles, seccionar los fustes y mover las partes obtenidas hasta un centro de acopio o una planta industrial. Sin embargo, para tener un panorama más completo y realista, se deberían considerar otros aspectos importantes tales como la compra del monte en pie, la planificación de las operaciones, la clasificación de la materia prima y su comercialización, que no se abordarán en este libro. Las componentes y las demás consideraciones están interrelacionadas y pueden afectar en mayor o menor grado al sistema en su conjunto.

Para explicar mejor su función, cada componente se puede dividir en partes menores, llamadas *elementos*, que permiten describir cada tarea con mayor grado de detalle. Por ejemplo, la componente corta consta, por lo general, de los siguientes elementos:

Apeo → desramado → despuntado → medición → trozado → apilado

### La componente corta

La corta incluye todas las actividades necesarias para preparar el árbol para su extracción. Los elementos que la constituyen son:

**Apeo o abatimiento:** Incluye todos los pasos necesarios para cortar un árbol en pie y separarlo de su tocón. Esta tarea actualmente se efectúa con motosierras o con máquinas de gran tamaño diseñadas para tal fin. No obstante, en algunos países subdesarrollados aún se usan herramientas primitivas, como el hacha, por ejemplo.

**Desramado:** Consiste en la eliminación de las ramas del árbol para facilitar el seccionamiento del fuste y el posterior manipuleo de los segmentos obtenidos. Se realiza con hacha, motosierra, o con máquinas especiales.

**Despuntado:** Es el corte mediante el cual se separa el fuste comercializable (o utilizable) del raberón. Se efectúa de la misma manera que el desramado.

**Medición:** Una vez obtenido el fuste limpio, se lo mide para luego poderlo cortar en segmentos de longitud adecuada. Ésta depende del uso final de la madera y puede variar entre 2 y 12 m. Para esta tarea se utilizan cintas, varas, cañas, o pértigas. Efectuada la medición, generalmente se procede a marcar el fuste (con tiza, crayón de cera, pintura, machete, hacha, o motosierra) para ejecutar la actividad siguiente.

**Trozado o tronzado:** Este término se refiere al trabajo que se realiza para seccionar el fuste en segmentos denominados rollizos, rollos, o trozas. Se utilizan para este fin las mismas herramientas y máquinas que para el apeo.

**Apilado:** Para facilitar la clasificación, el manipuleo y la extracción de las trozas, es conveniente agruparlas formando pilas o montones. Dependiendo de la forma de ejecución de los elementos anteriores, esto se puede realizar a mano o en forma mecanizada.

Claramente, el aprovechamiento comienza por la corta. El éxito del sistema depende en gran medida de la calidad de las tareas realizadas en el monte para preparar la materia prima. De ahí la importancia de ejecutar la corta en forma cuidadosa, teniendo en cuenta las operaciones subsiguientes.

### **La componente extracción**

Completada la corta, se debe mover la materia prima forestal (árboles enteros, fustes o trozas) desde el monte hasta un espacio abierto, o hasta el borde del camino, para su posterior carga y traslado hacia la fábrica. Este movimiento se denomina extracción, saca, o transporte primario, y constituye la segunda componente del sistema. En dicho espacio abierto, que es un lugar adecuadamente despejado y estratégicamente ubicado en el bosque, se acumulan las trozas que luego serán cargadas en un vehículo apropiado para su transporte. Ese lugar recibe diversos nombres, según la

región; entre ellos: cancha de acopio, canchón, acanchadero, playa, planchada, o cargadero.

En algunos sistemas de aprovechamiento, los árboles apeados, o las trozas, son transformados en astillas o *chips* por medio de máquinas llamadas astilladoras, "chipeadoras", o "chiperas", instaladas temporalmente en el monte. Los *chips* así obtenidos se transportan en camión hasta la fábrica, donde se utilizarán como materia prima para la elaboración de pasta celulósica, o como combustible para las calderas, o para generación de energía.

La extracción presenta tres modalidades básicas: por arrastre, por suspensión y *forwarding*. También existen otras formas de extracción que se discutirán en el capítulo 9.

**Extracción por arrastre:** Los árboles apeados, los fustes limpios, o las trozas se sacan y llevan desde el pie del tocón hasta un canchón, o hasta la vera de un camino forestal por medio de animales o máquinas, de modo tal que el producto que se extrae, o parte de él, está en contacto con el suelo durante el traslado.

**Extracción por suspensión:** Cuando se sacan las trozas, éstas están suspendidas en el aire por medio de dispositivos o máquinas especiales. Para esta tarea se emplean cables aéreos, globos o helicópteros.

**Forwarding:** Se denomina así a la extracción que se lleva a cabo con un tractor especial denominado *forwarder*, o tractor autocargador, que traslada las trozas desde el monte hasta el borde del camino, hasta un canchón, o hasta un punto de concentración. En este caso las trozas no están en contacto con el suelo sino colocadas en el remolque del equipo de extracción.

Al igual que en la corta, a la segunda componente se la puede descomponer en elementos que describen más detalladamente las actividades involucradas en la extracción. Estos elementos se presentarán en el capítulo correspondiente.

## La componente carga

La carga consiste en colocar la materia prima (trozas o fustes limpios) sobre un vehículo para su transporte posterior. Normalmente esta tarea se realiza en el canchón o cargadero, aunque, dependiendo de las características del sistema, se puede efectuar al pie del tocón, en el borde del cami-

no, o en cualquier otro sitio dentro de la zona de corta. En la actualidad la carga es generalmente mecanizada, pero, en los países menos desarrollados, es común observar operaciones manuales.

## La componente transporte

Una vez que la materia prima ha sido colocada sobre un vehículo apropiado, se la traslada desde el canchón hasta la fábrica o hasta otro lugar. Este movimiento de las trozas, denominado transporte o transporte secundario, se realiza por medios terrestres o acuáticos, utilizándose para tal fin camiones, trenes, barcazas, o barcos de gran calado. En el caso de la madera para celulosa, las trozas se cargan muchas veces al pie del tocón y desde allí se las transporta en camión hasta su destino final.

A menudo es necesario llevar las trozas desde el canchón hasta un punto intermedio, donde luego se las transfiere a otro vehículo para su transporte final. Este punto de transferencia puede ser una playa de ferrocarril, un muelle (si el transporte es fluvial, lacustre o marítimo), o una cancha de acopio.

El ciclo de transporte se completa cuando la materia prima se **descarga** en la playa de un aserradero, de un centro de transformación o de acopio. Para sacar las trozas del vehículo en el que se las ha transportado, se utilizan grúas, cargadoras y otras máquinas que se discutirán en el capítulo 10.

## Clasificación de los sistemas de aprovechamiento forestal

Como ya se vio, la materia prima que se saca del monte después de ejecutada, total o parcialmente, la componente corta, puede tener diversas formas. Así, se puede extraer el árbol entero, el fuste limpio, trozas, o astillas. Esto da lugar a una clasificación de los sistemas de aprovechamiento forestal, que se basa en la **forma y el tamaño de la materia prima durante la extracción**. Según este **criterio**, se reconocen cuatro sistemas, a saber:

- Sistema de árbol entero.
- Sistema de fuste limpio.
- Sistema de trozas cortadas a medida.
- Sistema de “chipeado” o astillado en el monte.

**SISTEMA DE ÁRBOL ENTERO (FULL-TREE SYSTEM)**

Una vez abatidos los árboles con motosierra o con *feller-buncher* (cortadora-apiladora, o taladora-acumuladora), se los extrae del monte con una motoarrastradora de garra (*grapple skidder*), como se puede apreciar en las Figs. 1 y 2. Dependiendo del diámetro y de otras variables, esta máquina lleva uno o más árboles enteros hasta el canchón o hasta el borde de un camino, donde los deja para que se complete la preparación de la materia prima. Allí se los desrama, despunta, mide, troza y apila o amontona para su posterior carga y transporte.

**Figura 1.** Feller-buncher sobre orugas.



Fuente: USDA Forest Service - Forest Operations Research, 2012.

**Figura 2.** Grapple skidder sobre ruedas.



Fuente: USDA Forest Service - Forest Operations Research, 2013.

#### SISTEMA DE FUSTE LIMPIO (TREE-LENGTH SYSTEM)

Al árbol apeado en forma manual o mecanizada, se lo desrama y despunta y luego se lo saca del monte con una motoarrastradora de garra. Esta es la forma más común de trabajar en plantaciones. Se puede extraer uno o varios fustes a la vez, en función de su peso y volumen, de la potencia de la máquina y la pendiente del terreno. Cuando se aprovechan montes nativos, una vez que el árbol está abatido, desramado y, eventualmente, despuntado o trozado, generalmente se envuelve y ata el rollizo o el fuste con un trozo de cable de acero (conocido como linga, eslinga, maroma, cabo, o estrobo, según la región o el país), que se engancha al cable tractor de un cabrestante o malacate, y luego se lo extrae con una máquina llamada motoarrastradora de cable (*cable skidder*), como la de la Fig. 3. Es más fácil llegar hasta el árbol apeado tirando y desenrollando el cable del malacate mientras el tractor permanece en un lugar firme y seguro. (Esta tarea de jalar y acercar el fuste a la máquina suele denominarse “arrime”.) Una vez que el fuste ha sido arrimado hasta 1-2 m de la máquina y que el extremo anterior ha sido elevado del suelo, comienza la extracción propiamente dicha; la motoarrastradora saca la madera hasta el borde del camino o hasta el canchón. Dadas las condiciones normalmente más difíciles de un monte nativo (e.g., diversidad de especies, densidad del sotobosque, pendiente

del terreno, estado del suelo, etc.), por lo general, no es posible utilizar una motoarrastradora de garra.

**Figura 3.** Cable skidder John Deere 440D montado sobre ruedas.



Fuente: Campbell, A. 2007. [www.flickr.com](http://www.flickr.com). Foto con permiso de reutilización según www.google.com.

En el canchón se completa la preparación de la materia prima para finalmente transportar las trozas a una planta de elaboración. Esto permite obtener materia prima de mejor calidad, pues se puede supervisar más fácilmente y ejecutar con mayor comodidad las tareas de medición y trozado en el canchón, lo cual es particularmente importante cuando se preparan trozas para aserrar.

#### SISTEMA DE TROZAS CORTADAS A MEDIDA (CUT-TO-LENGTH SYSTEM)

Según la longitud de las trozas que se extraen, este sistema se puede dividir a su vez en: (a) sistema de trozas largas, y (b) sistema de trozas cortas.

**Sistema de trozas largas (long-wood system):** también llamado “de madera larga”, en este sistema, la componente corta puede ser total o parcialmente manual, o mecanizada. Es posible, por ejemplo, efectuar el abatimiento, desramado, despuntado y trozado con una motosierra en el monte o en la plantación. Luego se agrupan o apilan convenientemente las trozas y finalmente se las extrae con un *forwarder* (tractor autocargador) hasta el borde del camino. Una variante es realizar el apeo con una *feiler-buncher* y las otras tareas con motosierra. En algunos casos, se puede cargar directamente sobre camión en la plantación y desde allí transportar las trozas hasta la fábrica. Otra posibilidad es la mecanización total. Esto implica el uso de una cosechadora forestal (harvester) y un tractor autocargador (Fig. 4), que conforman el sistema de máxima productividad existente en la actualidad. Éste es el denominado “sistema de trozas cortadas a medida”, o *cut-to-length system*, propiamente dicho. La cosechadora corta el árbol (separándolo del tocón), lo coloca en posición horizontal, y lo desrama, mide, troza y despunta con su cabezal procesador. Las trozas así obtenidas van cayendo y acumulándose en un mismo lugar, formando una especie de pila o montón, lo que facilita la extracción con el *forwarder*. Éste es el sistema ideal cuando se procuran trozas largas ( $\geq 2,50$  m) para aserrar o para debobinar o desenrollar. Las máquinas que se mencionaron en esta sección se describirán en los capítulos correspondientes.

**Figura 4.** Forwarder (izquierda) y harvester (derecha).



Fuente: McDermott, P., 2008. [www.geograph.org.uk](http://www.geograph.org.uk). Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

#### SISTEMA DE TROZAS CORTAS (SHORT-WOOD SYSTEM)

Sólo se diferencia del anterior por la longitud de las trozas ( $\leq 2,50$  m). Se utiliza este sistema cuando se desea obtener leña, madera corta para asear, o madera corta (“palos”) para la industria celulósica.

#### SISTEMA DE “CHIPEADO” EN EL MONTE (WHOLE-TREE CHIPPING SYSTEM)

Se apean los árboles con motosierra o con *feller-buncher* y se los extrae con motoarrastradora de garra hasta un claro ubicado estratégicamente **en el monte**. En ese lugar, que ha sido convenientemente preparado a modo de un canchón, se instala la astilladora, o “chipeadora” (chipper en inglés), que tritura y convierte todo el material vegetal (corteza, madera, hojas, frutos, etc.) en astillas o *chips*. Esta máquina puede ser autopro-pulsada o portátil (conectada a la toma de fuerza del tractor agrícola), y consta de un sistema de alimentación, un elemento de corte (cuchillas), un soplador o ventilador, y una manga o cañonera; esto es, un tubo que conduce las astillas hasta un camión especial (tipo contenedor o furgón) que las llevará luego a la fábrica (Fig. 5). Por lo general, los *chips* se usan para producir energía en aserraderos, secaderos, o en plantas de generación de electricidad a partir de biomasa forestal.

**Figura 5.** “Chipeadora” (alimentada por una cargadora) y furgón.



Fuente: USDA Forest Service - Forest Operations Research, 2013.

El sistema que se acaba de describir se usa a menudo en una segunda etapa del aprovechamiento, después que se han extraído todos los árboles de valor comercial, mediante alguno de los sistemas conocidos. La posterior corta a tala rasa de los árboles y arbustos remanentes y su conversión en astillas forma parte de la preparación del sitio para la reforestación. Cuando se quiere reincorporar al suelo los restos de la corta, se suelen usar astilladoras portátiles en vez del tipo de máquina descrita en el párrafo anterior.

En función de su grado de mecanización, los sistemas también pueden clasificarse en:

- Sistema manual.
- Sistema semimecanizado.
- Sistema mecanizado.
- Sistema altamente mecanizado.

En general, todo sistema tiene un diseño básico, y su variabilidad está dada por los factores que influyen sobre su operación. Siempre debe existir una jerarquía que permite una perfecta coordinación de las partes que lo componen. Además, todo sistema debe funcionar a un costo mínimo. En todos los casos, se deben tener en cuenta las siguientes variables:

- Habilidad del operario.
- Tamaño de la materia prima que se sacará del monte.
- Productos primarios que se pueden obtener a partir de ella.
- Distancia de extracción.
- Velocidad de trabajo de las máquinas.
- Características del terreno.
- Distancia de transporte (monte-fábrica).

Para decidir racionalmente sobre la compra de las máquinas y los equipos apropiados, es importante configurar un sistema que tenga en cuenta las características de la materia prima que se va a extraer. Por otra parte, si la empresa ya cuenta con las máquinas necesarias, se deberá diseñar un sistema tal que permita optimizar la productividad y los costos.

En concordancia con otros autores y con lo que se ha expuesto hasta aquí, Stenzel *et al.* (1985) consideran que los principales factores que influyen en la elección del sistema de aprovechamiento son:

- Tamaño de la materia prima a extraer.
- Cantidad y tipo de productos.
- Necesidades diarias y anuales de materia prima.

- Volumen que se extraerá por hectárea.
- Disponibilidad de mano de obra (cantidad y calidad).
- Máquinas y equipos disponibles.
- Costos de aprovechamiento.
- Duración de las operaciones.
- Legislación ambiental.

## Descripción de algunos sistemas de aprovechamiento forestal

Ya hemos visto que los sistemas se pueden clasificar según la forma y el tamaño de la madera que se extrae. En cada caso varían el orden en que intervienen las componentes, las máquinas y herramientas utilizadas, las técnicas de trabajo y la habilidad de los operarios. Además, existen diversos factores que influyen sobre las características y el funcionamiento de cada sistema, tales como: topografía, condiciones meteorológicas, restricciones legales y destino de la materia prima, entre otros. Las influencias externas y los factores inherentes a las componentes y a los elementos dan como resultado una amplia variedad de sistemas de aprovechamiento. Veamos a continuación algunos ejemplos.

### SISTEMA DE MADERA CORTA PARA PASTA CELULÓSICA

**Totalmente manual:** Una sola persona realiza todas las tareas en forma manual: con una motosierra abate los árboles, los desrama, despunta, mide ("a ojo"), los corta en trozas de 2,50 m. y luego apila o amontona los palos. Después, con ayuda de un malacate, o en forma manual, los carga en un camión chasis ubicado dentro del monte (cerca del tocón). Repite estos pasos hasta tener suficiente madera como para completar la capacidad del camión (7-8 t), acomoda y sujet a las trozas por medio de cables, correas o cadenas, y finalmente las transporta hacia la planta industrial o hasta una playa de aco-pio. Este tipo de operación puede ocurrir en una plantación de pino, eucalipto, o álamo, destinada a la elaboración de pasta celulósica. En las plantaciones de pino del Sur de los Estados Unidos se utiliza para este fin un sistema conocido como *bobtail system* (Fig. 6), que consta de un camión chasis que se carga por medio de una pequeña grúa llamada *big-stick loader*. Es común que el operario tenga un

ayudante para facilitar la carga de la madera. Cabe señalar que, en este caso, no existe la componente extracción pues la carga se realiza en el monte.

**Figura 6.** *Bobtail system* para aprovechamiento de madera corta.



Fuente: Bromley, 1976.

**Semimecanizado:** la primera parte de la operación es igual que la anterior: el motosierrista apea, desrama, despunta, mide, troza y apila o amontona. Luego un tractor autocargador (*forwarder*) carga las trozas, las saca del monte y las lleva hasta un canchón, o hasta el borde del camino, donde las transfiere directamente a un camión. En este caso, la máquina lleva a cabo la extracción y la carga. Una variante de este sistema es que el *forwarder* extraiga la madera y la descargue en el suelo, al borde del camino, para su posterior carga y transporte a fábrica.

**Totalmente mecanizado:** Esta alternativa implica el uso del sistema de trozas cortadas a medida (*cut-to-length system*), descrito anteriormente. Una cosechadora forestal corta los árboles casi a ras del suelo, los desrama, mide, troza, despunta y forma montones con las trozas obtenidas, casi al lado de los tocones. Luego ingresa el autocargador y realiza su parte de la operación.

#### SISTEMA DE ÁRBOL ENTERO: PRODUCCIÓN DE TROZAS PARA ASERRÍO

**Semimecanizado con carga en el canchón:** Un operario abate los árboles con motosierra. Luego una motoarrastradora de garra extrae uno o más árboles enteros hasta el canchón, donde otro obrero los desrama y despunta con una motosierra (preferentemente) de menor tamaño. Un ayudante mide y marca las futuras trozas en el fuste limpio. Despues, el segundo motosierrista efectúa los cortes necesarios en el fuste para obtener trozas de dimensiones predeterminadas, las que luego se clasifican y agrupan por tamaño y calidad. Por último, una cargadora de brazo articulado, o un tractor trineumático equipado con el implemento apropiado, coloca las trozas sobre un camión, y éste transporta la carga hasta la playa del aserradero. Una máquina ampliamente utilizada para este fin es el *Bell logger*, un tractor trineumático fabricado por la Compañía Bell, de origen sudafricano.

**Semimecanizado con carga en el monte:** Un motosierrista abate los árboles, los desrama, despunta, mide y corta en trozas de longitudes convenientes. Luego un tractor (por ejemplo, un trineumático Bell) provisto de una grúa de brazo articulado, con garras, manipula y clasifica las trozas, y las carga sobre un camión forestal, adecuadamente ubicado dentro de la plantación. Finalmente, el camión lleva las trozas hasta el aserradero o hasta una cancha de acopio.

**Totalmente mecanizado:** Una *feller-buncher* apea los árboles de modo tal que, al caer, quedan agrupados o amontonados en el suelo, con la parte más gruesa del fuste orientada hacia la vía de saca. Luego una motoarrastradora de garra los saca hasta un espacio despejado al borde del camino que sirve como canchón, donde una *harvester* procesa los árboles enteros hasta convertirlos en trozas de dimensiones determinadas, según el criterio del maquinista. (En este caso, la *harvester* está actuando como una procesadora.) Por último, una cargadora y un camión completan el ciclo.

Los ejemplos presentados hasta aquí demuestran la gran variabilidad de los sistemas de aprovechamiento. Varían el número y el orden de las componentes y los elementos que intervienen. Siempre hay un esquema básico dentro del cual algunos componentes o elementos comienzan a funcionar antes que otros. Cada componente ocupa un lugar dentro del sistema y está especializada con respecto al trabajo que debe realizar. Este ordenamiento es una de las condiciones básicas de todo sistema y define jerarquías dentro del mismo. Dichas jerarquías permiten coordinar e integrar las actividades dentro del sistema para lograr un sistema en equilibrio. Por ello es fundamental la planificación del aprovechamiento.

Como se desprende de los ejemplos precedentes, es posible describir un sistema con mayor o menor grado de detalle a los fines de la planificación o para elaborar un informe. Sin embargo, cuando se necesita dar instrucciones a los jefes, capataces, o encargados de cuadrilla, o cuando se procura informar brevemente de qué modo se están llevando (o se llevarán) a cabo las tareas en el monte, es importante ser claro y conciso, para lograr una comunicación efectiva dentro de la empresa. Para tal fin se puede usar una **representación matricial** de los sistemas de aprovechamiento, desarrollada en la Universidad de Munich. Esta forma esquemática de presentar los “métodos operacionales” (como se denomina en el trabajo original en alemán) es sencilla y fácil de confeccionar. Se trata de una matriz que contiene:

- **Columnas:** indican los sitios o lugares donde se efectúan las tareas. Responden a la pregunta ¿dónde?
- **Filas:** indican las tareas o actividades que se realizan. Corresponden a los elementos y componentes del sistema, y se consignan en orden de aparición. Responden a la pregunta ¿qué?
- **Celdas:** contienen símbolos o pequeñas figuras que representan a los operarios, las herramientas y máquinas empleadas para efectuar el trabajo y la forma de la materia prima que se procesa. El método de trabajo puede quedar indicado tácitamente. Las celdas responden a las preguntas: ¿dónde?, ¿quién/es?, ¿cuántos?, ¿con qué? y ¿cómo?

Con fines ilustrativos, se presenta a continuación un sistema de madera corta, proveniente de raleos, para producción de pasta celulósica.

**Tabla 1.** Sistema de trozas cortadas a medida  
(trozas cortas para pasta celulósica).

Lugar	Rodal	Canchón o borde del camino	Planta industrial
	1	2	3
CORTA Apeo, desramado, despuntado y trozado			
Arrime y apilado			
EXTRACCIÓN (y “CARGA”)			
TRANSPORTE			
(Descortezado)			

Fuente: Elaboración propia.

En este sistema, semimecanizado, un operario con una motosierra apea los árboles seleccionados (o marcados según algún criterio silvicultural) de la plantación, los desrama y despunta, mide los fustes limpios y los troza. (En realidad, no efectúa una verdadera medición, sino que estima “a ojo” la longitud de las trozas, normalmente  $\leq 2,50$  m.) Luego otro obrero, provisto de tenazas inerciales, arrastra (“arrima”) las trozas unos pocos metros desde el pie del tocón hasta la vía de saca y las agrupa allí formando una pila o montón. A continuación, un *forwarder*, conducido por un maquinista, levanta las trozas, las coloca sobre la plataforma del vehículo y las extrae hasta el borde del camino forestal. Allí las transfiere a un camión, conducido por un chofer, generalmente de otra empresa, que finalmente las transportará hasta la planta industrial. La transferencia de las trozas del *forwarder* al camión equivale a la tercera componente; por lo

tanto, en este sistema se prescinde de la máquina que efectúa la carga. Las dos últimas actividades implican movimiento de las trozas, lo que en la matriz se denota por la línea de trazo grueso que une las celdas de esa fila.

Antes de llegar a la playa de la fábrica, el camión pasa por una balanza donde personal de la empresa industrial pesa y registra la carga (esto no está indicado en el diagrama). Luego se dirige a la playa y descarga las trozas. Finalmente, éstas pasan por una descortezadora allí instalada para luego seguir el proceso industrial correspondiente. Si bien la responsabilidad de la empresa de aprovechamiento termina en el momento en que la madera se carga sobre el camión, es interesante incluir las actividades siguientes pues tienen influencia directa o indirecta sobre el funcionamiento del sistema.

Veamos ahora un ejemplo de trozas largas para producción de tablas:

**Tabla 2.** Sistema de trozas cortadas a medida (trozas largas para aserrar).

Lugar	Rodal	Canchón o borde del camino	Planta industrial
Actividad	1	2	3
CORTA Apeo, desramado, medición, trozado, despunte, apilado	 		
EXTRACCIÓN (y "CARGA")			
TRANSPORTE			
(Descortezado)			

Fuente: Elaboración propia.

El esquema que precede representa un sistema de trozas cortadas a medida (totalmente mecanizado). Aquí una cosechadora forestal, con su correspondiente maquinista, ejecuta todos los elementos de la componente corta, y un *forwarder* completa el sistema transfiriendo su carga al camión, que llevará las trozas hasta el aserradero, donde la materia prima será descargada y descortezada antes de comenzar el proceso de aserrado.

Existen otras maneras de representar esquemáticamente los sistemas de aprovechamiento forestal, entre las cuales se puede mencionar los diagramas adoptados por Canadá, Suecia y la FAO. En la bibliografía se encuentran numerosos ejemplos de estas representaciones (Staaf and Wiksten, 1984; Breadon, 1990; FAO, 1978).

### Configuración de un sistema de aprovechamiento forestal

Un sistema en equilibrio implica que un operario debe estar capacitado para manejar adecuadamente una máquina determinada, o tener suficiente fortaleza para usar una motosierra durante una jornada de ocho horas. Un sistema está en equilibrio, por ejemplo, cuando el número de obreros que están abatiendo árboles en el monte es suficiente para mantener una producción tal que las máquinas utilizadas en la extracción permanezcan siempre ocupadas. Si el volumen de materia prima extraída por día se puede cargar y transportar diariamente sin problemas, y no queda madera acumulada en el canchón ni camiones vacíos en el borde del camino, tenemos también un sistema de aprovechamiento en equilibrio. Ésta es la situación ideal.

Diversos factores provocan desequilibrios dentro de un sistema, dando como resultado menor productividad y mayores costos. Conway (1982) presenta algunos ejemplos de sistemas desequilibrados en los que se ponen de manifiesto las consecuencias de una planificación inadecuada, que se traducen en problemas e ineficiencias operacionales.

La configuración de un sistema de aprovechamiento forestal se decide durante el proceso de planificación. Configurar un sistema significa darle forma, o “armarlo”, de manera tal que todos los elementos y componentes actúen en forma ordenada y eficiente para alcanzar los objetivos establecidos, evitando los llamados “cuellos de botella” y minimizando los costos. Para ello, los insumos (herramientas, máquinas, operarios y métodos de trabajo) se deben incorporar teniendo en cuenta todas las variables que puedan afectar directa o indirectamente al sis-

tema, entre ellas: topografía, suelos, características de la materia prima por extraer, productos que se han de elaborar a partir de ella, habilidad y experiencia de los obreros, distancia de extracción, potencia y velocidad de trabajo de las máquinas, distancia de transporte, etc. Estas variables se discutirán en detalle en el capítulo 5 referente a la planificación de las operaciones.

Cada una de las actividades que se llevarán a cabo en cada lugar, se puede representar por medio de una matriz (ver apartado anterior), indicando la persona que la realizará, las herramientas o máquinas, y las técnicas de trabajo que se han de utilizar. Esta es una forma clara, concisa y efectiva de presentar la configuración de un sistema de aprovechamiento. Se la puede complementar con una descripción detallada de los contenidos de cada celda.

Cuando se va a configurar un sistema, también se deben considerar los objetivos y exigencias del productor o dueño del monte, de la fábrica que comprará la materia prima, y del gobierno, en lo que respecta al cuidado del ecosistema en su conjunto. Para seguir dentro del negocio forestal, la empresa que ejecuta el aprovechamiento debe satisfacer dichos objetivos y exigencias, aun cuando eso le ocasione mayores costos. Resulta evidente, entonces, que el aprovechamiento está subordinado a otros sectores de la economía, tales como la silvicultura, la industria forestal, el transporte y la legislación ambiental.

### **Balanceo de un sistema de aprovechamiento forestal**

En los ejemplos descritos en los párrafos precedentes hemos visto que, para que un sistema funcione, siempre se necesitan personas, máquinas, herramientas, métodos de trabajo y diversos insumos para las máquinas. Además, se deben cubrir los costos de producción, incluida la remuneración a los trabajadores.

La productividad y rentabilidad de un sistema depende de la manera en que las componentes y los elementos interactúen entre sí para poder sacar madera del monte al menor costo posible y con el mínimo daño al ecosistema. También se debe tener siempre en cuenta la salud y seguridad de los obreros y la regeneración de la masa forestal. Sin embargo, no es fácil lograr que el desempeño de un sistema sea óptimo, pues sobre él actúa una gran cantidad de variables, algunas de las cuales se pueden manejar mientras que otras son incontrolables. Algunos de los factores que

afectan en mayor o menor grado al sistema son: pendiente del terreno, estado del suelo, condiciones meteorológicas, características de los árboles que se van a aprovechar, producto final a obtener, máquinas que se han de utilizar, habilidad y experiencia de los trabajadores, etc. No sólo se debe considerar el efecto directo o indirecto de cada uno de ellos sino también sus interacciones sobre el funcionamiento del sistema.

Cuando el ingeniero debe decidir la configuración de un sistema de aprovechamiento, sus principales objetivos son maximizar la productividad y minimizar los costos del sistema. Para tomar la decisión correcta deberá analizar distintas combinaciones de máquinas, hombres y métodos/técnicas de trabajo, hasta encontrar el óptimo deseado. De la combinación más apropiada depende el éxito del sistema (McDonagh *et al.*, 2002). Por ejemplo, una máquina determinada podría sustituir a diez hombres en la ejecución de una tarea, con lo cual se lograría aumentar la productividad y al mismo tiempo reducir el costo por unidad de volumen de madera extraída, siempre que el empresario esté dispuesto a invertir en la compra de esa máquina, o que ya la posea. Otro ejemplo: reemplazar la máquina A por la máquina B para extraer árboles enteros podría volver más eficiente al sistema, con las consiguientes ventajas en lo referente a productividad y costos. También se podría pensar en la adopción de una técnica de trabajo diferente a la que se venía usando hasta el momento, con miras a mejorar, por ejemplo, el volumen de madera trozada en el canchón, aunque el costo por metro cúbico sea el mismo.

Cada situación requiere del análisis cuidadoso de los rendimientos de cada actividad y de los costos en cada caso con el propósito de lograr que el sistema funcione en forma equilibrada. Esto significa que la combinación de máquinas que lo integran debe ser tal que se optimice la utilización y por tanto la productividad de cada una y que el costo de esa combinación sea mínimo. Por ejemplo, si una *feller-buncher* está produciendo un volumen tal de árboles apeados que resulta excesivo para la motoarrastradora que se está usando, decimos que el sistema está desequilibrado. En otras palabras, la productividad de la componente corta es mayor (o mucho mayor) que la de la componente extracción, quedando, en consecuencia, madera en el monte sin extraer, lo que implica que al final de la jornada de trabajo habrá una acumulación de árboles apeados que aún no se han sacado del monte. Si bien esto puede deberse a ineficiencias del operador o al tamaño (potencia) inadecuado de la segunda máquina, se debe corregir el problema para no incurrir en costos excesivos. Si suponemos que se trata de un maquinista experimentado, bien motivado y adecuadamente remunerado, que la máquina se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento, y que no hay impedimentos relacionados con el terreno o con las características del rodal, entonces la solución podría consistir en

reemplazar la motoarrastradora por una de mayor tamaño, o introducir una segunda máquina para poder sacar toda la materia prima producida por la *feller-buncher*, cuidando de no caer en el extremo opuesto; i.e., que la capacidad de extracción de ambas máquinas trabajando juntas supere considerablemente la productividad de la primera. Este ejemplo simple ilustra el concepto de "balancear" un sistema de aprovechamiento forestal. Situaciones similares se podrían presentar entre las componentes extracción y carga, o entre la carga y el transporte, o inclusive entre éste y la descarga en la playa de una fábrica, que es bastante frecuente. Un desafío importante para el ingeniero forestal es, por tanto, encontrar la combinación apropiada de las máquinas que constituyen el sistema para evitar los "cuellos de botella" y lograr que el sistema fluya correctamente. Para ello se debe procurar que las máquinas que se elijan para configurar el sistema tengan productividades compatibles; de esa manera se conseguirá además el mínimo costo por unidad de volumen.

Existen en la bibliografía numerosos métodos para analizar la producción y los costos de aprovechamiento, entre los que cabe mencionar: estudios de tiempos y movimientos, paquetes estadísticos específicos y diversas técnicas de optimización utilizadas en investigación de operaciones. Por ejemplo, la simulación por medio de computadoras permite modelar la interacción entre máquinas dentro de un sistema y ver cómo cambian la productividad y los costos cuando se modifican algunas de las variables que los afectan. Para ilustrar esto, veamos la siguiente situación: un sistema de fuste entero, con una motoarrastradora de garra de 130 hp, puede funcionar de manera óptima en un rodal con una pendiente de 8 %. Cuando ese mismo sistema se traslada a otro rodal situado en un terreno cuya pendiente supera el 20 %, esta máquina extraerá un volumen menor por viaje que en el primer caso, debido al efecto adverso de la pendiente sobre la productividad. Ante esta nueva realidad, se deberá pensar en reemplazar la máquina por otra de mayor potencia para evitar una disminución en el volumen extraído, con el consecuente aumento del costo unitario de la producción.

Situaciones como la descrita, se pueden analizar y resolver con diversos programas (paquetes) desarrollados especialmente para este fin. Entre ellos, Stenzel *et al.* (1985) mencionan: Generalized Machine Simulator (GENMAC), Harvesting Analysis Technique (HAT) y Harvesting System Simulator (HSS). El primero simula las actividades realizadas por una máquina utilizada en aprovechamiento forestal ya sea en forma determinística o estocástica y da como resultado el rendimiento (performance) de la máquina objeto de la simulación más una serie de archivos que contienen la ubicación, las características y la forma de la materia prima obtenida, los volúmenes producidos, las actividades detalladas de la má-

quina y una descripción del rodal remanente (en caso de una corta parcial) o del estado del rodal luego de efectuada la cosecha. Por otra parte, HAT es un programa que simula rodales, máquinas y sistemas, y evalúa el desempeño de un sistema determinado en diversos rodales, o de muchos sistemas en un mismo rodal. Durante mucho tiempo fue considerado el simulador más difundido y utilizado para evaluar máquinas y sistemas de aprovechamiento forestal (Stenzel *et al.*, 1985). El más completo de estos paquetes, el Harvesting System Simulator, está diseñado para simular una gran cantidad de combinaciones de máquinas y rodales: hasta catorce máquinas distintas trabajando hasta en catorce rodales diferentes. Los resultados de estas simulaciones incluyen: informes de ingresos y gastos derivados del funcionamiento de cada sistema; análisis de los costos operativos, tiempos productivos e improductivos de las máquinas y los costos asociados a ellos, tanto para máquinas individuales como para todo el sistema; productividad de cada máquina dentro del sistema; y análisis de costos y rentabilidad de cada sistema.

McDonagh *et al.* (2002) realizó una revisión exhaustiva de los modelos de simulación para sistemas de aprovechamiento forestal disponibles hasta ese momento, y presentó una síntesis de las características sobresalientes de veintiocho de dichos modelos. Este investigador afirma que la mayoría de ellos tienen como objetivo determinar la productividad, los costos y el efecto de los cambios que se introduzcan en el sistema sobre la productividad y los costos.

Las denominadas hojas o planillas de cálculo (e.g., Excel, Calc, Quattro Pro, Lotus 1-2-3) ofrecen una manera relativamente simple para balancear un sistema de aprovechamiento. Se pueden introducir nuevas variables, reemplazar una máquina por otra, agregar o quitar operarios, aumentar o disminuir la remuneración de los obreros (por hora o por cantidades producidas), modificar los métodos de trabajo, las distancias de extracción del monte al borde del camino, las distancias de transporte desde el monte hasta una planta de transformación de la madera, etc., y ver cómo afecta cada uno de esos cambios al costo horario de cada máquina o al costo unitario de la materia prima. Un ejemplo de estas hojas de cálculo es el Auburn Harvesting Analyzer (AHA), desarrollado en la Universidad de Auburn, Alabama, en 1985, que analiza el desempeño de diversas combinaciones de máquinas asignadas a cuatro sistemas diferentes en distintas unidades de aprovechamiento, y que da como resultado estimaciones de productividades y costos para cada máquina y para cada sistema (McDonagh *et al.*, 2002).

Los avances tecnológicos de las últimas décadas han sido asombrosos, gracias principalmente al desarrollo permanente y acelerado de la informática y la electromecánica. Hoy en día existe en el mercado una gran

cantidad de mecanismos, accesorios y programas (software) cuyos propósitos son optimizar sistemas, máquinas y operaciones, reducir costos, y minimizar los daños al ambiente, entre otros. Entre las innovaciones tecnológicas, Tolosana *et al.* (2004) presentan una sucinta e interesante reseña que vale la pena mencionar aquí para referencia del lector. Algunas ponen énfasis en el diseño y desempeño de máquinas y dispositivos, especialmente en lo atinente a ergonomía y seguridad, mientras que otras se concentran en mejorar la productividad y reducir los daños al suelo y a la masa forestal remanente.

Las innovaciones más interesantes con respecto al diseño y a la configuración de los sistemas de aprovechamiento apuntan a varios objetivos, tales como: (a) mejorar la planificación y el control de las operaciones mediante la introducción de nuevos sistemas de medición de la producción (destinados específicamente a las cosechadoras forestales), (b) automatizar el control de tiempos y rendimientos, (c) aplicar tecnología GPS (*Global Positioning System*) y sistemas expertos para localización, seguimiento y control del trabajo de las máquinas, y (d) aplicar Sistemas de Información Geográfica (SIG) para planificar y controlar el aprovechamiento. Algunos ejemplos de software basado en SIG que se emplean en diversos países para estos fines son: Yield, Calc, Snurran (Suecia); Interface 2000, SEIDAM, SELES, WOODMAN (Canadá); y NED, FHS, PPHARVST, HARVEST, Tree-Val y SMARTFOREST (Estados Unidos). Las referencias completas se pueden encontrar en la publicación citada en el párrafo anterior.

Además de los discutidos hasta aquí, existen otros métodos para tomar decisiones con respecto a la configuración del sistema de aprovechamiento más eficiente de entre varios posibles. Un grupo de investigadores de la Universidad Nacional de Misiones, Argentina, desarrolló un paquete de simulación, denominado Simulador de Cosecha Forestal, que permite predecir la productividad y los costos de dos sistemas de cosecha ampliamente utilizados en plantaciones de *Pinus taeda* del Nordeste Argentino, tales como *full-tree* y *cut-to-length* (Mac Donagh *et al.*, 2014). Este software fue luego validado a campo con la participación de varias empresas forestales y contratistas de aprovechamiento de la región (Leszczuk *et al.*, 2017).

Por otra parte, dos investigadores de una universidad australiana (Ghaffariyan and Brown, 2013) emplearon otra técnica de la investigación de operaciones, el Método Promethee de Análisis Multicriterio, para elegir, de entre cuatro sistemas posibles utilizados en plantaciones de *Eucalyptus*, el que diera como resultado el mínimo costo operativo y la máxima productividad. El sistema de astillado en el monte, complementado con un dispositivo para desramar y descortezar, integrado a la “chipeadora”, demostró ser el mejor de los cuatro sistemas analizados.

Si desea conocer mayores detalles sobre este tema, el lector puede tener acceso, por medio de Internet, a una enorme cantidad de información referente a la configuración y optimización de sistemas de aprovechamiento forestal. También sugerimos ver en *YouTube* un interesante video titulado “*An Introduction to Forest Harvesting Systems*”.

## Bibliografía

- Anaya, H. y P. Christiansen. 1986. *Aprovechamiento forestal: Análisis de apeo y transporte*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrarias, San José, Costa Rica.
- Breadon, R.E. 1990. Forest harvesting and renewal planning for the British Columbia interior: An extension of the total-chance concept. Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC), Handbook HB-09, Vancouver, BC, Canada.
- Bromley, W.S. 1976. *Pulpwood production*. Interstate Publishing Co., Danville, Illinois, USA.
- Campbell, A. 2007. *Cable Skidder* [Imagen]. Flickr. [https://www.flickr.com/photos/aaron\\_c/368447107](https://www.flickr.com/photos/aaron_c/368447107).
- Conway, S. 1982. *Logging practices*. Miller Freeman Publications, San Francisco, USA.
- F.A.O. 1978. Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento. Estudios FAO: Montes N.º 2, FAO, Roma.
- Ghaffariani, M.R. and M. Brown. 2013. Selecting the efficient harvesting method using multiple-criteria analysis: A case study in south-west Western Australia. *Journal of Forest Science* 59(12):479-486.
- Leszczuk, A., E. Hildt, F. Somma, D. Broz, I. Capiel, C. Torrubiano y P. Mac Donagh. 2017. Simulador de cosecha forestal “SimNEA”. In Actas del 9º Congreso de Agroinformática, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Córdoba, Argentina, 7-8 septiembre 2017.
- Mac Donagh, P. E. Hildt, M.S. Martínez, J. Malawka, M. Valdés y L. Ferti. 2014. Sistema de apoyo a la planificación de la cosecha forestal. In Actas de las XVI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones, Eldorado, Misiones, Argentina, 15-17 mayo 2014, p. 639-645.
- McDermott, P. 2008. *Harvester & Forwarder* [Imagen]. Geograph. <https://www.geograph.org.uk/photo/770100>
- McDonagh, K., J. Visser, R. Meller, R. Shaffer, and S. Prisley. 2002. Systems dynamics simulation to improve timber harvesting system management. *South. J. Applied Forestry* 28(2):91-99.

- Pantaenius, P. 2010. Manual de aprovechamiento forestal. CIEFAP, Manual N.º 10, Esquel, Chubut, Argentina.
- Pantaenius, P.M. 2011. Sistemas de aprovechamiento forestal y temas relacionados. Rúcula Libros, Buenos Aires.
- Real Academia Española. 2014. *Diccionario de la Lengua Española*, 23 ed. Espasa Libros, Grupo Editorial Planeta, Buenos Aires.
- Santillana, S.A. 1992. *Diccionario Esencial Santillana de la Lengua Española*. Ediciones Santillana, S.A., Buenos Aires.
- Staaf, K.A.G. and N.A. Wiksten. 1984. *Tree harvesting techniques*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Stenzel, G., T.A Walbridge, and J.K. Pearce. 1985. *Logging and pulpwood production*. John Wiley & Sons, New York.
- Tolosana, E., V.M. González y S. Vignote Peña. 2004. *El Aprovechamiento Maderero*. Ediciones Mundi Prensa, Madrid.
- United States Department of Agriculture, Forest Service. 1978. Logging systems guide. USDA Forest Service, Alaska Region, Series N° R10-21, Juneau, Alaska, U.S.A.
- United States Department of Agriculture, Forest Service. 2012. *A grapple skidder operator pulls trees through a harvested stand* [Imagen]. Forestry Images. <https://www.forestryimages.org/browse/image/5501382>
- United States Department of Agriculture, Forest Service. 2012. *Harvesting* [Imagen]. Forestry Images. <https://www.forestryimages.org/browse/image/5474166>
- United States Department of Agriculture, Forest Service. 2013. *An in-woods clean-chipping operation featuring a loader, flail, disk chipper, and chip van*. [Imagen]. Forestry Images. <https://www.forestryimages.org/browse/image/5501397>



## Capítulo 5

# Planificación del aprovechamiento forestal

Todos los días planificamos algo en nuestras vidas. Por ejemplo, anoche yo planifiqué levantarme temprano para empezar a escribir este capítulo. Esta mañana mis estudiantes hicieron sus planes para venir a clase. Quizás inconscientemente, planificaron cómo vestirse, qué calles tomar para llegar hasta la universidad; probablemente hasta pensaron (“planearon”) en qué lugar del aula se sentarían.

Para hacer estos “planes”, las personas debemos tomar ciertas decisiones en distintos momentos de nuestro proceso mental de planificación, desde decisiones triviales hasta otras más importantes. Por ejemplo, ¿me pongo esta camisa azul lisa o esta otra a cuadros? Está nublado; ¿llevo paraguas o no? ¿Qué recorrido elegiré hoy para ir al trabajo? ¿Iré por la avenida céntrica principal o por la avenida de circunvalación?

Así como nosotros diariamente tomamos decisiones y hacemos planes en el ámbito personal o familiar, en el mundo de los negocios se toman decisiones y se hacen planes en forma permanente. Las empresas planifican cosas tales como: adquisición de inmuebles, renovación de máquinas y equipos, incorporación de personal, expansión de operaciones, introducción de nuevos productos, etc. Durante el proceso de planificación, los directivos de una empresa, en sus diferentes niveles, toman decisiones que afectan de diversas maneras el funcionamiento de la empresa. Esto ocurre también en una empresa forestal y, particularmente, en el área responsable del aprovechamiento forestal.

## Importancia de la planificación en el aprovechamiento forestal

La planificación cumple una función fundamental dentro del negocio forestal y reviste suma importancia en el aprovechamiento forestal. Es esencial porque une todas las partes del sistema, identificando y resolviendo los problemas, reconociendo las restricciones y permitiendo la entrada ordenada de los recursos o insumos al sistema.

**¿Qué es un plan?** Un plan es un curso de acción que define una secuencia necesaria de actividades, establece las técnicas que se van a aplicar y determina las necesidades en el tiempo. El plan debe tener en cuenta los objetivos generales de la empresa y también las necesidades y restricciones de otros sectores de la economía forestal, tales como: regeneración, medio ambiente, fabricación, ventas, etc. La ausencia de un plan o la existencia de un plan inadecuado ocasiona pérdidas de tiempo, ineficiencias, subutilización de algunos recursos productivos, y costos excesivos. Por ello, el ingeniero responsable de la cosecha y su equipo técnico deben elaborar un plan de trabajo que asegure el éxito de las operaciones.

## Niveles de planificación

Un plan de aprovechamiento forestal es sólo una parte de un plan de manejo u ordenación forestal, que, a su vez, es un componente de un plan integral del uso de la tierra. La planificación del uso de la tierra puede (o no) responder a políticas nacionales, regionales, provinciales, o locales, que son el resultado de decisiones que se toman en distintos niveles jerárquicos. Estos niveles proporcionan el contexto dentro del cual se establecen los objetivos. Por ejemplo, el gobierno nacional, a través del ministerio o de la secretaría correspondiente, formula las políticas y fija los objetivos para el sector forestal. De conformidad con ello, el gobierno provincial procede a delinear su política y determina las prioridades en materia de recursos forestales, estableciendo metas de producción o volúmenes de madera por extraer. Por su parte, una empresa preparará un **plan de manejo forestal** que contenga amplias estrategias a largo plazo para su bosque o plantación, considerando otros usos del recurso forestal, además de la producción de madera. El plan de manejo, preparado para diez a veinte años (a veces más), consigna el cupo de corta anual en cada unidad de manejo. Siguiendo las pautas de este plan, se elabora el **plan**

**de aprovechamiento**, donde se indican en detalle las vías de acceso, los métodos silviculturales que se van a aplicar, el cronograma de trabajo, los responsables de las distintas fases del aprovechamiento, los sistemas que se han de utilizar, las medidas de protección que se adoptarán, los costos de aprovechamiento, y otros aspectos que se discutirán más adelante. La planificación debe estar siempre encasillada dentro de un marco espacial (geográfico) y temporal.

### Comprensión de los objetivos

En una empresa forestal, la gente responsable de la planificación debe tomar como punto de partida los objetivos de la empresa, en particular sus objetivos comerciales. Por ejemplo, la prioridad número uno puede ser abastecer de materia prima a una planta industrial y eventualmente a otros clientes, teniendo en cuenta el volumen, la calidad y la oportunidad (momento de entrega), a fin de satisfacer la demanda del mercado. Una segunda prioridad, de gran importancia en el largo plazo, es la regeneración de la masa boscosa. Teniendo asegurada la oferta de madera, la empresa podrá seguir satisfaciendo su objetivo comercial al final del turno o de la rotación, según corresponda. Además, se debe tener en cuenta que el bosque nos brinda numerosos bienes y servicios. Por lo tanto, la empresa puede tener objetivos múltiples tales como: protección de una cuenca hidrográfica, extracción de minerales, manejo de la fauna silvestre, recreación (caza, pesca, camping, caminatas, observación de la naturaleza), producción de pasturas para ganadería, cultivos agrícolas consociados con el bosque, etc.

También hay objetivos relacionados con aspectos sociales y políticos. Estos pueden considerarse de segundo nivel. Uno de ellos, de gran importancia en la actualidad, es la protección y conservación del ecosistema. Por ejemplo, los cursos de agua deben quedar libres de sedimentos y restos vegetales; es deseable dejar al bosque en condiciones estéticamente agradables; se debe minimizar o evitar la contaminación del aire y del suelo. En países donde el sector forestal contribuye en forma significativa a la economía, las empresas respetan esos objetivos para poder competir exitosamente y permanecer en el negocio forestal.

Además de los grandes objetivos corporativos y socio-políticos, que son los que marcan el rumbo de la empresa, están los objetivos inherentes al aprovechamiento en sí. Estos objetivos, de tercer nivel, involucran, por ejemplo: la mejor utilización del recurso, la productividad de la mano

de obra, el valor agregado de la materia prima y la seguridad de los trabajadores.

Si bien existen diversos objetivos que el planificador debe conocer, podemos afirmar que el mercado es la fuerza motriz de toda empresa forestal. En el corto plazo, año tras año, todas las semanas, la empresa debe entregar materia prima a sus clientes, a través de su función de abastecimiento, o sea el aprovechamiento. En el largo plazo, el objetivo de manejo pasa de la cosecha a la producción de materia prima para asegurar la existencia de madera en pie para el próximo turno. De esa manera, las demandas del mercado serán satisfechas hoy y en el futuro. En pocas palabras, los objetivos de una buena planificación son:

- Eficiencia
- Economía
- Seguridad

El aprovechamiento forestal demanda grandes inversiones de capital en máquinas y equipos. Dado que toda empresa quiere obtener un margen aceptable de ganancia, es de vital importancia planificar en detalle todos los aspectos de su negocio y no dejar nada librado al azar. El propósito principal es, entonces, lograr que las operaciones se lleven a cabo en forma eficiente, económica y segura.

De lo expuesto hasta aquí podemos inferir que planificar la cosecha de un monte o de una plantación implica mucho más que preparar la madera para sacarla del monte y llevarla luego a la fábrica. Hay una serie de consideraciones que el planificador debe tomar en cuenta para realizar correctamente su trabajo.

### **Variables que se deben considerar en la planificación**

Al planificar el aprovechamiento, se debe analizar una gran cantidad de factores que afectarán directa o indirectamente las operaciones. El análisis incluye las variables en sí, sus interrelaciones, y su efecto sobre los sistemas que se van a utilizar. A continuación, se enumeran y discuten brevemente las variables más relevantes que se deben tener en cuenta en la planificación:

- Tenencia de la tierra o del monte.
- Políticas y objetivos de la empresa.

- Características del rodal.
- Características del terreno.
- Factores meteorológicos.
- Infraestructura y mejoras existentes.
- Seguridad de los trabajadores.
- Máquinas y equipos disponibles.
- Costos.
- Valor del monte en pie.
- Mano de obra.
- Restricciones.
- El factor tiempo.

**Tenencia del monte:** el equipo de planificadores debe conocer cabalmente la situación de dominio del suelo y del vuelo que se va a aprovechar. Si se trata de una concesión gubernamental (municipal, provincial o nacional), se debe contar con los planos correspondientes y el instrumento legal (resolución, decreto, etc.) mediante el cual se concede la autorización pertinente. En el caso de un monte privado, el contrato de compra o de arrendamiento del monte debe estar claramente redactado y contener las especificaciones catastrales debidamente indicadas en el mapa o en el plano de la propiedad. Además, se deben establecer perfectamente y sin dudas los límites de la propiedad, marcando debidamente los linderos en el terreno, antes de iniciar el aprovechamiento.

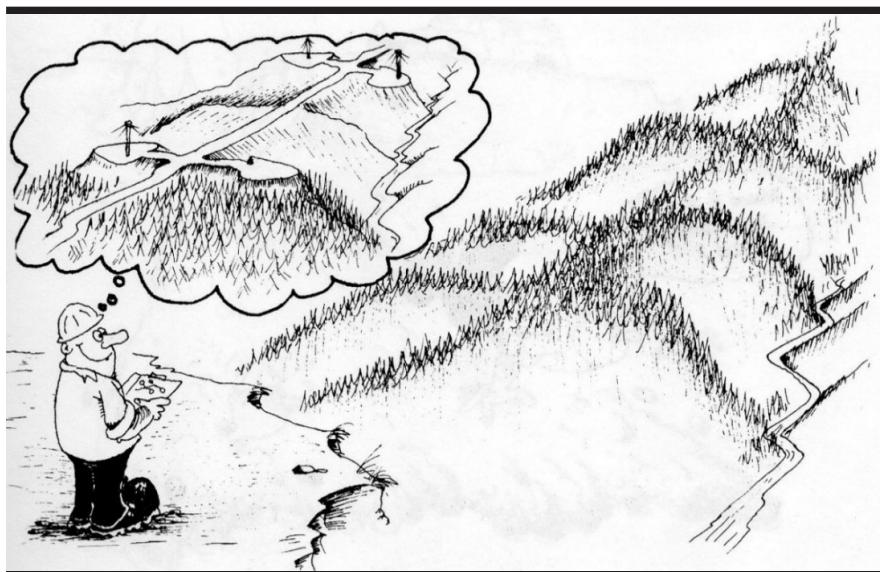
**Políticas y objetivos de la empresa:** la empresa que aprovechará el monte debe saber qué clase y qué volumen de materia prima va a extraer por período (semana, mes, año), en función de los productos a que se destinará la madera y de la demanda de sus clientes. Es probable que el propietario del monte, ya sea fiscal o privado, establezca de antemano el método de corta, el sistema de aprovechamiento permitido, el método de regeneración elegido y las especificaciones para los caminos y las vías de saca. También es posible que se asignen a partes de la propiedad otros usos, tales como recreación, gestión de la fauna silvestre, producción de miel, etc. En todos los casos, el contratista deberá ajustarse a esas políticas y objetivos cuando ejecute las tareas de aprovechamiento. Por lo tanto, se las ha de tener presentes durante la planificación.

**Características del rodal:** para elaborar un buen plan de aprovechamiento, se debe contar con información confiable sobre las características del monte. Un inventario del rodal que se va a cosechar

brinda datos útiles tales como: superficie total, volumen total, volumen por hectárea, volumen por clase de diámetro, volumen por especie, estado sanitario de la masa, cobertura arbustiva, etc. Estos datos permiten determinar el tamaño de los tramos que se cortarán a tala rasa, el porcentaje del cuartel que se aprovechará mediante cortas parciales, el volumen de cada tipo de producto que se extraerá por hectárea, y el volumen promedio (sólo fuste) por pie y por troza. También se puede estimar el grado de dificultad que podrían presentar las tareas de corta y extracción ya que éstas están fuertemente influenciadas por los defectos de los árboles (e.g., individuos enfermos, fustes bifurcados, exceso de ramas) y por la densidad del sotobosque. Las tareas más difíciles implican mayores tiempos de ejecución, menor productividad y, por tanto, mayores costos de aprovechamiento por unidad de volumen obtenido.

**Características del terreno:** la topografía es uno de los factores más importantes en la cosecha de un monte debido al efecto que tiene sobre las operaciones, tanto manuales como mecanizadas. La forma y el relieve del terreno determinan en gran medida qué sistema/s de aprovechamiento se puede/n usar. En la planificación se deben tener en cuenta ciertas características inherentes al terreno, tales como: ubicación y accesibilidad de la masa boscosa que se quiere aprovechar, presencia de cursos y cuerpos de agua, drenajes naturales, áreas inundables o anegadizas, pendientes favorables y adversas, afloramientos rocosos, depósitos de grava o canto rodado, etc. Un ejemplo de adaptación del sistema de aprovechamiento a utilizar en función del terreno, se ilustra en la Fig. 1. También se deben considerar los tipos de suelos presentes en la zona y su efecto sobre el aprovechamiento, en relación con las estaciones secas y lluviosas del año. En terrenos frágiles se debe prever el impacto de las máquinas sobre el suelo (compactación y erosión) y sobre la regeneración.

**Figura 1.** Planificación de un sistema de extracción por cables aéreos en terreno con pendiente pronunciada.



Fuente: Spiers, J.J.K. (1986).

**Factores meteorológicos:** las condiciones meteorológicas afectan en mayor o menor medida las operaciones de aprovechamiento, ya sea disminuyendo la productividad o provocando la paralización de las actividades. Las variables más importantes que se deben considerar son: precipitación, temperaturas extremas, humedad y vientos.

En algunas regiones las lluvias intensas afectan la productividad, aunque no obligan a detener las operaciones. En otras, en cambio, las condiciones de trabajo se tornan tan desfavorables (especialmente el estado de los caminos) que las actividades deben cesar por completo. Esto ocurre, por ejemplo, durante los meses de verano en la Región Chaqueña, no sólo por las lluvias sino también por las altas temperaturas, generalmente superiores a 40 °C. La nieve es un factor crítico en algunas regiones con intensas precipitaciones invernales (e.g., el Sur argentino y muchas regiones de Estados Unidos y Canadá). Su efecto depende del espesor del manto de nieve y de la topografía. En terrenos escarpados, un manto relativamente delgado de nieve origina condiciones de trabajo muy peligrosas. En terreno

nos con pendiente suave, un manto espeso de nieve entorpece las tareas de apeo, trozado y extracción, y hasta torna difícil encontrar las trozas en el monte.

El efecto de las precipitaciones sobre el aprovechamiento depende de la demanda del mercado en el momento en que aquéllas se producen. En épocas de gran demanda, muchas empresas procuran que el personal permanezca en el monte, a pesar de las malas condiciones meteorológicas, pagando bonificaciones extraordinarias que hacen aumentar sus costos. Si no han podido acopiar un stock suficiente de materia prima durante los meses favorables, tienen dos alternativas: trabajar durante la época menos productiva o interrumpir el suministro de materia prima a las plantas de elaboración. Conociendo las probabilidades de ocurrencia y la época de las precipitaciones, la empresa debe estar preparada para operar aun durante los meses adversos. Para ello deberá mantener sus caminos y vías de saca en buenas condiciones, incorporar maquinaria adecuada para tales circunstancias, y adoptar los métodos y sistemas de aprovechamiento más convenientes. Sin embargo, hay lugares en los que resulta imposible continuar con las tareas de cosecha durante la estación lluviosa.

Las altas temperaturas, la baja humedad relativa y los vientos contribuyen a crear condiciones propicias para los incendios forestales. Por esta razón se deben tomar las debidas precauciones durante la época de mayor peligrosidad de incendios. En algunos casos es aconsejable la paralización total de las actividades; en otros, sólo una disminución hasta límites compatibles con la protección y conservación del recurso forestal. Los obreros pueden continuar trabajando, pero bajo ciertas restricciones legales o normas impuestas por la empresa. Por ejemplo, las tareas pueden comenzar al amanecer y finalizar al mediodía, o antes, dependiendo del grado de peligrosidad. Estas reducciones horarias se traducen, naturalmente, en menor producción y mayores costos.

En casos de necesidad, los operarios pueden trabajar en condiciones meteorológicas adversas, excepto cuando hay peligro de incendio o cuando soplan vientos muy fuertes. En este último caso, las cuadriillas no estarán dispuestas a trabajar a ningún precio. En algunos países existen leyes de seguridad que prohíben el trabajo en el bosque cuando el viento excede ciertos límites de velocidad.

En síntesis, las condiciones meteorológicas pueden tener un efecto adverso sobre el aprovechamiento, provocando mayores costos, menor productividad, intransitabilidad de los caminos, peligro de accidentes, riesgo de incendios, y hasta la paralización de las activi-

dades. Se deben tomar en consideración todos estos aspectos cuando se planifica el aprovechamiento.

**Infraestructura y mejoras:** la infraestructura y las mejoras existentes en el predio que será objeto de aprovechamiento influyen sobre la eficiencia de las operaciones y sobre los costos. En ese sentido, se deben tener en cuenta la existencia de elementos tales como: alambrados, canales, acequias, caminos y vías de saca, canchones, ferrocarriles, puentes, líneas eléctricas, gasoductos y sitios de interés cultural o histórico.

**Seguridad:** el trabajo de monte es muy peligroso. A pesar de los cuidados y precauciones que toman algunas empresas, siempre ocurren accidentes que ocasionan daños y lesiones de diversa gravedad. Por ello, la seguridad de los trabajadores es un aspecto fundamental que debe incluirse en la planificación del aprovechamiento.

**Máquinas y equipos disponibles:** a menudo una empresa decide aprovechar o no un monte en función de la maquinaria con que cuenta, dentro de ciertas limitaciones físicas, ambientales y legales. Por ejemplo, un contratista que posee sólo una *feller-buncher* y una motoarrastradora, probablemente no pueda cortar un monte ubicado en un terreno con pendientes muy pronunciadas. Allí se impone el uso de un sistema de extracción con cables aéreos. Por otra parte, una masa boscosa situada en suelos anegadizos excluye la posibilidad de extraer la madera por arrastre; en consecuencia, se deberá emplear otra forma de extracción que no provoque daños al suelo.

**Costos:** no se debe realizar ninguna tarea en el monte si no se conoce antes cuáles serán los costos de aprovechamiento. Una empresa puede estimar sus costos operativos y de producción a partir de sus propios estudios de tiempos y rendimientos, o a partir de datos provenientes de operaciones similares ejecutadas por la misma o por otra empresa.

**Valor del monte en pie:** la decisión de aprovechar o no un monte depende muchas veces del valor que el vendedor (propietario) o el comprador (empresa que aprovecha el vuelo) le asigne al monte en pie. Cuando se trata de transacciones entre particulares, se llega a un acuerdo entre las partes en cuanto al valor del vuelo. A menudo, el vendedor fija el precio de venta tomando como base los valores que otros propietarios de la zona generalmente aceptan por un

monte de características similares, y ofrece en el mercado su masa forestal aprovechable. Si el comprador está dispuesto a pagar ese precio, entonces se concreta la operación. Podría ocurrir la situación inversa: la empresa interesada en adquirir el vuelo ofrece al propietario una suma de dinero determinada, y la transacción se materializa cuando ambas partes acuerdan el precio. Ésta es una forma empírica de estimar el valor del vuelo. Si se desea obtener valores que reflejen mejor la realidad, se deben efectuar ajustes teniendo en cuenta diversos factores tales como: características del terreno, especie, volumen promedio de los árboles, calidad del vuelo, densidad del rodal, volumen por hectárea, distancia de transporte, métodos de corta y sistemas de aprovechamiento permitidos, situación del mercado maderero, etc.

Para determinar en forma más objetiva y con mayor precisión el valor de un monte en pie existe un método analítico que toma en consideración los costos de aprovechamiento de la materia prima, los costos de manufactura del producto que se obtendrá a partir de ella, el precio de venta del producto terminado y el margen de ganancia que el comprador establece para sí, incluyendo el factor riesgo (Stenzel *et al.*, 1985). En todos los casos, el valor del monte en pie es una consideración de fundamental importancia en la planificación.

**Mano de obra:** tanto las operaciones manuales como las mecanizadas requieren de trabajadores debidamente capacitados y entrenados para realizar las tareas de monte. En muchos lugares, especialmente en regiones remotas, alejadas de los centros poblados, la mano de obra es escasa o inexistente, lo que obliga a las empresas a contratar obreros en otras regiones o provincias y trasladarlos al área en la que se va a ejecutar el aprovechamiento, donde se les provee de vivienda y alimentación. Si se trata de operaciones de corta duración, se los aloja en campamentos o en casillas móviles. De lo contrario, la empresa o el contratista debe contar con instalaciones mejor equipadas y de carácter permanente. Una solución alternativa ante la falta de trabajadores forestales es la mecanización de las operaciones, lo que implica un aumento en las inversiones (compra de maquinaria y capacitación del personal) y una reducción en los costos operativos y de producción en el mediano y largo plazo. Cuando se planifica el aprovechamiento siempre se debe considerar la disponibilidad y la capacidad de la mano de obra necesaria para llevar adelante las tareas.

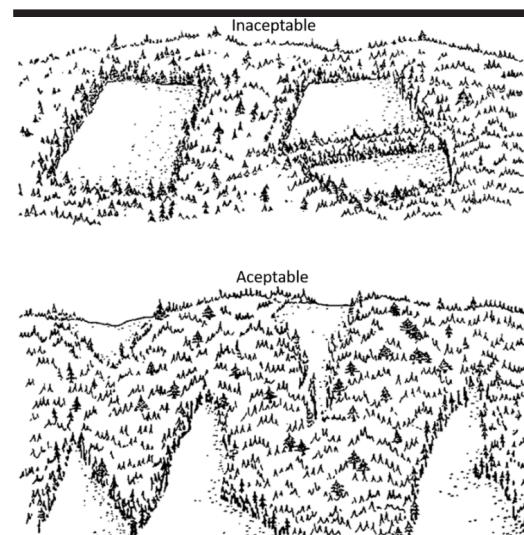
**Restricciones:** antes de ejecutar el aprovechamiento, se debe prever la incidencia de ciertas variables que pueden condicionar o limitar el uso de algunas máquinas o de algunos métodos. Al planificar las operaciones es conveniente tener en cuenta numerosas limitaciones de diversa índole: físicas, silviculturales, ambientales, legales y estéticas. Por ejemplo, en la temporada de precipitaciones intensas, puede resultar imposible entrar al monte con las máquinas de que dispone la empresa. Otra restricción física podría ser el relieve del terreno: con pendientes superiores al 35 %, no conviene realizar la extracción con motoarrastradoras por razones de seguridad y para evitar daños graves al suelo. Desde el punto de vista silvicultural, no se deberían efectuar cortas a tala rasa si se está aprovechando una especie tolerante y se procura la regeneración natural. Por otra parte, cuando se construyen caminos forestales, se deben minimizar los efectos dañinos de las máquinas sobre el suelo y sobre los cursos de agua. En muchos países existen leyes que obligan a dejar fajas de vegetación sin cortar en ambas márgenes de un río o arroyo para reducir o evitar la contaminación de las aguas con restos vegetales y con materiales del suelo, y para proteger la fauna ictícola, como se muestra en la Fig. 2. Otros ejemplos se pueden encontrar en Stenzel *et al.*, 1985; Gayoso y Acuña, 1999; y Tolosana *et al.*, 2004. Por último, los reclamos y exigencias de la sociedad obligan actualmente a dejar fajas de bosque intactas para ocultar o enmascarar de la vista del público, especialmente de los turistas, aquellas áreas donde se están llevando a cabo tareas de aprovechamiento forestal, y así evitar el impacto paisajístico negativo de las cortas a tala rasa, dejando bordes irregulares, con un aspecto más “natural”, que resultan visualmente más aceptables, en lugar de diseños geométricos regulares, que son estéticamente desagradables (Fig. 3).

**Figura 2.** Fajas ribereñas de protección.



Fuente: Gayoso y Flández, 2012.

**Figura 3.** Impacto paisajístico inaceptable y aceptable de una tala rasa.



Fuente: Stenzel *et al.*, 1985.

**El factor tiempo:** cuando se aprovechan plantaciones, el manejo forestal es generalmente intensivo y el trabajo de monte, continuo. En esos casos, se justifica contratar mano de obra permanente y realizar inversiones importantes en maquinaria e infraestructura (caminos, puentes, campamentos, galpones, etc.) pues las mejoras se usarán todo el año, durante muchos años. En el largo plazo, las instalaciones y los equipos se pueden amortizar con el volumen de madera extraída sobre la base de la vida útil real de la mejora. Por ejemplo, la inversión en un camino forestal de buena calidad para transportar la madera extraída requiere no sólo de un elevado volumen diario de producción sino también de un aprovechamiento a largo plazo que permita distribuir el costo de la inversión sobre un gran volumen de madera.

La situación es diferente cuando se trata de un monte nativo o de operaciones de corta duración en las que el aprovechamiento suele ser una actividad estacional o de carácter extensivo. Si éste se realiza sólo durante unos años, o durante pocos meses al año, ya sea por razones climáticas o de mercado, conviene contratar personal temporal y no efectuar grandes inversiones, aunque el volumen diario o anual extraído sea grande. El período de amortización de las mejoras sería corto y el costo anual de la inversión por unidad de volumen resultaría elevado debido a la cantidad insuficiente de madera extraída durante pocos años. Además, la mayoría de las mejoras no se pueden trasladar ni recuperar una vez terminado el aprovechamiento.

## El proceso de planificación

No todas las personas tienen el mismo concepto de lo que es la planificación del aprovechamiento forestal. Ello depende del grado de responsabilidad y de la posición que ocupa cada uno dentro de la empresa u organización a la que pertenece. Por ejemplo, el gerente forestal tiene una percepción diferente de la del encargado de abastecimiento y de la del supervisor de producción. Un contratista no tiene el mismo concepto de planificación que el ingeniero que prepara una licitación para la concesión de montes fiscales, a pesar de que ambos deben planear en detalle todas las actividades del aprovechamiento y calcular los costos de las operaciones. Independientemente del nivel en el que se lleve a cabo y de quien la realice, la planificación siempre implica **tomar decisiones**. Si bien cada

situación es distinta, durante el proceso se toman dos tipos de decisiones: gerenciales y técnicas.

### **Decisiones gerenciales:**

- Compra del monte en pie.
- Mercado para la materia prima.
- Selección de máquinas y equipos.
- Contratación de mano de obra.
- Financiamiento de las operaciones.

Una vez tomadas estas decisiones de primer nivel, el ingeniero forestal debe planificar cuidadosamente cada una de las fases del aprovechamiento.

### **Decisiones técnicas:**

- Organización de las operaciones.
- Cronograma de producción.
- Presupuesto de gastos e ingresos.

El cronograma de producción implica planear en detalle todas las actividades interdependientes, la distribución diaria (espacial y temporal) de máquinas y hombres, y la asignación específica de tareas al personal de monte. También se debe planificar el mantenimiento diario y/o periódico de las máquinas, y las acciones que se tomarán en caso de emergencias tales como roturas o desperfectos mecánicos, accidentes, incendios y adversidades meteorológicas. El ingeniero forestal a cargo del aprovechamiento debe planificar además la disposición y el trazado de los caminos y las vías de saca, la ubicación de los canchones, y la forma, tamaño y distribución de los tramos de corta dentro del cuartel de ordenación.

En el caso de una dependencia gubernamental que tiene a su cargo la venta, la concesión o el arrendamiento de un monte fiscal, el ingeniero responsable debe incluir en el contrato la ubicación de las vías de saca y de los caminos que se va a construir, así como los métodos de aprovechamiento permitidos. El potencial comprador, adjudicatario o arrendatario, debe preparar con anticipación un plan de aprovechamiento para poder estimar sus costos. Eso le permitirá hacer una estimación más realista del valor del monte en pie y decidir cuánto pagar por él.

Dado que cada monte tiene sus particularidades en cuanto a composición, volumen, densidad, topografía, tipo de suelo, necesidades silviculturales, etc., cada plan de aprovechamiento es único y específico para

cada situación. Siempre se deben analizar numerosas variables al mismo tiempo, junto con sus interacciones, a fin de lograr la máxima economía posible. El planificador debe poseer excelente capacidad de análisis, imaginación y buen criterio.

## Información necesaria para la planificación

El primer paso en la planificación del aprovechamiento consiste en recopilar toda la información disponible sobre el monte que se va a cosechar. De la cuantiosa información necesaria -aunque no siempre disponible- para planificar las tareas, sólo discutiremos las más importantes a continuación.

### MAPAS

La primera información que se necesita cuando se va a planificar el aprovechamiento de un área boscosa es su ubicación exacta y sus límites con respecto a asentamientos humanos, ríos, lagos, caminos, ferrocarriles, etc. La mejor forma de expresar dicha información es por medio de un mapa confeccionado a una escala adecuada. Existen varios tipos de mapas útiles:

- **Mapas topográficos:** generalmente hechos a gran escala (1:2000), estos mapas muestran las curvas de nivel a intervalos compatibles con el costo y con el grado de detalle requerido. Se confeccionan usando métodos fotogramétricos especiales o software específico.
- **Mapas forestales:** se preparan con los resultados del inventario forestal. Muestran tipos de vegetación, composición, clases diamétricas o de edad y grado de espesura de cada tipo de formación forestal. Dentro de esta categoría también existen mapas de calidades de sitio.
- **Mapas especiales de aprovechamiento:** se obtienen por combinación de tipos de vegetación, datos de volumen y topografía de gran escala.
- **Mapas geológicos:** muestran la estructura geológica, la forma del terreno, el material madre y la naturaleza de materiales tales como depósitos glaciales no consolidados, arena, canto rodado, roca consolidada o minerales diversos. Estos mapas son de gran utilidad para la construcción de caminos.
- **Mapas de relevamiento de suelos:** son muy valiosos para la planificación de la red caminera y de los trabajos de monte. De su inter-

pretación surge información importante sobre la capacidad soporte del suelo para la construcción de caminos y sobre peligros de hundimiento, deslizamiento, compactación y erosión.

#### FOTOGRAFÍAS AÉREAS E IMÁGENES SATELITALES

Hoy en día la mayoría de las empresas y dependencias gubernamentales poseen imágenes satelitales de sus tierras forestales. En los últimos tiempos, muchos propietarios de montes y empresas contratistas de cosecha disponen de fotos con información específica del área que interesa, tomadas con drones, a la escala necesaria. Hasta hace 20-30 años, tanto las empresas como los organismos estatales utilizaban mayormente fotografías aéreas, producidas en la Argentina por el entonces Instituto Geográfico Militar (IGM) o por empresas privadas que se dedicaban a la producción de fotos para fines diversos: forestales, agropecuarios, mineros, viales y otros. Algunos encargan este trabajo a especialistas en la materia, mientras que otros compran directamente las imágenes satelitales que preparan empresas que se dedican a eso, o las adquieren en los organismos oficiales correspondientes, en caso de estar disponibles. En la actualidad, lo más común es comprar imágenes satelitales (Landsat, Spot, Sputnik, etc.) de la región, del área, o de la propiedad forestal que interese.

#### DATOS DE RELEVAMIENTO DEL TERRENO

Es imprescindible disponer de copias del plano catastral y otras anotaciones de campaña para determinar los límites legales de la propiedad que será objeto de aprovechamiento. También se puede obtener información sobre las coordenadas de los puntos del terreno que interesen y sobre estaciones de triangulación y puntos de referencia de cota conocida. Hoy estos datos se pueden obtener sencillamente mediante la aplicación de la tecnología GPS (Sistema de Posicionamiento Global), sumamente accesible y disponible en el mercado en diferentes calidades y a diversos precios. Es importante además contar con los planos y perfiles de los caminos y de las vías de saca existentes y por construir, ubicación de líneas eléctricas, gasoductos, acueductos, etc., situados dentro de la zona que se va a cosechar y en áreas adyacentes a ella. Todo esto es muy útil y valioso para la planificación de la red de caminos forestales.

### *Inventario forestal*

El inventario forestal proporciona datos sobre las características y el volumen del monte que será objeto del aprovechamiento. Si hay áreas adyacentes que han sido explotadas recientemente, es interesante conseguir información sobre el rendimiento volumétrico por hectárea para los diversos productos, y sobre los métodos de corta y sistemas de aprovechamiento que se han utilizado. También puede resultar útil hacer una comparación entre los volúmenes extraídos y los volúmenes existentes según el inventario. Cuando se realizan cortas selectivas, especialmente en regiones tropicales, es conveniente marcar y enumerar los árboles antes de planificar la red caminera.

### Costos

Se debe obtener y compilar todos los datos disponibles sobre costos de aprovechamiento que sean aplicables al monte que se va a aprovechar. Si no se dispone de esta información, se pueden usar datos recientes de producción y de costos de operaciones de aprovechamiento anteriores en áreas boscosas comparables. También es útil contar con datos sobre costos de construcción de caminos en terrenos similares. Algunos de estos datos, o cifras orientativas, se pueden obtener en ciertos organismos estatales (e.g., direcciones de bosques provinciales).

### MÁQUINAS Y EQUIPOS DISPONIBLES

Cuando se planifica en el sector privado, se debe saber con qué máquinas y equipos cuenta la empresa y cuáles se pueden usar en función de las características del monte y de las restricciones ecológicas o legales que puedan establecer los entes gubernamentales pertinentes. Es necesario conocer una serie de datos sobre especificaciones y rendimientos, según el tipo de operación de que se trate. Veamos algunos ejemplos de datos importantes que conviene conocer:

- Para **extracción por arrastre**: tamaño, potencia y tipo de máquinas que se van a utilizar, pendiente óptima favorable (para permitir un viaje de ida y vuelta en el menor tiempo posible), rendimiento de las máquinas en pendientes adversas, distancias eficientes para diversas pendientes (en el caso de extracción con animales y motoarrastradoras), etc.

- Para **extracción con cables**: capacidad y longitud de las líneas, potencia y velocidad del sistema, tipo de mástiles (torres portátiles de acero) y alturas necesarias en función del relieve del terreno, tipo de cargadoras que se van a emplear, radio de giro de la grúa (para la limpieza del canchón), tamaño y distancia eficiente de operación del sistema, combinación óptima de cables y cargadoras (para lograr un equilibrio entre la extracción y la carga), altura del “carrito” sobre el nivel del suelo, etc.
- Para el **transporte con camiones**: tara, capacidad de carga, radio de giro, ancho de banquina adecuado, velocidad de operación en pendientes favorables y adversas en las diferentes marchas, y cualquier otra especificación que se juzgue conveniente.

Cuando se entregan montes fiscales en concesión, si el organismo estatal especifica qué sistemas está permitido usar por razones ambientales, las especificaciones deben basarse en las máquinas que son comunes a la mayoría de las empresas que se presentarán en la licitación. Sin embargo, es recomendable evitar especificaciones extremadamente detalladas para no favorecer a unos pocos postulantes (o a uno solo) con máquinas fuera de lo común y marginar así a otros. Por ejemplo, en un bosque fiscal ubicado en un terreno montañoso con pendientes pronunciadas, sería más aconsejable, desde el punto de vista económico, usar un sistema de cable aéreo pues eso implicaría un ahorro en los costos de construcción de caminos. No obstante, si la mayoría de las empresas postulantes de la zona no contaran con este tipo de sistema, sería conveniente recomendar el uso de otros sistemas que sean también económicos y eficientes para ese tipo de situación.

#### RESTRICCIONES SILVICULTURALES Y AMBIENTALES

En la planificación también es importante tener en cuenta ciertas restricciones silviculturales y ambientales. Por ejemplo, hay especies que exigen el uso de ciertos métodos de corta para asegurar su regeneración. También existen situaciones donde el aprovechamiento mecanizado podría provocar problemas de compactación o de erosión al suelo. En esos casos, el organismo gubernamental competente debe exigir el uso de cables aéreos o de otros sistemas que eviten la degradación del suelo, o el daño a los árboles remanentes, o a la regeneración.

### *Políticas empresariales y gubernamentales*

El planificador debe contar con información sobre la política de la empresa y del organismo gubernamental pertinente con respecto al aprovechamiento. Los profesionales responsables de planificar las operaciones necesitan saber:

- El método de corta que se va a utilizar: para cortas selectivas, se debe saber cuáles son las pautas de selección y marcación, y el volumen o porcentaje a extraer; para tala rasa, es necesario saber si se la llevará a cabo por tramos, fajas o tranzones, y si la regeneración será natural o artificial.
- Los sistemas de aprovechamiento permitidos: máquinas a emplear, distancias de extracción, etc.
- Qué tipos de camiones se van a usar dentro del bosque y fuera de él (en base a los límites legales) y la ubicación de los puntos de transferencia.
- Las especificaciones técnicas sobre los caminos y las vías de saca que se han de construir: radios de las curvas, pendientes, ancho de calzada, carpeta de rodamiento, etc.
- El volumen de madera a extraer del monte por período (semana, mes, año).
- Precauciones especiales sobre protección de suelos y cursos de agua.
- Medidas de prevención y combate contra incendios.
- Potenciales usos recreativos o comerciales de los caminos y campamentos.
- Otras consideraciones ambientales: e.g., protección de la fauna y de cursos de agua, estabilización de laderas, valores culturales y estéticos del bosque.

### OTROS ASPECTOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN LA PLANIFICACIÓN

Una empresa podrá permanecer dentro del negocio forestal sólo si su margen de ganancia le parece aceptable. Por eso es importante optimizar la eficiencia de sus operaciones y lograr que sus costos de aprovechamiento sean mínimos; así podrá obtener un buen retorno a sus inversiones en tecnología y en recursos humanos profesionales. Esto se consigue con una buena planificación.

Cuando el equipo técnico encargado de planificar las operaciones tiene que decidir qué sistema de aprovechamiento conviene utilizar en una determinada situación, debe tener en cuenta las limitaciones que

imponen las características del terreno (e.g., pendiente, cursos de agua) al uso de ciertas máquinas, a fin de evitar daños excesivos al suelo o acumulación de sedimentos que contaminen el agua. También deberá decidir la ubicación óptima de caminos, vías de saca y canchones para minimizar los costos totales. Si se van a construir caminos, también se deberán especificar características tales como pendiente máxima, radio mínimo de las curvas, ancho de la carpeta de rodamiento, emplazamiento de puentes, alcantarillas y cunetas, al igual que los costos de construcción y mantenimiento. Existen situaciones en las que el relieve podría excluir sistemas de extracción por arrastre en favor de sistemas por suspensión.

Por otra parte, es responsabilidad del ingeniero forestal decidir qué método de corta conviene aplicar en función de las características del monte o de la plantación que se va a cosechar, según se trate de raleos, cortas parciales, o corta final, y prever la regeneración del monte, así como la protección de la masa remanente. Esto también debe estar incluido en la planificación.

En la actualidad, la mayoría de las empresas forestales tienen muy en cuenta las consecuencias perjudiciales del aprovechamiento sobre el ecosistema. Se debe tener especial cuidado de no contaminar ríos, arroyos y lagos con los residuos de la corta (hojas, ramas, corteza, trozos de madera) ni con materiales resultantes del movimiento de suelos durante la construcción de caminos. También se han de minimizar la erosión y la compactación del suelo durante la extracción por arrastre y el transporte por camión. Estos daños, sumados al efecto de las pendientes pronunciadas, podrían provocar fuertes escorrentías de agua, y hasta graves desastres naturales, como aludes o avalanchas, en época de lluvias o nevadas intensas. Claramente, las consecuencias más negativas sobre el ecosistema son la pérdida de suelo y la contaminación del agua. En este sentido, Stenzel *et al.* (1985) sostienen que, para evitar daños excesivos al suelo durante la extracción con motoarrastradoras u otros tractores forestales, se debe limitar el uso de estas máquinas a pendientes menores al 35 %. También aconsejan que la pendiente de los caminos forestales no exceda el 12-15 % a fin de minimizar dichos problemas.

Todas las consideraciones expuestas en los párrafos precedentes reforzan la idea de la importancia fundamental de la planificación para lograr que las operaciones de aprovechamiento forestal sean exitosas tanto en el aspecto económico como en lo atinente al ecosistema que resulta afectado de diversas maneras por la intervención humana en el bosque. A esto se debe agregar otro aspecto sumamente importante al planificar el aprovechamiento: la seguridad de toda la gente involucrada directa o indirectamente en las tareas de cosecha. En todas las actividades forestales

se deben tomar las medidas de precaución necesarias para minimizar los riesgos a que están expuestos los trabajadores. Se debe prestar especial atención a las tareas manuales dado que son las más peligrosas y donde más accidentes ocurren, particularmente en el apeo y la elaboración con motosierra. El respetar las pendientes máximas admisibles para la extracción mecanizada por arrastre y para el transporte por camión, también contribuye a brindar mayor seguridad en las operaciones; por eso se las debe tener en cuenta en la planificación.

### **Reglas básicas para la planificación del aprovechamiento forestal**

Para lograr una buena planificación, es necesario evaluar numerosos factores, como se discutió previamente. Cline (1999) resumió las consideraciones más importantes para la planificación operativa en sus denominadas “Diez Reglas Cardinales”, a modo de sugerencias, que se reproducen textualmente a continuación:

- Compre o aproveche el monte que sea más compatible con las máquinas y equipos que Ud. posee. Si el volumen lo permite, adquiera las máquinas que mejor se adecuen a las características del monte que se va a cosechar.
- Recuerde que el aprovechamiento es básicamente un problema de transporte, que se resuelve eligiendo el camino más simple que permita hacer el trabajo en forma efectiva.
- Existen “herramientas” que ayudan a planificar, tales como mapas, fotografías aéreas, imágenes satelitales, etc. ¡Úselas!
- Inspeccione cuidadosamente el monte antes de trasladar las operaciones a un nuevo sitio.
- Aproveche primero las áreas más difíciles, si es posible, y deje las mejores (más fáciles) para el final.
- Aprenda a pensar en función de unidades de producción.
- Planifique cada fase del aprovechamiento pensando en el paso siguiente.
- Preste especial atención al cronograma de trabajo y al ciclo de cada máquina dentro del sistema.
- Recuerde que, en el largo plazo, los trabajadores más hábiles cuestan menos que los de menores habilidades.
- Manténgase informado y actualizado mediante un cuidadoso y de-

tallado registro de sus costos, un estudio permanente del monte, y el uso de datos disponibles sobre las máquinas y los equipos.

Es tan importante la planificación que varios autores han publicado pautas o guías de trabajo, reglas, principios, normas, sugerencias, etc. tendientes a optimizar el trabajo y la productividad. Además de las "Reglas Cardinales" de Cline (1999), que se presentaron en el apartado anterior, hemos elegido hacer referencia también a otro conjunto de reglas elaboradas con anterioridad por un grupo de investigadores de la Universidad de Virginia, Estados Unidos (Vodak *et al.*, 1983). Estos autores sostienen que para que el aprovechamiento sea rentable, se deben considerar a todas las actividades como parte del negocio forestal y, por lo tanto, se debe manejar todo bajo la óptica de un negocio. Se presentan a continuación las **Reglas Básicas** que ellos sugieren aplicar "religiosamente" [sic] al planificar el aprovechamiento:

- Organice su negocio de acuerdo con sus preferencias personales y tenga siempre en cuenta los aspectos legales e impositivos.
- Conozca bien el monte, el terreno y los mercados.
- Aproveche el rodal eficientemente, obteniendo de él la diversidad de productos que le brinda. Las ganancias provienen de producir lo máximo que se pueda y recibir el precio más alto posible por cada unidad producida.
- Al comprar un monte, tenga en cuenta la productividad, pero, además, elija aquél que sea más compatible con su sistema de aprovechamiento y con las máquinas que Ud. posee. ¡Cuidado! Un tramo "especial" de corta que exija cambios en su sistema, en los métodos operativos, o en la comercialización de la materia prima, podría resultarle demasiado caro.
- Contrate buenos obreros; entrénelos y trátelos bien. Ellos son la clave de la productividad, y la productividad es la clave de las ganancias.
- Exija el buen mantenimiento y la operación adecuada de todas las máquinas y los equipos de aprovechamiento.
- Planifique el desarrollo y el crecimiento de su negocio a largo plazo. Planifique cuidadosamente la adquisición de máquinas y equipos. Resista o evite el impulso de comprar.
- Preste atención a la envergadura de su negocio. Mantenga buenos registros, proyecte presupuestos, y mantenga buenas relaciones con los bancos.
- Maneje bien su dinero. Tenga cuidado con sus gastos generales [de administración], controle sus costos fijos y operativos, y conozca bien los aspectos impositivos que afectan a su negocio.

- Procure sacar del monte hasta la última camionada de madera [possible].
- En caso de que Ud. participe de una licitación o subasta de madera, esmérrese en calcular el precio que Ud. estaría dispuesto a pagar por el monte en pie, para poder competir exitosamente con otros oferentes.
- Esfuérce en hacer el mejor “negocio” posible (la mejor compra) cuando adquiera una máquina nueva.
- Si Ud. tiene una máquina defectuosa o descompuesta, repárela o hágala reparar como corresponde y póngala de nuevo a trabajar rápidamente.

## El plan de aprovechamiento forestal

El proceso de planificación culmina con la preparación de un plan de aprovechamiento forestal. Este plan cumple una función tan importante para el ingeniero forestal como el plano de un edificio para un arquitecto o un ingeniero civil. Según el plazo involucrado y el contenido, un plan de aprovechamiento puede ser estratégico o táctico.

El **plan estratégico** de aprovechamiento, preparado por el equipo de planificación forestal de la empresa, es un plan a largo plazo que responde las siguientes preguntas sobre el monte o sobre el cuartel que se va a aprovechar:

- Qué tipo de aprovechamiento se debe hacer.
- Por qué se lo debe hacer.
- Dónde se lo debe llevar a cabo.
- Cuándo se lo debe ejecutar.

El plan estratégico debe:

- Identificar y demarcar las áreas que no se han de aprovechar.
- Dividir el cuartel a aprovechar en tramos o cupos de corta anual.
- Diseñar el sistema principal de transporte (la red vial).

El **plan táctico** de aprovechamiento, preparado por el equipo responsable de supervisar las operaciones, es un plan a corto plazo, aplicable a cada tramo anual de corta, o a cada unidad de aprovechamiento, o “frente de cosecha” (como se dice en la Mesopotamia Argentina), que da respuesta a las siguientes preguntas:

- Cómo se ejecutará el aprovechamiento, en detalle.

- Quién/es ejecutará/n las tareas.
- Cuándo se debe cosechar cada parte del tramo.

Antes de comenzar la planificación, se debe disponer de un mapa general de uso de la tierra para diferenciar las áreas boscosas que quedarán como bosques protectores de aquéllas donde se permitirá el aprovechamiento. También se deben identificar y cuantificar las áreas a forestar y las que, después de la corta, se destinarán a otros usos tales como agricultura o ganadería, siempre que dichas prácticas sean sustentables.

La preparación de un **plan de manejo forestal** es un requisito esencial que se debe cumplir antes de pensar siquiera en cortar un árbol. Como ya se dijo, el plan de aprovechamiento es sólo una parte de un plan de manejo forestal para todo el monte o cuartel, que abarca muchos años. Sin embargo, es una parte muy importante ya que el aprovechamiento genera ingresos y brinda la oportunidad de modificar el bosque de manera que pueda contribuir en forma más efectiva a satisfacer objetivos económicos, sociales y ambientales. El plan de manejo y el plan de aprovechamiento son complementarios y resultan del trabajo conjunto y simultáneo de un equipo interdisciplinario integrado por ingenieros forestales, ecólogos, biólogos, geólogos, economistas, sociólogos y otros especialistas.

#### OBJETIVOS DEL PLAN DE APROVECHAMIENTO

Una buena planificación debe crear el escenario apropiado para lograr un aprovechamiento sustentable, controlar técnicamente las operaciones en el monte, reducir al mínimo los daños al ecosistema, minimizar los costos y maximizar las ganancias. Para ello, un plan de aprovechamiento debe incluir como objetivos:

- Lograr un acceso eficiente al bosque para facilitar las tareas silviculturales, las medidas de protección y el transporte.
- Minimizar los impactos ambientales, sociales, etc.
- Proteger la salud y velar por la seguridad de los trabajadores y de la población en general.
- Facilitar la coordinación de las actividades en el espacio y en el tiempo.
- Optimizar la productividad de las operaciones.
- Respetar las necesidades y los deseos de las comunidades locales y de las poblaciones aborígenes. Esto implica:
  - Propiciar su participación en las decisiones referentes al aprovechamiento.

- Procurar su beneficio financiero, económico y social.
- Minimizar los costos de aprovechamiento y transporte, teniendo en cuenta las restricciones ambientales, legales y sociales.
- Complementar las actividades de cosecha de madera con la obtención de productos forestales no leñosos (distintos de la madera).
- Tener suficiente flexibilidad como para modificarlo y adaptarlo a nuevas tecnologías o a situaciones diferentes.

#### CONTENIDOS DEL PLAN DE APROVECHAMIENTO

**El plan estratégico.** Debe ser elaborado, simultáneamente con el plan de manejo, o plan de ordenación forestal, por un equipo interdisciplinario de especialistas. Un buen plan estratégico consta de un mapa y una memoria escrita (FAO, 1996).

El **mapa**, hecho a escala entre 1:10.000 y 1:50.000, debe mostrar la siguiente información, tal como figura en el plan de ordenación forestal:

- Tipos de vegetación, topografía (curvas de nivel), cursos y cuerpos de agua, infraestructura existente y prevista, y otras características artificiales.
- Áreas protegidas tales como reservas biológicas, sitios de interés religioso o cultural y zonas cercanas a centros poblados.
- Áreas donde se ejecutará el aprovechamiento, divididas en tramos anuales, o áreas similares que puedan ser referenciadas fácilmente en el terreno.
- Áreas con problemas que deberán solucionarse cuando se desarrolle la red caminera o cuando se realice el aprovechamiento. Ejemplos: pantanos o terrenos anegadizos, afloramientos rocosos, cruce de cursos de agua, etc.
- Áreas de uso no forestal.
- Asentamientos de comunidades o poblaciones aborígenes que podrían ser afectadas por las operaciones de aprovechamiento y transporte.

El **plan escrito** (memoria) debe describir en detalle la información que aparece en el mapa. Generalmente la memoria escrita incluye:

- Descripción del tratamiento silvicultural para cada tramo y una explicación de por qué se ha seleccionado cada tratamiento y de qué modo contribuirá el aprovechamiento a lograr los objetivos del plan de ordenación.
- Descripción del sistema a usar en cada tramo o unidad de aprovechamiento y una explicación del criterio de selección. Por ejemplo, en un 20 % de la superficie, la extracción se realizará con cables aé-

reos, en un 60 %, con motoarrastradoras, en un 5 %, con animales, y el resto con helicópteros.

- Tomando como base los datos del inventario, una estimación del volumen de madera a extraer en cada tramo, preferiblemente desglosada por especies, o por grupos de especies similares, o por clases diamétricas.
- Cronograma indicando el año en que se aprovechará cada tramo.
- Descripción de las áreas problemáticas especiales que se hayan incluido en el mapa, y sugerencias para solucionar los problemas.
- Discusión de los problemas que pueden afectar a comunidades locales o a poblaciones indígenas y cómo se los ha abordado al preparar el plan.
- Información detallada sobre el sistema de transporte forestal: parámetros técnicos usados en el diseño de los caminos, ubicación y especificaciones de los principales cruces de ríos y arroyos, y detalles sobre la ubicación y el diseño de las "obras de arte" (cunetas, alcantarillas, puentes, etc.).
- Necesidades anuales de mano de obra para las tareas de cosecha y para la construcción y mantenimiento de los caminos.
- Consideraciones sobre el alojamiento y las instalaciones necesarias para albergar a los trabajadores, así como información referente a su salud, higiene y seguridad.
- Estimación del costo de aprovechamiento para cada tramo y de los costos de construcción y mantenimiento de la red caminera.

### EL PLAN TÁCTICO

Elaborado normalmente para el corto plazo, el plan táctico contiene los detalles de las operaciones que se llevarán a cabo durante un año, una estación, u otra unidad corta de tiempo. Está asociado, pues, con el tramo o cupo de corta anual, si bien en algunos casos el tramo no es una superficie única sino un conjunto de áreas dispersas en el monte. Esto depende del tipo de bosque, de su estado de madurez y de las restricciones legales o administrativas. El plan táctico debe incluir una descripción escrita de las operaciones por realizar y un mapa detallado dibujado a la escala adecuada. Además, debe contener prácticas de aprovechamiento sustentables; es decir, compatibles con el ambiente. En este sentido, es aconsejable usar técnicas de cosecha "de bajo impacto" (FAO, 1996).

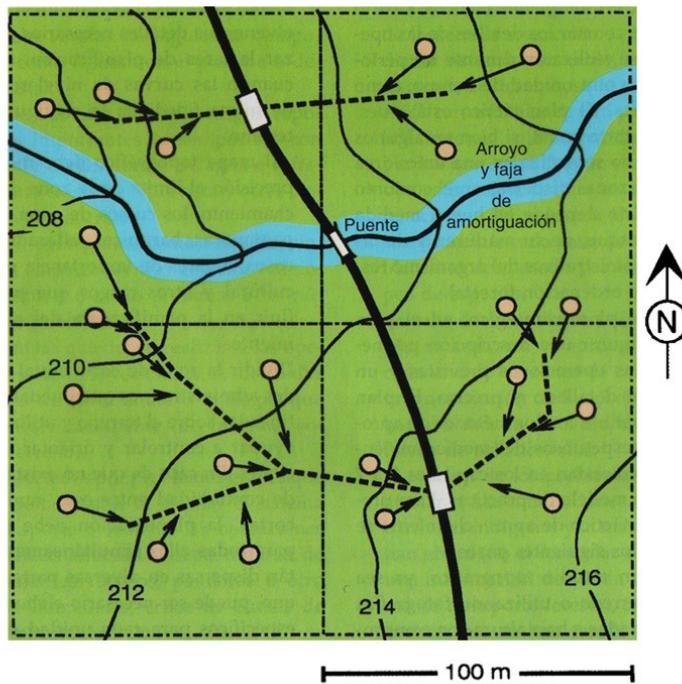
El proceso de elaboración de este plan debe hacerse de manera muy prolífica, cuidadosa y detallada, tratando de no omitir ningún aspecto del aprovechamiento. Para preparar un **plan táctico** se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Efectuar un relevamiento topográfico, ya sea en el terreno o por medio de imágenes satelitales con verificación en el terreno, y preparar un mapa topográfico a gran escala. Para una planificación detallada, los mejores mapas se deben dibujar a escala 1:2.000 y 1:10.000, en función de las características topográficas y de las máquinas que se van a utilizar. Un desnivel de 5 m o menos entre curvas de nivel ofrece suficiente detalle para una buena planificación, aunque el intervalo depende del relieve del terreno, del costo de confección del mapa y del costo de los errores que se puedan cometer como consecuencia de una mala planificación. El dinero adicional que se gaste en preparar un buen mapa se compensará con los menores costos de infraestructura y aprovechamiento. El mapa topográfico deberá mostrar con precisión los límites del tramo de corta y la ubicación de los cursos de agua, pantanos u otras áreas anegadizas, afloramientos rocosos, lugares de importancia religiosa o cultural, y cualquier otra característica que pueda influir en las operaciones.
- Dividir el tramo anual de corta en unidades de aprovechamiento que se puedan identificar en el terreno y que sirvan para controlar y dirigir las operaciones. Es preferible usar un solo método de extracción para cada unidad y no combinarlos, pues las operaciones con cables son muy diferentes de las de arrastre con animales o con máquinas.
- Señalar en el mapa las zonas buffer adyacentes a cursos de agua y zonas especiales en las que la corta estará restringida o prohibida, tales como áreas de valor científico, recreativo, cultural o paisajístico, reservas especiales para la fauna silvestre, o para la obtención de productos no leñosos, zonas de captación de agua y sitios susceptibles de erosión.
- Hacer un inventario de cada tramo de corta para estimar el volumen de madera a cortar y su distribución dentro de la unidad de aprovechamiento, así como el número y estado de los árboles no maduros que se deben proteger pues constituirán el vuelo cortable futuro.
- Recopilar y compaginar los datos del inventario para el tramo anual, teniendo en cuenta los objetivos de manejo, los diámetros mínimo y máximo, las prescripciones silviculturales, las restricciones operativas y el costo de aprovechamiento.
- Dibujar en el mapa el sistema de extracción y transporte; i.e., los caminos (que se conectarán con la red principal), las vías de saca y los canchones, tanto los existentes como los que se planea construir. Esto se debe hacer de manera tal de minimizar la longitud total de caminos y vías de saca y, al mismo tiempo, evitar las áreas problemáticas o sensibles.

- Decidir la configuración del sistema de aprovechamiento (máquinas y equipos específicos que se utilizarán) y elaborar un cronograma preliminar de operaciones, sobre la base de cifras estimativas de productividad.
- Modificar el cronograma teniendo en cuenta la temporada de lluvias, la época de producción de semillas (dependiendo de la especie a aprovechar) o de apareamiento de ciertas especies animales, la época de obtención de productos no leñosos (resina, corteza), y la disponibilidad de mano de obra.
- Consultar a propietarios y autoridades gubernamentales sobre las posibles servidumbres de paso (*rights of way*) antes de comenzar la construcción de caminos o la instalación de obras de arte. Antes de finalizar la preparación del plan, consultar a los que ejecutarán las tareas para asegurarse de que el plan sea factible y que las operaciones se puedan llevar a cabo en forma segura, eficiente y económica.

Una vez que el plan está completo e impreso, se le debe entregar un ejemplar al encargado o supervisor de cosecha. Esto incluye tanto la memoria escrita como el mapa topográfico (con caminos, vías de saca, canchones, áreas especiales, etc.), como se puede apreciar en la Fig. 4. El supervisor será el responsable de ejecutarlo y de asegurarse de que cada trabajador sepa exactamente qué es lo que debe hacer y cómo hacerlo. Esto es fundamental para el éxito de las operaciones.

**Figura 4.** Fragmento de un mapa de planificación táctica (1:5000) de una operación de aprovechamiento en un bosque tropical.



Fuente: FAO, 1996.

En el Código de Prácticas Regionales para aprovechamiento forestal de bajo impacto en bosques húmedos tropicales de África Occidental y Central (FAO, 2005), se presenta un enfoque ligeramente diferente sobre los contenidos de un plan de manejo forestal y de un plan de aprovechamiento forestal. Allí se propone la preparación de tres documentos para la planificación del manejo forestal sustentable y el aprovechamiento forestal de bajo impacto. Dichos documentos se denominan: Plan Estratégico de Manejo (> quince años), Plan Táctico de Manejo (cinco a siete años) y Plan Operacional (un año). Este último, también llamado Plan Anual de Operaciones (PAO), es el que se implementa y monitorea cada año, y es equivalente al Plan Táctico descrito en los párrafos precedentes.

## Consecuencias de una planificación inadecuada

La mayoría de las veces, las operaciones de aprovechamiento forestal se llevan a cabo sin que exista un plan de aprovechamiento por escrito. Esas operaciones son difíciles de coordinar e imposibles de controlar en forma efectiva. Aun en los casos en los que se exige un plan de aprovechamiento, por lo general sólo se confecciona un plan táctico. Entonces, en lugar de diseñar el sistema de transporte (la red caminera) para todo el cuartel, se planifican los caminos forestales en forma separada para cada tramo anual y se los construye "sobre la marcha", a medida que va surgiendo la necesidad de acceder a un nuevo tramo individual. En consecuencia, la densidad de los caminos podría resultar mayor que la necesaria, aumentando la erosión del suelo y la sedimentación en los cursos de agua, y elevando los costos de construcción de caminos y de transporte.

La falta de un plan adecuado de aprovechamiento también ocasiona problemas de coordinación y sincronización de las actividades. A su vez, esto provoca graves conflictos y trastornos que se traducen en inefficiencias operacionales y obligan a los supervisores o encargados a reaccionar ante la crisis en lugar de conducir las operaciones en forma sistemática y organizada.

El no planificar debidamente las operaciones para cada unidad de aprovechamiento hace que disminuya la productividad y aumenten los costos operativos. Según Vodak *et al.* (1983), una mala planificación y la disposición inadecuada de hombres y máquinas en el terreno provocan consecuencias negativas tanto desde el punto de vista operativo como económico, entre las que se pueden enumerar las siguientes:

- Elevado costo de mantenimiento de caminos.
- Desgaste indebido e innecesario de los camiones.
- Canchones en malas condiciones.
- Tiempo perdido para ubicar los camiones en posición de carga.
- Malas condiciones para la extracción por arrastre.
- Área de trabajo inadecuada.
- Movimientos improductivos de la cargadora.
- Distancias de arrastre innecesariamente largas.
- Horas-hombre ociosas.
- Accidentes frecuentes.

## Conclusión

La planificación es responsabilidad de todos. Si bien al plan lo prepara un equipo de profesionales en una oficina, casi todas las personas involucradas en el aprovechamiento deben participar de diversas maneras en la elaboración y ejecución del plan. Todos tienen algo que aportar a partir de sus conocimientos y su experiencia: motosierristas, maquinistas, ayudantes de campo, camioneros, contratistas, técnicos e ingenieros. Cada uno debe conocer perfectamente el objetivo de su tarea, cómo realizarla, qué dificultades deberá enfrentar y qué se necesita para superarlas. Cada uno debe saber cómo hacer su trabajo de la mejor manera posible. Como ya se expuso, la falta de planificación, al igual que el no cumplimiento de lo planeado, afecta la productividad y los costos, y puede conducir al fracaso del aprovechamiento.

## Bibliografía

- Cline, C. 1999. Ten cardinal rules of planning. *Timber Harvesting*, Feb. 1999.
- F.A.O. 1996. *FAO Model Code of forest harvesting practice*. FAO, Rome.
- F.A.O. 2005. *Regional Code of Practice for reduced-impact forest harvesting in tropical moist forests of West and Central Africa*. FAO, Rome.
- Gayoso, J. y M. Acuña. 1999. Mejores prácticas de manejo forestal: guía de campo. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Gayoso, J. y J. Flández. 2012. Instalación de estructuras de drenaje en caminos forestales. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Stenzel, G., T.A. Walbridge, Jr., and J.K. Pearce. 1985. *Logging and pulpwood production*. John Wiley & Sons, New York.
- Vodak, M.C., T.W. Reisinger, W.B. Stuart, and T.A. Walbridge. 1983. *Business Management Handbook for Eastern Timber Harvesting*. School of Forestry and Wildlife Resources, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA.

### *Bibliografía adicional recomendada*

- Arce, J.E. y C. Carnieri. 2001. Planificación del transporte forestal principal por medio de herramientas matemáticas de optimización. *In* Actas de Silvo-Argentina II; Eldorado, Misiones, Argentina, 26-29 sept. 2001. p. 205-214.
- Breadon, R.E. 1990. Forest harvesting and renewal planning for the British Columbia Interior: An extension of the total-chance concept. FERIC Handbook No. 9, Forest Engineering Research Institute of Canada, Vancouver, B.C., Canada.
- Bromley, W.S. 1976. *Pulpwood production*. Interstate Publishing Co., Danville, Illinois, USA.
- Bustos Letelier, O. y C. Mena. 1997. Planificación de la accesibilidad forestal en base a sistemas de información geográfica. *In* Sistemas de Producción Forestal; Talca, Chile, junio 1997. p. 21-27.
- Conway, S. 1984. *Logging practices*. Miller Freeman Publications, San Francisco, USA.
- Epstein, R. 1998. PLANEX: Sistema para optimizar la distribución de equipos y caminos en la cosecha forestal. *In* Actas del VIII Taller de Producción Forestal, Artículo N° V, s/p (9 p). Grupo de Producción Forestal: Fundación Chile - Empresas Forestales; Concepción, nov. 1998.
- F.A.O. 1978. Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento. Estudio FAO: Montes N.º 2. Roma.
- FERIC. 1983. Timber development planning for the British Columbia Interior: The total-chance concept. Handbook No.4. Canadá.
- Gayoso Aguilar, J. 1993. Planificación y diseño de caminos de extracción en bosques de lenga. CIEFAP, Publicación Técnica N.º 13, Esquel, Chubut, Argentina.
- G.T.Z. and Pakistan Forest Institute. 1988. Proceedings of workshop of forest management planning in the high hill forests of Pakistan.
- Laroze, A. 2001. Sistema de planificación táctica de la cosecha forestal. *In* Actas de SilvoArgentina II; Eldorado, Misiones, 26-29 sept. 2001. p. 44-51.
- Marcos, F. y L. García. 1997. Sistemas expertos para la elección de una técnica de aprovechamiento forestal en un ecosistema mediterráneo. *In* Sistemas de Producción Forestal; Talca, Chile, junio 1997. p. 129-139.
- McCormack, R.J. 1982. Operations research in forest harvesting. *New Zealand Journal of Forestry Science* 12(2):332-43.
- Spiers, J.J.K. 1986. Logging operations guidelines. New Zealand Logging Industry Research Association, Wellington, New Zealand.
- Staaf, K.A.G. and N.A. Wiksten. 1984. Tree harvesting techniques. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands (Países Bajos).
- Stenzel, G., T.A Walbridge, and J.K. Pearce. 1985. Logging and pulpwood production. John Wiley & Sons, New York.

- Tolosana, E., V.M. González y S. Vignote. 2004. *El aprovechamiento maderero*. Fundación Conde del Valle de Salazar – Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Troncoso, J. 1997. Modelo determinístico para la planificación táctica y operativa de un sistema de cosecha. In *Sistemas de Producción Forestal*; Talca, Chile, junio 1997. p. 73-89.
- Twito, R.C. and R.J. Mc Gaughey. 1984. Computer-aided timber harvest planning: An example. In *Proceedings of the Mountain Logging Symposium*; 5-7 June, 1984; West Virginia University, Morgantown, Virginia, USA. p. 150-160.
- United States Department of the Interior. 1973. A guide for logging planning and forest road engineering. Washington, D.C., U.S.A.
- Wackerman, A.E., W.D. Hagenstein, and A.S. Michell. 1966. *Harvesting timber crops*. McGraw-Hill Book Co., New York.
- Weintraub, A. 1998. Un sistema de decisión de cosecha y acceso: OPTIMED. In *Actas del VIII Taller de Producción Forestal*, Artículo N° III, s/p (10 p). Grupo de Producción Forestal: Fundación Chile – Empresas Forestales; Concepción, nov. 1998.



## Capítulo 6

# Seguridad en el Aprovechamiento Forestal

Según la Superintendencia de Riesgos de Trabajo de la Nación (SRT), el trabajo forestal es una de las ocupaciones más riesgosas del mundo (SRT, 2017). Este concepto coincide casi textualmente con lo que se puede leer en el prólogo del libro *Seguridad y Salud en el Trabajo Forestal*, la publicación más importante de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre este tema, que expresa: “El trabajo forestal continúa siendo, en la mayoría de los países, uno de los sectores industriales más peligrosos” (OIT, 1998). En particular, el aprovechamiento forestal incluye actividades que se llevan a cabo en lugares alejados de las áreas urbanas y que se caracterizan por la escasa seguridad y los altos índices de accidentes. Si se consideran las tareas relacionadas con la silvicultura, la elaboración de la madera y la cosecha forestal, ésta última resulta ser la más peligrosa en la Argentina, con una incidencia de 195 accidentes por cada 1000 trabajadores, según un estudio realizado por la SRT en 2007, mencionado por Peirano (2012). Este índice es incluso superior al correspondiente a la minería de carbón. Por lo tanto, las tareas de aprovechamiento forestal, tanto en montes nativos como en plantaciones, implican peligro.

### Programa de capacitación

La OIT recomienda implementar programas de capacitación y fomentar el diálogo entre trabajadores, sindicatos y empresarios (empleadores) con el objeto de mejorar la seguridad y el bienestar de los obreros forestales, y así ofrecer un trabajo *decente* que contribuya al desarrollo sostenible desde el punto de vista humano y socioeconómico. En este sentido, la OIT define *trabajo decente* como “la actividad laboral productiva que se rea-

liza en condiciones de libertad, equidad, seguridad, y dignidad humana, respetando los derechos de los trabajadores, que se retribuye con un ingreso justo, y que incluye la protección social de los trabajadores". Además de mejorar las condiciones laborales y la mala imagen del trabajo forestal, un programa de capacitación tiene los siguientes objetivos principales:

Para el trabajador:

- Minimizar las lesiones y daños, tanto físicos como materiales.
- Reducir las pérdidas de trabajo y de dinero (ingresos).

Para el empleador:

- Disminuir los costos por indemnización.
- Reducir las pérdidas de producción.
- Reducir los costos de aprovechamiento.

#### RESPONSABILIDADES DEL EMPLEADOR (EMPRESARIO O CONTRATISTA)

- Cumplir y hacer cumplir las normas de seguridad. Esto incluye leyes, reglas, normas, instrucciones y órdenes relacionados con la ejecución segura de las tareas.
- Informar debidamente a los trabajadores sobre dichas normas. Cuando sea posible, se les debe notificar fehacientemente (mediante firma) y llevar un registro de los trabajadores que hayan sido debidamente notificados.
- Permitir inspecciones por parte de los organismos estatales pertinentes (SRT, Ministerio de Trabajo), las compañías aseguradoras de riesgos de trabajo (ART) y los representantes de los trabajadores (sindicatos o gremios).
- Informar debidamente (a la ART y/o a la SRT) sobre la ocurrencia de incidentes o accidentes, independientemente de la magnitud de los daños resultantes.

#### RESPONSABILIDADES DEL TRABAJADOR

- Cumplir con las normas de seguridad establecidas por ley o por la empresa.
- Obedecer las órdenes e instrucciones impartidas por el empleador o por su representante.
- Permitir inspecciones en su lugar de trabajo por parte del empleador (o de su representante), la ART, la SRT, o el gremio.

- Informar debidamente al empleador (o a su representante), a la ART y/o a la SRT sobre la ocurrencia de incidentes o accidentes, independientemente de la magnitud de los daños resultantes.

#### DERECHOS DEL TRABAJADOR

En lo referente a su seguridad laboral, el trabajador goza de los siguientes derechos:

- Exigir el cumplimiento de las normas de seguridad por parte del empleador.
- Exigir condiciones laborales seguras.
- Exigir métodos de trabajo seguros.
- Ser informado sobre sus deberes y derechos laborales.
- Denunciar violaciones a las normas de seguridad.
- Solicitar inspecciones.
- Informarse sobre la legislación y normas de seguridad vigentes.

#### CONDICIONES DEL LUGAR DE TRABAJO

Bajo el concepto del sistema HOMBRE ↔ TRABAJO ↔ AMBIENTE (FAO, 1993), y poniendo énfasis en la tercera componente de este sistema (el entorno o ambiente de trabajo), cuando se analizan las condiciones a las que están expuestos los trabajadores involucrados en el aprovechamiento forestal, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Las condiciones meteorológicas.
- La probable existencia de ramas secas en los árboles.
- La ubicación y el estado físico y de salud de los trabajadores.
- Las distancias seguras de trabajo en cada fase del aprovechamiento.
- Extinguidores de incendios en las máquinas.
- Almacenamiento y manejo de combustibles y sustancias tóxicas.
- Uso de cinturones de seguridad en todos los vehículos: camiones, tractores y camionetas.
- Máquinas provistas de cabina con protección adecuada.
- Inspección y mantenimiento adecuados de herramientas y máquinas.

## CAPACITACIÓN DEL PERSONAL

Los trabajadores de una empresa dedicada al aprovechamiento forestal deben poseer conocimientos suficientes y apropiados en relación con las tareas que han de efectuar y estar debidamente preparados para ejecutarlas de manera segura. En ese sentido, cuando el empleador lo considere conveniente, deberá brindar a los trabajadores la **capacitación** necesaria en forma de educación, instrucción, información y entrenamiento. Esto generalmente lo realiza un instructor calificado y experimentado, de la propia empresa o de una agencia o institución especializada en cuestiones de seguridad, mediante charlas, reuniones, talleres, seminarios, cursos y prácticas de campo. Para verificar el cumplimiento y la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos por parte de los obreros y de los mandos medios de la empresa, el empleador puede recurrir a los servicios de un inspector o supervisor, quien eventualmente recomendará las correcciones o los ajustes necesarios, pudiendo llegar incluso a aconsejar la aplicación de medidas disciplinarias (penalización) en caso de incumplimiento.

### Accidentes: algunas definiciones

En la bibliografía existen numerosas y diversas definiciones de la palabra *accidente*. De entre ellas, aquí se mencionarán las siguientes:

- Un profesor e instructor de Estados Unidos definió un accidente como un “Hecho o acontecimiento no planeado [imprevisto], causado por condiciones inseguras, o por actos inseguros o peligrosos” (Bromley, 1976).
- La Organización Internacional del Trabajo ha adoptado esta definición: “Accidente de trabajo: Suceso derivado del trabajo o que ocurre durante el mismo y que acarrea una lesión mortal o una lesión no mortal” (OIT, 1998).
- Según la *Enciclopedia de la Salud* de la Fundación Favaloro, “un accidente de trabajo es un suceso anormal, súbito o casi súbito, imprevisible y violento, provocado por causas externas, que ocasiona daño, lesión, dolor, o discapacidad en el organismo del trabajador, e inclusive la muerte”.

Las compañías de seguros y los expertos en seguridad laboral también utilizan el término *incidente* para referirse a un accidente sin daños o

lesiones. Recurriendo nuevamente a la OIT, esta organización define *incidente* como: "un hecho inseguro resultante del trabajo, o que ocurre durante el transcurso del trabajo, en el que no se producen lesiones personales, o éstas requieren sólo un tratamiento de primeros auxilios".

En relación con este tema, se usa además la expresión *riesgo de trabajo*, que se define como el riesgo al que se encuentra sujeta una persona en el ejercicio de su oficio o profesión, y que se origina como consecuencia directa o indirecta del mismo trabajo. A su vez, el término *riesgo* se define como toda contingencia o posibilidad de que ocurra un daño, lesión, desgracia, o contratiempo. Por último, *peligro* es el riesgo inminente de que suceda un daño o una lesión.

Toda empresa, o todo empleador en general, tiene dos objetivos principales con respecto a los accidentes de trabajo: prevenir y corregir. Los esfuerzos se orientan fundamentalmente a la prevención, pero cuando ocurre un incidente o un accidente, las acciones deben apuntar a corregir la situación o la causa que provocó el hecho imprevisto para evitar que vuelva a suceder. El empleador debería implementar charlas, reuniones o talleres, con amplia participación de los trabajadores, donde se discutan los incidentes o accidentes ocurridos, como una manera de crear conciencia y reforzar los principios básicos sobre seguridad en el trabajo, y como parte de un programa regular de entrenamiento.

## Prevención de accidentes y medidas correctivas

### ACTOS INSEGUROS

Según las estadísticas del sector forestal a nivel mundial, los actos inseguros causan cerca del 80 % de los accidentes, principalmente durante las operaciones de aprovechamiento en el monte. Algunos de esos actos son:

**Trabajar sin autorización:** por ejemplo, un motosierrista decide ir solo a abatir árboles en un lote diferente al que fue asignado, sin que nadie lo sepa. Si sufre una herida mientras realiza su tarea, o se cae, se golpea y pierde el conocimiento, es probable que ni su capataz ni sus compañeros se enteren de lo que le ocurrió hasta que alguien detecte su ausencia en algún momento de la jornada. Algo similar sucedería si esa misma persona fuese a trabajar muy temprano (antes del horario de trabajo), o se quedara en el monte después de finalizada la jornada, con la idea de aumentar su producción.

**Trabajar a una velocidad insegura:** realizar un trabajo demasiado rápidamente o demasiado lentamente puede ocasionar accidentes. Por ejemplo, un operario desrama y/o troza un árbol a una velocidad mayor que la normal o habitual para tratar de aumentar su producción diaria; eso podría hacer que la espada de la motosierra rebote y lo lastime. También podría suceder que la espada quede apretada pues el obrero no analizó la situación antes de efectuar el corte; en su intento por liberarla, podría tirar bruscamente de ella hacia su cuerpo y provocarse una herida en la pierna. Es bastante común que un obrero apurado ponga en marcha el motor de su motosierra “en el aire”, en vez de hacerlo con la máquina bien apoyada en el suelo.

**Volver inoperantes ciertos mecanismos:** este acto inseguro se refiere a eliminar, anular, ajustar incorrectamente, o desconectar alguna parte de un dispositivo de seguridad. Por ejemplo, anular el freno de cadena de la motosierra puede causar que el obrero se corte en una situación en la que la cadena debería detenerse. Ajustar demasiado alto el tornillo regulador del régimen de ralentí hará que la cadena no se detenga cuando el motor esté “regulando”.

**Trabajar con una herramienta o máquina insegura:** un hacha sin filo o mal afilada, una motosierra con la cadena demasiado floja, una manguera hidráulica de un tractor con una pequeña pinchadura, o un vehículo sin extinguidor de incendio son ejemplos de este acto inseguro. Usar las manos en lugar de una herramienta, o utilizar una herramienta en forma insegura (e.g., cortar con la motosierra por encima de la altura de los hombros) también constituye un acto inseguro.

**No respetar las normas de seguridad:** el no cumplir con las normas y reglas establecidas por ley o por el empleador es una de las causas más frecuentes de accidentes. Dado que resulta difícil para un supervisor controlar a todos los obreros en el monte, ellos muestran una tendencia casi natural a evadir parcialmente las normas o, directamente, a no respetarlas. ¡Y es así cómo suceden los accidentes!

**Adoptar una postura o posición insegura de trabajo:** un obrero que trabaja debajo de un árbol “colgado” o enganchado (apoyado sobre otro) se encuentra en una posición insegura. El árbol puede caer en forma inesperada y causarle un daño o una lesión grave.

Otro ejemplo: un motosierrista está trozando fustes en un canchón a donde llega con cierta frecuencia una motoarrastradora trayendo fustes largos del monte. Al maniobrar la máquina para acomodar y dejar su carga, los fustes podrían golpear al motosierrista y provocarle algún tipo de daño. Este ha elegido una posición insegura para hacer su trabajo pues está muy cerca del área de maniobra del tractor. En contraste, un trabajador que levanta trozas con la espalda

doblada, en vez de flexionar las piernas, está adoptando una postura insegura que podría ocasionarle dolores lumbares, o una enfermedad ocupacional en el mediano o largo plazo.

**Realizar mantenimiento o reparación con la máquina en movimiento:** no se debe hacer ningún trabajo de mantenimiento (lubricación, ajuste, limpieza, etc.) mientras el motor esté en marcha; menos aún si la máquina se está moviendo.

**Hacer bromas o efectuar acciones de distracción durante el trabajo:** un operario forestal debe concentrarse completamente cuando está haciendo su trabajo. Cualquier cosa que lo distraiga puede causarle un accidente. Sin embargo, es bastante común que los obreros hagan bromas, cuenten chistes y se “tomen el pelo” mientras están trabajando. Se debe evitar este tipo de situación debido al riesgo que implica.

**No usar el equipo de protección personal (EPP):** en general, los trabajadores son reacios a usar el casco o la indumentaria de seguridad que les provee su empleador. Los obreros forestales no son la excepción. Argumentando que “es incómodo”, o “hace mucho calor”, o “no me acostumbro”, o “me molesta”, un alto porcentaje de los trabajadores forestales no cumplen con el uso obligatorio del EPP. Felizmente, muchas empresas han sido bastante exitosas en lograr concientizar a sus empleados e imponerles el uso del EPP.

## MEDIDAS CORRECTIVAS

Cuando un trabajador comete un acto inseguro, cualquier persona dentro de la empresa que tenga autoridad sobre él (jefe de cuadrilla, encargado, capataz, supervisor, responsable de seguridad, etc.) debe actuar de inmediato para corregir la situación. Algunos pasos en ese sentido son:

- Ordenarle al obrero que pare de trabajar. Hacerle notar su error y disuadir el problema. Aquí debe aplicarse el concepto de tolerancia cero. Tolerar o dejar pasar esta clase de conducta implicaría aprobación.
- Analizar la situación. La persona a cargo debe preguntar, mirar el entorno laboral, pensar, considerar alternativas, y encontrar la más segura para efectuar el trabajo.
- Capacitar al trabajador. Esto implica instruirlo; o sea, decirle, enseñarle, mostrarle y demostrarle cómo se debe hacer la tarea en forma correcta y segura. Luego observar mientras el trabajador realiza esa tarea en forma segura. Más tarde el instructor debe volver al lugar y verificar si el obrero está cumpliendo. Si lo encuentra repitiendo el acto inseguro, debería instruirlo nuevamente; a veces una sola lec-

ción o demostración no basta. La voluntad del empleador de brindar capacitación para mejorar la seguridad depende en gran medida de la actitud del trabajador.

- Entrenar y adiestrar al trabajador. Si bien la mayoría de los trabajadores responden satisfactoriamente a los tres pasos anteriores, es conveniente asegurarse de que la persona que cometió el acto inseguro reciba un buen entrenamiento y comprenda cuál es la forma correcta de hacer su trabajo.
- Advertir y sancionar. Si el trabajador no responde satisfactoriamente, se deben adoptar medidas disciplinarias tales como advertencia, reprimenda, suspensión, y hasta exoneración, si las circunstancias así lo exigieran. Siempre es aconsejable estudiar cada caso en forma particular.

#### CONDICIONES INSEGURAS

El 20 % de los accidentes en el sector forestal son el resultado de condiciones inseguras de trabajo en sí o del lugar de trabajo. Algunas de estas condiciones se describen brevemente a continuación:

**Herramienta o máquina que no posea la protección adecuada:** por ejemplo, un tractor sin la cabina protectora, una motosierra sin freno de cadena, un camión forestal sin protección para la cabina, o sin estacueros.

**Herramienta, máquina o equipo defectuoso:** ejemplos: mangueras resecas en el sistema hidráulico de la garra de una motoarrastradora, frenos de un camión en mal estado, extinguidor de incendios descargado o con la carga vencida.

**Iluminación inadecuada:** ejemplos: luz natural insuficiente en la mañana muy temprano o al final del día, resplandor causado por el sol. Un trabajador que no ve bien lo que está haciendo, está expuesto a un riesgo de accidente que se puede prevenir fácilmente si se trabaja con luz natural suficiente, dentro de un horario razonable y seguro.

**Ventilación inadecuada:** el polvo que genera el movimiento de las máquinas en el monte, los gases de la combustión de los motores, las partículas de aserrín que vuelan cuando se corta con motosierra y los vapores de los combustibles son ejemplos de situaciones en las que un operario no posee la ventilación adecuada para respirar bien mientras efectúa su trabajo.

**Indumentaria inapropiada o insegura:** un trabajador que usa calzado, guantes, antiparras, o ropa defectuosa o inadecuada se encuentra expuesto a una condición insegura de trabajo, al igual que cuando no usa el EPP completo.

**Disposición u ordenamiento inseguro:** el apilado de trozas en forma desprolija o desordenada genera una situación de riesgo pues la pila se puede caer en cualquier momento y causar un accidente. Otro ejemplo: Si no se realiza el abatimiento direccional y los árboles apeados quedan desparramados en el terreno en cualquier dirección, el obrero que luego deba hacer el desramado y/o el trozado tendrá una tarea más difícil y deberá enfrentar situaciones de riesgo.

**Construcción o diseño inseguro:** algunas herramientas y máquinas no están diseñadas ni fabricadas de acuerdo con los principios de la ergonomía, lo que constituye una condición insegura que puede derivar en un accidente o en una enfermedad profesional. Esto es particularmente cierto cuando se trata de modelos antiguos de motosierras, tractores y algunas herramientas utilizadas en las tareas de aprovechamiento. La ausencia de freno de cadena o de dispositivos anti-vibratorios en las motosierras era común casi en todas las marcas, lo que hoy en día no ocurre. Las cabinas de las motoarrastradoras son generalmente bastante incómodas, en especial el asiento del maquinista, que es fijo. En las modernas cosechadoras forestales y en los autocargadores, en cambio, el asiento puede girar 360°.

**Condiciones meteorológicas peligrosas:** temperaturas extremas, viento fuerte, tormenta eléctrica, lluvia torrencial, etc.

Cuando el pronóstico meteorológico anuncia alguna de estas situaciones, o cuando su ocurrencia es inminente, se debe suspender de inmediato todas las tareas, y todos los trabajadores deben trasladarse a un lugar seguro. No se debe subestimar el efecto del calor extremo en verano ni del frío intenso en invierno sobre la salud y la seguridad de los operarios. Es muy peligroso trabajar en el bosque si hay una tormenta eléctrica o un viento muy fuerte. Cualquiera de esas causas podría provocar un accidente fatal.

## MEDIDAS CORRECTIVAS

Si se detecta alguna de las condiciones descritas en los párrafos precedentes, el empleador debe actuar de manera rápida y efectiva para corregir la situación. Algunas de las medidas que se pueden tomar son las siguientes:

- Eliminar la fuente de peligro; o sea, la condición insegura.
- Si no se puede eliminar la condición insegura, se debe estar alerta y bien prevenido en todo momento.
- Colocar señalizaciones apropiadas, tales como: carteles, señales, pinturas, balizas, alarmas, sirenas, cintas y/o banderines de colores llamativos, etc.

## OTRAS CAUSAS DE ACCIDENTES

Además de las que ya se presentaron y discutieron hasta aquí, en el Código de Prácticas sobre *Seguridad y Salud en el Trabajo Forestal* (OIT, 1998) se consignan otras causas de accidentes, entre las que merecen mencionarse:

- Defectos físicos del trabajador; e.g., miopía, sordera, daltonismo.
- Fatiga del trabajador, ya sea muscular, intelectual, moral.
- Falta de idoneidad para una determinada tarea.
- Desadaptación por falta de actividad; e.g., los lunes, o al regreso de las vacaciones.
- Falta de atención o concentración del obrero (por diversas razones).
- Falta de horas de sueño; o sea, no dormir bien, o dormir pocas horas.
- Alcoholismo y consumo de estimulantes.
- Proceso mecanizado peligroso.

En dicha publicación de la OIT también se indican otros actos inseguros que suele cometer un trabajador, tales como:

- Efectuar una labor sin conocerla lo suficientemente bien.
- Llevar a cabo una tarea peligrosa sin avisar a sus compañeros.
- Usar una herramienta o máquina inapropiada para realizar una tarea.
- No atender bien las instrucciones o no cumplirlas estrictamente.

## COSTOS DE LOS ACCIDENTES

Existen al menos cuatro razones válidas para prevenir accidentes:

- Las personas afectadas.
- La moral de los empleados.
- Factores económicos.
- La imagen de la empresa.

Cuando ocurre un accidente, no sólo sufre las consecuencias directas e indirectas el trabajador accidentado sino también puede verse afectada su familia. Por su parte, la empresa deberá indemnizar al damnificado o a sus familiares, lo que implica para ella una erogación importante de dinero y el consecuente aumento en el costo del seguro. Indudablemente, a la empresa no le conviene económicamente enfrentar esa clase de problemas. Es más provechoso y rentable invertir en programas de prevención de accidentes y en cursos de capacitación para el personal. Si el empleado accidentado queda imposibilitado de trabajar, se deberá jubilar por incapacidad o discapacidad, y la empresa deberá contratar a otro empleado para reemplazarlo.

Los compañeros del trabajador accidentado pueden haber sido testigos o no del suceso desafortunado, pero en cualquier caso quedan sensibilizados por la situación que les tocó vivir y tienen miedo de sufrir un accidente similar. Eso puede afectar la conducta de los trabajadores, su actitud frente a ciertas tareas riesgosas y, por ende, su productividad, con las consecuencias económicas que ello acarrea para la empresa. Por último, un accidente influye negativamente en la imagen de la empresa en el medio en el que desarrolla sus actividades, lo que podría traducirse en pérdida de credibilidad ante ciertas instituciones bancarias o compañías de seguro (ART). Una empresa con malos antecedentes en seguridad no resulta atractiva para los potenciales empleados que quisieran incorporarse a ella.

*¿Qué se debe hacer cuando ocurre un accidente?*

- Brindar los primeros auxilios a la persona accidentada.
- Informar al empleador (o a su representante) sobre el accidente/incidente, independientemente de los daños o lesiones resultantes.
- Confeccionar y mantener actualizado un registro de accidentes.

### VESTIMENTA Y EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

La vestimenta del trabajador forestal, en particular del motosierrista, es muy importante desde el punto de vista de la seguridad, así como también de la comodidad y eficiencia. Las prendas se deben elegir en función de las condiciones climáticas bajo las cuales se desarrollarán las tareas, procurando que el operario pueda ejecutar físicamente su trabajo en forma cómoda y segura. Para ello la ropa debe ser ligera y a la vez resistente, y del talle adecuado. Debe proteger al trabajador del calor, el frío y la humedad. Por eso es importante elegir correctamente el tipo de materiales o telas con que están confeccionadas las prendas de trabajo. En este sentido, el algodón, la lana y las diversas fibras sintéticas presentan cada una sus ventajas e inconvenientes. En los párrafos siguientes, se discuten brevemente los elementos básicos que constituyen la indumentaria de un operador de motosierra, a saber:

- Camisa y chaqueta.
- Pantalones anti-corte.
- Botas o borceguíes.
- Cinturón.
- Guantes.

El motosierrista y su(s) ayudante(s) debe(n) usar camisa con mangas largas y chaqueta (chaleco o campera), acordes con las condiciones meteorológicas reinantes en el lugar de trabajo, de colores llamativos (preferentemente naranja). En climas húmedos, la chaqueta debe ser impermeable en su parte exterior. En general, la ropa no debe ser ni muy ceñida ni muy suelta para brindarle comodidad al operario en todo momento. La mejor manera de proteger sus piernas es usando pantalones de seguridad o zahones, denominados “anti-corte”, con características y diseños especiales, fabricados con telas también especiales, resistentes al corte, entre las cuales se utiliza una cuyo nombre comercial es kevlar. También se pueden cubrir los pantalones comunes de trabajo con protectores (perneras, tipo guardamontes) hechos con ese tipo de tela. Completa esta parte de la indumentaria del obrero un cinturón de cuero o kevlar al cual se enganchan o adosan algunas herramientas accesorias tales como lima, llave combinada (tipo “pipa”), lima, gancho, tenazas, forcipula, cinta métrica enrollable y un pequeño botiquín de primeros auxilios.

Los pies y los tobillos del motosierrista deben estar protegidos con botas o borceguíes dotados de suela antideslizante, vulcanizada, con puntera de acero y empeine reforzado con kevlar o un material similar (Fig. 1). Las botas generalmente son de cuero, combinado con goma flexible y

resistente para brindar impermeabilidad cuando las circunstancias así lo exijan (e.g., lluvia, barro, nieve).

**Figura 1.** Botas de seguridad.



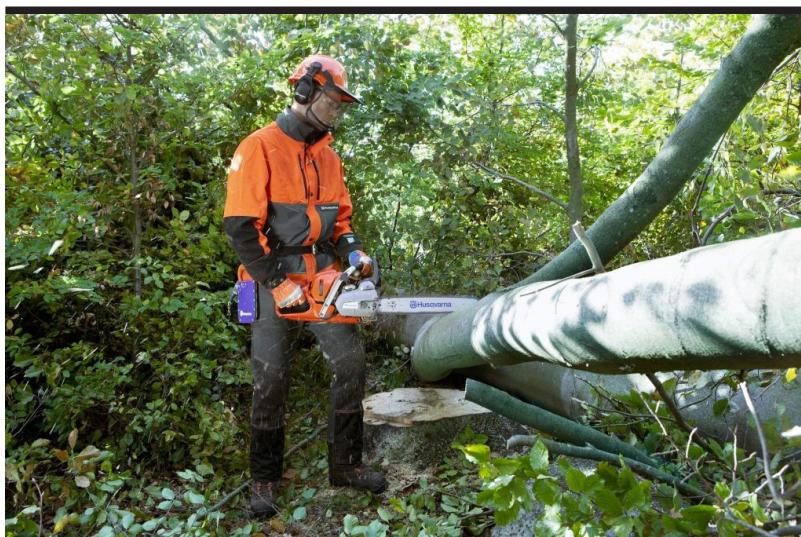
Fuente: Fotografía propia.

Para proteger las manos contra astillas, raspones, cortes, contusiones, quemaduras y suciedad, el obrero debe usar guantes de cuero suave o de kevlar. Estos reducen además los efectos del frío y evitan el contacto directo de la piel con nieve, aserrín, resinas, objetos punzantes, una cadena cortada, un cable de acero dañado, etc. Existen diversos modelos, incluyendo los del tipo “mitón”, o manopla, y los que vienen con el índice derecho separado, para permitir que el operario pulse el acelerador de la motosierra sin inconvenientes.

### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

Aparte de la vestimenta de seguridad descrita precedentemente, el obrero forestal, y especialmente el motosierrista, debe concurrir siempre a su lugar de trabajo provisto de: casco de seguridad, visera, gafas, o antiparras, protectores auditivos y un pequeño botiquín de primeros auxilios (FAO, 1980; Asociación Forestal Nacional Sueca, 1982), como se puede apreciar en la Fig. 2.

**Figura 2.** Equipo de protección personal de un motosierrista.



Fuente: Husqvarna Chainsaw Academy. 2019. Chainsaw safety basics. [chainsawacademy.husqvarna.com](http://chainsawacademy.husqvarna.com).

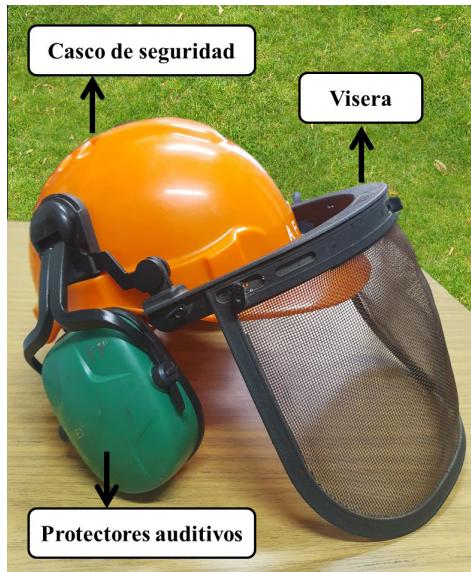
Ocasionalmente puede ser necesario usar un barbijo o mascarilla. Muchos autores denominan EPP a todo el conjunto de elementos ya presentados, más los que discutiremos a continuación:

- Casco de seguridad
- Visera
- Protectores auditivos
- Kit de primeros auxilios

El **casco de seguridad**, o simplemente casco, tiene como propósito proteger la cabeza del trabajador contra ramas que caen de los árboles, o contra

cualquier otro objeto que cae o se proyecta sobre la cabeza. Fabricado con PVC, el casco soporta la caída de objetos sobre la cabeza del trabajador, amortiguando su impacto. Es importante señalar que los cascos tienen fecha de vencimiento. Por lo tanto, no se los debe usar más allá de dicha fecha, pues el material pierde su elasticidad tras estar expuesto mucho tiempo al sol y a los cambios de temperatura. En la actualidad, los cascos para motosierrista poseen visera y protectores auditivos. La **visera**, constituida por una malla de seguridad que no obstruye la visión, brinda protección facial, impidiendo o limitando la entrada de partículas en los ojos, y evitando así molestias o lastimaduras. El **protector de oídos** consta de dos elementos auriculares de forma elíptica, fabricados con espuma plástica suave, que cubren ambas orejas y reducen el nivel de ruido del motor a ochenta decibeles o menos (nivel aceptable), evitando así daños auditivos irreversibles que se producen como consecuencia de la exposición prolongada al ruido de la motosierra durante muchas horas al día y por un período de varios años. Los elementos mencionados anteriormente, se ilustran en la Fig. N° 3.

**Figura 3.** Casco de seguridad forestal.



Fuente: fotografía propia.

Si no se dispone de un casco de motosierra, se puede usar un casco común más un par de antiparras o anteojos para proteger los ojos y algún elemento auricular o auditivo para proteger los oídos. El primero cubre las orejas, mientras que el segundo es un pequeño dispositivo que se inserta en cada oído para disminuir el nivel de ruido. En días muy ventosos, cuando el trabajador está expuesto a demasiado polvillo, aserrín, o polvo atmosférico, es conveniente que utilice un barbijo o mascarilla para proteger sus vías respiratorias.

El botiquín de primeros auxilios debe contener gasa, vendas, compresas y agua oxigenada para tratar heridas abiertas. El operario debe llevar consigo este pequeño kit de seguridad adosado al cinturón, o en un bolsillo de su camisa o chaqueta. Además, siempre se debe disponer de un botiquín completo de primeros auxilios cerca del lugar de trabajo (por ejemplo, en el campamento) para el tratamiento de accidentes más serios.

### **Seguridad en cada componente del sistema**

En el código de prácticas citado anteriormente (OIT, 1998) se presenta una serie muy amplia y detallada de recomendaciones sobre las técnicas que se deberían emplear para ejecutar en forma correcta y segura cada una de las tareas involucradas en cada una de las componentes que constituyen un sistema de aprovechamiento forestal. Otras pautas e instrucciones al respecto también se pueden encontrar en Bromley (1976), Apud et al. (1999), Gayoso y Acuña (1999) y en el Manual de Buenas Prácticas de la SRT (2017).

#### **SEGURIDAD EN EL ABATIMIENTO MANUAL**

Como regla general, todo trabajador forestal debe usar siempre el equipo de protección personal (EPP). En el caso de un obrero que apea, desrama y troza, los elementos imprescindibles son: casco para motosierra (con protección facial y protectores auditivos), botas con puntera de acero, pantalones anti-corte (o con protección para las piernas) y guantes de trabajo. La ropa de trabajo debe ser del talle correcto para la persona que la va a usar; ni demasiado suelta, ni demasiado ajustada. Se recomienda también que cada cuadrilla tenga un botiquín de primeros auxilios.

Cuando el operario lleva su máquina dentro del bosque, debe hacerlo con el motor apagado, agarrándola por el manillar (¡no poniéndola sobre

el hombro!) y con la espada hacia atrás mientras camina, excepto cuando se traslada de un árbol a otro para seguir con su trabajo. Debe llevar el combustible para la motosierra en un recipiente adecuado; no en cualquier bidón de plástico. Así podrá cargar sin derramar combustible y minimizando la aspiración de sustancias volátiles.

Dado que alrededor del 30 % de los accidentes en el bosque ocurren a causa del uso incorrecto e inseguro de la motosierra, se presenta a continuación una serie de recomendaciones que el motosierrista debería seguir desde el comienzo hasta el fin de su jornada de trabajo:

- Primero, activar el freno de cadena, luego poner en marcha el motor con la máquina firmemente apoyada en el suelo; NO entre las piernas o en el aire. (Un operario experimentado y con buenos antecedentes laborales puede hacerlo con el motor entre sus piernas.)
- Agarrar firmemente las empuñaduras, rodeándolas completamente con todos los dedos, y colocar el pulgar izquierdo por debajo de la empuñadura delantera.
- No efectuar cortes por encima de la altura de los hombros o en la misma línea de la cara.
- Al trasladarse de un árbol a otro con el motor en marcha, el dedo índice no debe estar en el acelerador pues si el obrero cae, podría sufrir un corte accidental.
- Ajustar correctamente el tornillo regulador de ralentí para que la cadena se detenga cuando el motor esté regulando.
- Dejar que el motor se enfríe un poco antes de reponer combustible. Dentro de lo posible, cargar combustible en un pequeño espacio despejado de vegetación, con la máquina en contacto con el suelo.
- Limpiar el líquido que se haya derramado sobre el motor.

En la bibliografía citada existe una gran cantidad recomendaciones para ejecutar el abatimiento, el desramado y el trozado con motosierra en forma segura. También se encuentran instrucciones referentes a la extracción, a la carga y al transporte, en sus diversas modalidades. Esa extensa información es de fácil acceso y está disponible en Internet para cualquier persona interesada en el tema, por lo que consideramos innecesario incluirla en este capítulo. El empleador está facultado para convertir dichas recomendaciones e instrucciones en normas o reglas de seguridad de aplicación obligatoria para todo el personal involucrado en el aprovechamiento forestal, además de respetar estrictamente la legislación vigente sobre salud y seguridad en el trabajo, sobre la cual deben estar debidamente informados y notificados todos los trabajadores.

En los capítulos referentes a cada componente de un sistema de aprovechamiento forestal, se discutirán diversos aspectos de la seguridad en relación con cada una de las operaciones que se realicen, sean éstas manuales o mecanizadas.

## Bibliografía

- Apud, E., M. Gutiérrez, S. Lagos, F. Maureira, F. Meyer y J. Espinoza. 1999. Manual de Ergonomía Forestal. Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Asociación Forestal Nacional Sueca. 1982. *La motosierra: Uso y mantenimiento*. A.F.N., Jönköping, Suecia.
- Bromley, W.S. 1976. *Pulpwood production*. Interstate Publishing Co., Danville, Illinois, USA.
- F.A.O. 1980. Motosierras en los bosques tropicales. Colección FAO: Capacitación N.º 2, FAO, Roma, Italia.
- F.A.O. 1993. Introducción a la ergonomía forestal para países en desarrollo. Estudios FAO: Montes N.º 100, FAO, Roma.
- Gayoso, J. y M. Acuña. 1999. Mejores prácticas de manejo forestal. Guía de campo. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Husqvarna Chainsaw Academy. 2019. Chainsaw safety basics.chainsawacademy.husqvarna.com.
- O.I.T. (Organización Internacional del Trabajo). 1998. Seguridad y salud en el trabajo forestal: Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT. Ginebra, Suiza.
- Peirano, C. 2012. Cómo abordar los problemas relacionados con la seguridad de los trabajadores. *Unasylva* 239, Vol. 63, 2012/1, FAO, Roma.
- S.R.T. Superintendencia de Riesgos de Trabajo de la Nación. 2017. Manual de Buenas Prácticas para la Actividad Forestal. Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, SRT, Buenos Aires.

## Capítulo 7

# Corta y preparación de la materia prima forestal

Las tareas que se realizan con el fin de preparar los árboles para su corta y extracción influyen sobre el volumen y la calidad de la materia prima y de los productos que de ella se obtengan y, por tanto, pueden afectar considerablemente el valor de la cosecha forestal. Las primeras etapas en la preparación de la materia prima para el mercado involucran uno o más de los elementos de la **componente corta**. Es oportuno recordar aquí que esta componente consta de varios elementos, a saber:

CORTA → Apeo → Desramado → Despuntado →  
Medición → Trozado → Apilado

La ejecución de estas actividades (elementos) puede llegar a tener un efecto crítico sobre las operaciones siguientes; es decir, sobre las componentes extracción, carga y transporte. Si los árboles se cortan sin tener en cuenta su uso final, pueden perder su valor. Por ejemplo, si durante el abatimiento se rompen o dañan muchos árboles, se pierde volumen y se originan trozas más cortas, más costosas para manipular. En contraste, si con el trozado se obtienen trozas demasiado largas, se pueden producir daños y roturas durante el arrastre, el apilado o la carga; o bien, los rollizos pueden resultar demasiado pesados para las máquinas empleadas. En este caso, podría aumentar el costo del aprovechamiento debido a las demoras y a los mayores gastos de mantenimiento.

La madera en pie tiene sólo un valor potencial. Su valor real está dado por los productos finales que se elaboran a partir de ella. La materialización de dicho valor depende de que se aproveche al máximo el volumen extraído. El trozado, por ejemplo, se debe hacer de modo tal que se maximice el valor de la materia prima en la fábrica. Es decir, las trozas deben satisfacer la calidad exigida por el mercado y las especificaciones de la

planta de elaboración.

La mayor parte de las pérdidas de valor durante las operaciones de aprovechamiento ocurren en el abatimiento y en el trozado. Casi el 40 % de las pérdidas ocurren durante el apeo, ya sea por roturas o por tocones demasiado altos, aunque lo último es fácil de prevenir. Los daños y roturas que sufren los árboles al ser abatidos son consecuencia de varios factores. Así, por ejemplo, algunas especies tienen madera muy quebradiza y se rompen con mucha facilidad. Por otra parte, los árboles muy grandes y pesados, al igual que los muy defectuosos, sufren mayores daños que los de menores dimensiones y que los más sanos.

Generalmente el objetivo de la cuadrilla de abatimiento es obtener el mayor volumen posible al mínimo costo. Sin embargo, esto no garantiza el máximo valor de la materia prima. El objetivo debe ser obtener del monte un producto que satisfaga las expectativas y necesidades de los clientes. El máximo valor se obtiene cuando se respetan las especificaciones del mercado: las longitudes según el uso final, las exigencias en cuanto a calidad, y un cierto margen de tolerancia para el despuntado en el aserradero (para compensar las pérdidas debidas a un corte direccional demasiado grande, a los daños que sufre la madera durante la extracción por arrastre y, a veces, durante la carga, y al trozado al sesgo). Anualmente se pierden miles de metros cúbicos y de pesos por no cortar de acuerdo con el uso final.

Pareciera existir un conflicto entre las consideraciones referentes al costo mínimo y al valor máximo de la materia prima, pero no es así. El éxito depende del buen manejo profesional de la masa forestal, del entrenamiento apropiado de los trabajadores y de una planificación adecuada de las operaciones.

## Planificación de la corta

Un buen manejo es inseparable de la planificación. El tiempo mejor invertido es el que se utiliza para planificar las operaciones de corta. Unas horas, o incluso un día, que se destine a reconocer y recorrer el tramo de corta redundará en beneficios importantes ya que se producirán menos daños y roturas, aumentará la eficiencia de las cuadrillas, y disminuirán los costos de las tareas subsiguientes.

El capataz o jefe de cuadrilla debe realizar previamente un reconocimiento del terreno, recorriendo el área que se va a aprovechar, observando e identificando los lugares donde hay mayores probabilidades de

que ocurran daños durante el apeo. Determinará también la disposición y orientación de los árboles que se van a abatir según las características del terreno, para maximizar el volumen obtenido y facilitar las tareas siguientes. Además, será él quien resuelva todo lo atinente a seguridad, distribución de hombres y máquinas en el terreno, y duración de las operaciones.

El apeo se puede efectuar en forma manual o mecanizada. El aprovechamiento forestal intensivo se caracteriza por el apeo con máquinas especializadas para tal fin, tales como cortadoras-apiladoras (*feller-bunchers*) y cosechadoras forestales (*harvesters*), cuyo uso se ha difundido notablemente en los últimos treinta años, especialmente en plantaciones. En cambio, en las operaciones de aprovechamiento en pequeña escala, particularmente en montes nativos, aún predomina el abatimiento manual con motosierra. En ambos casos, la planificación es de fundamental importancia.

En la planificación de la componente corta se deben tener en cuenta numerosos factores o variables que afectan a los elementos que la conforman. En los párrafos siguientes se explica la importancia de dichos factores y de qué modo influyen sobre la productividad del abatimiento manual.

#### FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCTIVIDAD DEL ABATIMIENTO MANUAL

- Terreno: relieve, topografía, pendiente.
- Densidad del sotobosque.
- Inclinación natural de los árboles.
- Defectos de los árboles.
- Árboles derribados por el viento.
- Composición del rodal.
- Densidad del monte (Nº de árboles/ha).
- Volumen promedio/árbol.
- Método de regeneración.
- Operaciones subsiguientes.
- Clima y condiciones meteorológicas.
- Exigencias de los mercados: cantidad, calidad, continuidad.
- Mano de obra disponible.
- Forma de pago a los trabajadores.

**Características del terreno:** el terreno es la variable más crítica en las operaciones de corta. Por ejemplo, las pendientes muy pronunciadas impiden o dificultan el abatimiento mecanizado e inciden

negativamente en la eficiencia de las tareas manuales con motosierra. La mayoría de las máquinas empleadas para este fin (feller-bunchers y harvesters) deben operar en pendientes que no superen el 35 %, pues tanto la productividad como la operatividad de las máquinas disminuye notablemente a partir del 20 %, como se puede ver en la Tabla 1. En cambio, cuando se corta con motosierra, se puede trabajar aun en terrenos difíciles, dentro de ciertos límites físicos de operatividad y seguridad.

**Tabla 1.** Efecto de la pendiente sobre la productividad de una *feller-buncher*.

Pendiente (%)	Productividad (% del máximo)	Operatividad
0 – 10	95 – 100	Buena
11 – 20	80 – 94	Moderada
21 – 35	50 – 79	Pobre
> 35	< 50	Impracticable

Fuente: Conway, 1976.

Cuando se corta con motosierra en terrenos muy inclinados (pendiente > 65 %), los árboles sufren daños y roturas importantes al caer pues resulta prácticamente imposible evitar que los árboles cortados rueden o se deslicen hacia abajo. En esos casos, la distancia recorrida por los árboles depende de la magnitud de la pendiente y de la presencia de obstáculos tales como tocones y rocas. Cuanto más grande es el árbol, mayores serán los daños que ocasiona al caer, rodar o deslizarse. Además, el motosierrista necesitará más tiempo (subir y bajar) para desramar y trozar, y su trabajo se tornará más peligroso. Los árboles que caen pendiente abajo terminan formando pilas o montones donde resulta muy difícil realizar el trozado. Por eso es preferible apear uno por vez, trozarlo, y recién cortar otro. Si, además, el terreno es escabroso, las roturas son aún mayores, lo que afecta la eficiencia y la seguridad.

**Densidad del sotobosque:** si el sotobosque es muy denso e impide caminar fácilmente de un árbol a otro, el motosierrista pierde mucho tiempo. Esto afecta particularmente su productividad cuando los árboles son pequeños, ya que camina mucho para obtener un volumen bajo. Además, por razones de seguridad, debe limpiar alrededor de cada árbol, si es necesario, y abrir una vía de escape antes de iniciar el apeo. El tiempo de trozado también aumenta con la densidad del sotobosque. En cambio, en el abatimiento mecanizado, la vegetación inferior tiene poco efecto sobre el tiempo y el rendimiento.

**Inclinación natural de los árboles:** generalmente los árboles tienen una inclinación natural, que es más o menos uniforme dentro del rodal. En base a esto, el obrero decidirá la dirección de caída. La inclinación varía con la pendiente; si ésta es pronunciada, los árboles tienden a caer hacia la parte baja del terreno. En zonas afectadas por vientos, los árboles están inclinados hacia la dirección de los vientos dominantes.

El motosierrista debe ajustar la orientación de caída (y la disposición de los árboles sobre el suelo, una vez abatidos) para compensar la inclinación natural, especialmente en el caso de árboles grandes. Si no se planifica esto con cuidado, se producen muchas roturas cuando los árboles caen atravesados en terreno quebrado, o si caen perpendicularmente con respecto a otros árboles ya abatidos. Ésta es una de las causas principales de las roturas (rajaduras y quebraduras). Las precauciones en este sentido también permiten una mayor eficiencia en las tareas de extracción.

En el caso de árboles de gran tamaño, se realiza el abatimiento en contra de la inclinación natural a fin de reducir las roturas. Esto se puede hacer con cuñas y gatos, pero a veces a los árboles se los tira por medio de sogas o cables para hacerlos caer hacia la parte más alta del terreno (contra la pendiente). Si bien esto aumenta los costos, se puede justificar económicamente por la gran recuperación de madera sana.

En las operaciones mecanizadas, la inclinación natural del árbol no es tan importante, ya que la mayoría de las cosechadoras forestales y otras máquinas para abatir están adaptadas para ejecutar el abatimiento direccional. Esto significa predeterminar la orientación que tendrá el árbol al caer al suelo. Por ejemplo, una feller-buncher mantiene al árbol erecto mientras lo corta y separa del tocón; luego lo dirige en la dirección deseada, dejándolo caer sobre otro/s árbol/es ya abatido/s para formar una pequeña pila o montón.

**Defectos de los árboles:** los defectos aumentan los costos y disminuyen el volumen neto de madera sana. Además, cortar un árbol de-

fectuoso representa un riesgo muy grande pues podría caer en forma inesperada y en cualquier dirección. Por eso, a un árbol con una seria podredumbre en la base se lo debe abatir, con mucho cuidado, en la misma dirección que su inclinación natural. En el caso de árboles muertos en pie, el uso de cuñas o las vibraciones de la motosierra pueden ocasionar la rotura y caída de la parte superior del árbol, lo que resulta sumamente peligroso. Como generalmente no se puede determinar el grado de pudrición ni dirigir la caída, es casi imposible evitar roturas. En consecuencia, el costo de abatimiento de un árbol defectuoso es mayor que el de un árbol sano. Se debe tener en cuenta, entonces, que en rodales defectuosos el tiempo de abatimiento es mayor, el volumen neto disminuye y el costo unitario aumenta. Por ello se deben efectuar las deducciones volumétricas correspondientes. Supongamos, por ejemplo, que a los motosierristas se les paga por  $m^3$  y que están cortando una parcela donde el volumen se reduce en un 25 % por podredumbres. Si han cortado  $250\ m^3$ , se les pagará sólo por  $188\ m^3$ .

**Presencia de árboles derribados por el viento:** a veces se encuentran numerosos árboles derribados por el viento, que están dispersos en el terreno y que representan un gran problema en las operaciones de abatimiento, como ocurre con los cipreses de los Bosques Andino-Patagónicos. Esto dificulta el uso de máquinas, retarda las operaciones subsiguientes (en especial el trozado), crea condiciones de trabajo muy peligrosas, y ocasiona enormes pérdidas de volumen por roturas. Los árboles yacen en todas direcciones y se los debe alinear para poderlos extraer (con motoarrastradoras, tractores o cables) y llevarlos hasta un canchón. Muchos árboles quedan en pie y eso complica más la situación. Las tareas de limpieza y extracción son muy complicadas y ocasionan daños y accidentes a los obreros. Dado que hay una gran cantidad de árboles rotos y rajados, las pérdidas son muy elevadas y pueden incrementarse por la sola presencia de los árboles caídos. Éstos se deben remover antes de abatir los árboles en pie, o bien desramarlos, trozarlos y corregir su orientación de modo que los árboles a cortar caigan en dirección paralela a los que yacen en el suelo. Por supuesto, tanto la remoción de los árboles derribados como la corrección de su orientación implica costos adicionales muy grandes.

**Composición del rodal:** las cortas a hecho en rodales disetáneos o en rodales mixtos siempre provocan un porcentaje de roturas mayor que lo normal. Si se cortan simultáneamente los pies dominados, la masa intermedia y la masa principal, los árboles de menores dimensiones sufren daños. Por ejemplo, si tenemos un rodal con un

piso dominante de una especie A, y un piso dominado de otras especies, digamos B y C, estas últimas sufrirán excesivos daños y roturas si se abaten simultáneamente con la especie A. En ese caso, la solución sería cortar en dos etapas: apear y extraer primero las especies B y C, y luego, la dominante. El costo aumentaría porque se deberían mover hombres y equipos dos veces, pero esto se compensaría porque se ganaría en valor al recuperar un volumen mayor de madera sana que, de otro modo, se perdería.

**Densidad del rodal:** esto se refiere al número de pies maderables por hectárea. Su efecto sobre el apeo depende del tipo de corta, del sistema de aprovechamiento, y de la ubicación geográfica, entre otros factores. Cuando la densidad es baja se requiere más trabajo por unidad de producción ya que el operario debe caminar más para trasladarse de un árbol a otro pues los árboles están diseminados. Esto ocurre aún en el aprovechamiento mecanizado. Por ejemplo, en cortas selectivas en montes nativos de la Región Chaqueña de Argentina, se pueden extraer unos 5 m<sup>3</sup>/ha, mientras que en plantaciones de Eucalyptus de la provincia de Corrientes se pueden extraer 350 m<sup>3</sup>/ha en cortas a tala rasa. En general, una plantación de pino o de eucalipto de 15-20 años en la Mesopotamia produce 400-500 m<sup>3</sup>/ha, dependiendo de diversos factores (De Dío, 2021, comunicación personal). En igualdad de condiciones, una baja densidad por hectárea implica menor productividad y mayor costo, mientras que una densidad alta significa lo contrario. Por ejemplo, una feller-buncher, trabajando en un rodal de 100 árboles/ha, corta y apila 60 árboles/hora. Con una densidad de 700 árboles/ha, el rendimiento es de 120 árboles/hora (Conway, 1976). La misma relación es válida para el abatimiento manual. El único problema es que las roturas son mayores en los rodales más densos si en ellos predominan los árboles grandes, porque los rollizos y tocones son un obstáculo para los árboles a cortar. Lo mejor en estos casos es cortar en etapas para reducir las roturas.

**Volumen promedio por pie:** tanto la densidad como el volumen por árbol están relacionados con el diámetro a la altura del pecho (DAP). En aprovechamiento, los costos se expresan en unidades monetarias por unidad producida (m<sup>3</sup>, pie<sup>2</sup>, m estéreo, cunit, cuerda, etc.), aunque en la Argentina es más común usar el peso en lugar del volumen. Entonces, en nuestro país el costo se indica en pesos por tonelada (\$/t). Cuando el volumen promedio por árbol es bajo, el costo aumenta, y viceversa. Si además la densidad del rodal es baja, el costo aumenta aún más. Lo mismo ocurre en el abatimiento mecanizado. Los diámetros pequeños implican bajo volumen por hora de

corte, y los diámetros mayores (hasta la capacidad de la máquina), mayor volumen por hora. Los cabezales cortan la madera a una velocidad de 8-13 cm/s. A menor volumen, se deben efectuar más cortes por unidad de producción.

**Método de regeneración:** se debe tener en cuenta de qué manera se va a regenerar la masa después del aprovechamiento en función del método silvicultural que se elija: tala rasa, aclareos sucesivos, con árboles semilleros, selección individual, selección por grupos, etc.

**Operaciones subsiguientes:** para facilitar el desramado, el troyado y la extracción, se debe elegir la orientación que tendrán los árboles en el suelo una vez volteados. En función del relieve del terreno, la inclinación de los árboles a abatir, el método de regeneración y el sistema de aprovechamiento, el motosierra debe decidir: (a) dónde comenzar a trabajar, (b) cómo avanzar, y (c) cómo quedarán dispuestos o acomodados los árboles en el suelo luego del apeo. Esto tiene como objetivos:

- Evitar obstáculos tales como cursos de agua, propiedades privadas, líneas eléctricas, gasoductos, tocones, rocas, etc.
- Minimizar daños.
- Facilitar la extracción: para ello se deben apilar o agrupar los árboles apeados de modo que queden orientados hacia las vías de saca.
- Minimizar accidentes: empezar por la parte más baja del rodal y avanzar hacia arriba.
- Reducir el tiempo total de extracción y los costos asociados con ella.
- Maximizar el volumen y el valor de la materia prima extraída.

**Condiciones meteorológicas:** al planificar las operaciones de corte se deben tomar siempre en consideración factores meteorológicos tales como vientos, precipitaciones (lluvia o nieve), temperaturas extremas, además del clima reinante en la zona en ciertas épocas del año. Independientemente de su intensidad, los vientos son severos factores limitantes en el abatimiento debido al gran peligro de accidentes que pueden ocurrir durante el trabajo. Aun ante un viento moderado, se deben interrumpir inmediatamente las tareas de apeo.

**Exigencias del mercado:** uno de los objetivos principales de toda actividad económica es la satisfacción de los clientes. En ese sentido se deben atender las necesidades y exigencias de las diversas industrias que adquirirán la materia prima resultante del aprovechamiento forestal. Por lo tanto, se deberán respetar y satisfacer las especificaciones de esos clientes en lo que respecta a cantidad (volú-

menes requeridos), calidad (dimensiones, defectos aceptables, etc.) y continuidad (frecuencia de entrega).

**Mano de obra disponible.** Contar con la cantidad necesaria de mano de obra para ejecutar el apeo no es condición suficiente. Se debe disponer de operarios calificados, con capacidad, habilidad y experiencia para llevar a cabo esta clase especial de trabajo en forma eficaz, eficiente y segura. El abatimiento de árboles no es una tarea para cualquier trabajador.

**Forma de pago:** la productividad de un motosierrista que realiza el apeo está influenciada por la manera en que es remunerado por su trabajo, lo que, a su vez, está relacionado con el producto final al que se destinará la materia prima. Las modalidades de pago son diversas, dependiendo de la decisión de cada empresa, del tipo de producto y de las costumbres locales. Al obrero forestal se le paga "a destajo", o sea, en función de las cantidades producidas ( $$/m^3$ ,  $$/t$ ,  $$/$  unidad), por hora, o por día. En la Argentina generalmente se paga por tonelada producida, mientras que en otros países los obreros son remunerados en función del número de horas de trabajo ( $$/h$ ) pues se conoce el rango de productividad esperado para cada tarea.

## Selección y marcación de los árboles a cortar

Antes de ejecutar el abatimiento, se deben seleccionar los árboles que serán objeto del aprovechamiento. Dependiendo del método de regeneración elegido y del tipo de operación de que se trate, puede ser necesario o no seleccionar los árboles que se van a cortar, ya sea en un rodal maduro listo para ser cosechado o en un rodal en el que haga falta efectuar un raleo u otra corta intermedia. Esto es especialmente cierto en el caso de montes nativos; no tanto en plantaciones.

A los fines del aprovechamiento, al realizar la selección, sólo se deben considerar los árboles que tengan valor comercial; es decir, los que se puedan utilizar para elaborar algún producto forestal, siempre y cuando los costos de la corta y de la extracción sean razonables. En cualquier caso, la selección de los árboles que se van a apear depende de numerosos factores, entre los que se pueden mencionar: los objetivos de manejo del propietario del monte o de quien compra el vuelo, el método silvicultural a emplear, los productos que se elaborarán a partir de la masa forestal aprovechable, las restricciones legales aplicables, y diversos aspectos económicos.

Tanto en montes nativos como en plantaciones, normalmente se interviene la masa mediante operaciones de raleo previas a la llegada del turno o de la corta final. En ambos casos puede ser necesario seleccionar los pies que se van a extraer, o los que se van a dejar, según lo que más convenga. El número, la finalidad y la clase de raleos dependerán de los objetivos de manejo. (Huelga decir que, desde el punto de vista operacional, efectuar un raleo implica cortar árboles, y esto también es parte del aprovechamiento forestal).

Llegado el turno, se debe ejecutar la corta final de la masa forestal, la que se llevará a cabo mediante alguno de los diversos métodos de regeneración (tala rasa, cortas por aclareos sucesivos, etc.), que figuran en el plan de manejo forestal correspondiente, y que dependen de la elección del dueño del monte o de la política de la empresa que aprovechará el vuelo. En este sentido, la empresa puede manejar el monte para un fin específico (un único producto), o bien el propietario puede tener como objetivo maximizar la renta de su monte o plantación y obtener de él diversos productos. Por ejemplo, las trozas provenientes de los árboles que se van a cortar pueden ser destinadas a la producción de láminas, tablas, o pasta celulósica. En consecuencia, se deberán seleccionar los árboles en función de su aptitud en el momento en que se va a aprovechar el monte.

También se deben tener en cuenta los mercados disponibles para cada tipo de producto. Dependiendo de la demanda, se seleccionarán primero los árboles aptos para trozas laminables o para postes de líneas eléctricas, luego los aserrables y, por último, los que se pueden destinar a la industria celulósica. En cada caso se deben satisfacer las especificaciones con respecto a diámetro, longitud, estado sanitario, calidad (rectitud, defectos, nudos), densidad de la madera, etc.

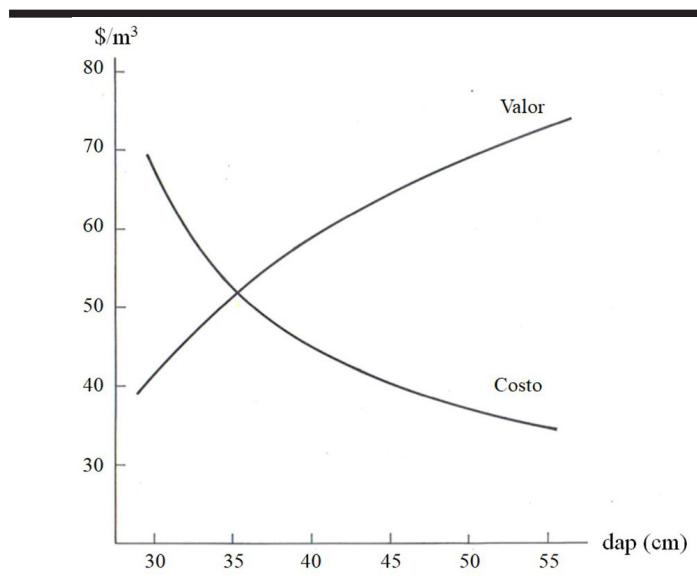
Puede haber diferentes objetivos de manejo forestal a mediano y largo plazo. Una alternativa podría ser, por ejemplo, cortar todos los árboles cuya madera sea comercializable en una sola operación, reservando los individuos de menor tamaño para una futura cosecha, o dejando una cantidad suficiente de árboles semilleros para asegurar la regeneración, tomando además las medidas de protección necesarias contra posibles incendios forestales. Otra alternativa podría implicar cortas continuas o periódicas, según lo establecido en el plan de manejo. En cada intervención se podría extraer sólo un volumen determinado y reservar el resto para cosechas futuras. Esos árboles más jóvenes ganarán en volumen y en calidad con el tiempo y alcanzarán valores (precios) mayores en el mercado maderero. Si se efectúan cortas a tala rasa, el productor debería reforestar de inmediato la superficie talada.

En relación con la selección de los árboles que se van a cortar, existen o pueden existir restricciones legales cuyos propósitos son mantener la

productividad del monte y/o asegurar su regeneración. Se pueden establecer medidas para prevenir y controlar incendios forestales y/o evitar la erosión y compactación del suelo, dejar pequeñas áreas sin cortar para favorecer la regeneración, fijar diámetros mínimos de corta para algunas especies, y promover la utilización integral del vuelo cuando eso resulte factible. El cumplimiento de estas medidas se logra mediante la implementación de multas y/o incentivos monetarios o fiscales.

De suma importancia en la selección de árboles para la corta son las consideraciones económicas relacionadas con el producto en que se transformará la materia prima que se sacará del bosque y con el tamaño de los árboles. Por ejemplo, no se deben cortar árboles demasiado pequeños o con muchos defectos, pues el ingreso podría no compensar los costos de aprovechamiento. En el caso del material aserrable, se debe tener en cuenta que, en general, a medida que aumenta el diámetro, aumenta el valor (\$/m<sup>3</sup>) de la madera aserrada, a la vez que disminuyen los costos de aprovechamiento y aserrado, considerados en conjunto (Wackerman *et al.*, 1966). También es verdadera la aseveración inversa; por eso no se deben cortar árboles muy pequeños si la madera irá a un aserradero. Cuando se corta material pulpable también se cumple lo anterior; o sea, a menor diámetro, aumenta el costo de aprovechamiento (aunque no tanto como en las trozas aserrables) y disminuye el valor de la madera hasta un diámetro mínimo por debajo del cual el costo resulta mayor que el valor de la materia prima, como se ilustra en el Gráfico 1. Por razones de practicidad, en la selección de los árboles que se van a apear, es conveniente utilizar como diámetro mínimo el diámetro a la altura del tocón en vez del DAP. Eso resulta más cómodo para el motosierrista y es más fácil para controlar, después de efectuada la corta, si se ha cumplido o no con las especificaciones legales.

**Gráfico N° 1.** Variación del valor de la madera aserrada y del costo de aprovechamiento en función del diámetro de los árboles a cortar.



Fuente: adaptado de Wackerman *et al.*, 1966.

El diámetro mínimo comercial puede variar de una región a otra según el tipo de producto que se desea obtener y según las especificaciones de la industria. Así, por ejemplo, en la Región Mesopotámica de la Argentina los diámetros mínimos comerciales son de 15-30 cm para material aserrable y 5-7 cm para material pulpable. Por otra parte, en la Región Chaqueña, los diámetros mínimos están establecidos por ley para las especies más importantes. Así, en la provincia de Santiago del Estero, el dap mínimo para los quebrachos colorado y blanco es de 30 cm, mientras que para el algarrobo blanco y el itín es de 25 cm.

En general, existe un árbol cuyo diámetro, o cuya calidad, es tal que el costo de aprovechamiento se approxima al precio que se puede obtener por él, dependiendo del destino que se le dé en la industria. A dicho árbol se lo denomina “árbol marginal”. La corta y la transformación de árboles más pequeños o de menor calidad que el “árbol marginal” dará como resultado pérdidas económicas. En cambio, si se cortan árboles más grandes o de mejor calidad, se obtendrá una ganancia que será mayor a medida

que aumenten el diámetro y la calidad, dentro de ciertos límites. En la Fig. 1, el punto de intersección de ambas curvas corresponde al dap del árbol marginal. En este ejemplo hipotético, el dap es de 35 cm y corresponde a un valor de \$ 50/m<sup>3</sup> para madera aserrada.

Determinar cuál es el “árbol marginal” para un producto determinado constituye un desafío interesante para el ingeniero forestal que quiera conocer con fundamentos el límite operativo por debajo del cual no se debería cortar un árbol para no incurrir en costos excesivos o en pérdidas. Dichos límites pueden variar de una operación a otra, dependiendo de numerosos factores. Un conocimiento cabal de esta cuestión exige analizar detalladamente cada situación particular. Por otra parte, se debe estar siempre atento a los cambios del mercado en cuanto al diámetro mínimo comercial en función de los costos de aprovechamiento y de los precios de venta de la materia prima y de los diversos productos forestales.

### **Marcación de los árboles**

Previo al abatimiento, se deben seleccionar y marcar los árboles que serán objeto de aprovechamiento. Esto es particularmente cierto en montes nativos, donde es importante marcar claramente los individuos que se van a cortar, o los que se van a dejar, dependiendo del método silvicultural que se haya decidido utilizar, excepto cuando se efectúan cortas a tala rasa. Además del diámetro mínimo, en todos los casos se ha de tener en cuenta el estado sanitario del rodal que se va a aprovechar, y cortar también los pies enfermos, decrepitos, suprimidos, moribundos y muertos en pie. En las cortas a tala rasa sólo basta con marcar claramente los límites del tramo que se va a aprovechar para evitar posibles problemas legales o para cumplir adecuadamente con lo establecido en el plan de manejo o en el de aprovechamiento.

Una vez seleccionados los árboles que se van a cortar, se los debe marcar. Esta es una tarea esencial cuando se tiene como objetivo un buen manejo forestal que asegure la producción permanente y sostenible del monte. Para realizar la marcación se debe dar instrucciones claras y precisas a un técnico o a un trabajador forestal competente y experimentado (por ejemplo, un capataz o jefe de cuadrilla) que posea conocimientos prácticos, buen criterio y sentido común para llevar a cabo esta tarea correctamente. Se deben marcar los árboles que se van a abatir o los que quedarán, según lo que resulte más eficiente, en función del menor número de individuos.

La marcación se puede realizar con hacha, pintura, o cinta en un lugar visible del árbol, para indicar cuáles individuos dentro de la unidad de aprovechamiento se van a cortar, o cuáles van a quedar en pie. El hacha se debe usar preferentemente para marcar los árboles que serán apeados. La marcación de los pies remanentes con esta herramienta puede provocar daños que favorezcan la entrada de insectos y hongos. Para estos árboles sólo se debe usar pintura o cintas de color. Se pintan, por ejemplo, los árboles semilleros en una tala rasa, o aquéllos que se reservarán para la corte final en el caso de un rodal joven que está siendo sometido a un raleo.

Al elegir la pintura, se debe tener en cuenta el color y la durabilidad. Dependiendo de las circunstancias, los colores más visibles en el bosque son: amarillo, naranja, azul y blanco. La pintura debe ser indeleble para que no sea lavada fácilmente por las lluvias. A veces conviene aplicarla tanto en el tronco como en el futuro tocón. Los colores usados pueden ser "codificados" de manera tal que el color tenga un significado especial para los motosierristas, indicando, por ejemplo, los que quedarán y/o los que se cortarán; o cuáles se destinarán a tal o cual producto. Se puede utilizar diferentes colores para diferentes productos y así realizar un aprovechamiento más ordenado. Desde el punto de vista operativo y económico, casi siempre conviene cortar en primer lugar los productos de mayor valor (madera para debobinar y para postes de líneas eléctricas), luego el material aserrable y por último la materia prima para pasta celulósica.

Para que los motosierristas puedan ver claramente las marcas a medida que avanzan con su trabajo, éstas se deben efectuar siempre sobre la misma cara de los árboles; por ejemplo, la que mira al Sur. Así los operarios sabrán exactamente qué árboles aparecer y podrán trabajar en forma más eficiente. En cambio, cuando se van a realizar cortas por fajas, conviene hacer las marcas en forma alternada; por ejemplo, en una fila, sobre la cara Sur y en la siguiente, sobre la cara Norte.

La marcación también facilita la tarea de control post-aprovechamiento ya que permite comprobar si se ha cumplido o no con lo estipulado en el plan de manejo o en el contrato de concesión o de venta del monte en pie. En este sentido, los tocónes pintados son de gran utilidad para verificar que se han cortado sólo los árboles marcados para cortar y que no se han cometido violaciones legales o contractuales.

## Organización de las cuadrillas de apeo

El apeo o abatimiento es el primer elemento de la componente corta dentro del sistema de aprovechamiento. Esto significa que la primera tarea que se realiza en el bosque es abatir los árboles que han sido seleccionados y marcados, particularmente en el caso de un monte nativo. De la forma en que se haga el apeo dependerán la calidad y el valor de la materia prima, la eficiencia del sistema, y cómo quedará el monte después del aprovechamiento.

Dependiendo de la superficie que se va a cortar y del tipo de productos que se desea obtener, las cuadrillas se organizarán de maneras diferentes. Por ejemplo, en operaciones de pequeña escala, es suficiente contar con una o dos cuadrillas y un capataz que controle el trabajo, especialmente si se va a extraer material pulpable. En cambio, cuando se aprovechan grandes superficies en forma intensiva, es preferible disponer de una cantidad mayor de cuadrillas, cuyo número quedará a criterio del técnico o ingeniero responsable de la operación, al igual que el número de capataces o supervisores. Esto es muy importante cuando se procura obtener trozas para debobinar o aserrar. En esos casos, con una buena supervisión, se puede lograr mayor volumen y valor de la materia prima.

A veces el mismo motosierra afea los árboles y luego los desrama al pie del tocón; otras veces, un motosierra se dedica exclusivamente al abatimiento, mientras que el desramado, despuntado y trozado quedan a cargo de otro operario que hace su trabajo inmediatamente después de la caída de cada árbol, o más tarde, cuando ya hay varios árboles abatidos en el suelo, o bien una vez que se han derribado todos los árboles marcados dentro de la unidad de aprovechamiento. Cuando se trata de árboles muy grandes, se utilizan motosierras de distinto tamaño para apear y para elaborar (desramar, despuntar y trozar), con lo cual se logra mayor eficiencia y productividad. Se obtienen aún mejores resultados cuando se extraen los árboles apeados hasta el canchón o el borde de un camino (por medio de una motoarrastradora de garra) y allí se lleva a cabo la elaboración y, a veces, la clasificación de las trozas. En ese caso, se emplean cuadrillas separadas: una de apeo (monte) y otra de elaboración (canchón).

### SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE APROVECHAMIENTO

Para facilitar el trabajo y minimizar los riesgos de accidentes, se debe asignar a cada cuadrilla una unidad de aprovechamiento (lote, parcela, faja o "frente de cosecha"). En cada unidad los miembros de cada cuadrilla cor-

tarán todos los árboles marcados y los dejarán listos para su extracción, según el sistema que se elija para este fin. Es conveniente que estos lotes queden dispuestos en el terreno teniendo en cuenta la ubicación de los caminos (existentes o por construir) por los que se va a transportar la madera fuera de la zona de corta. Por esta razón los caminos y las vías de saca deben estar claramente indicados en el plan de aprovechamiento. En todos los casos la atención se centrará en la seguridad de los obreros, manteniendo distancias adecuadas de trabajo entre las cuadrillas y procurando minimizar los daños a los árboles que se cortan y a los remanentes. Con el mismo objetivo en mente, los trabajadores deben comenzar a trabajar en la parte del lote más alejada del camino (o del canchón), y avanzar hacia el camino. En terreno montañoso, se debe empezar a cortar en la parte más baja y avanzar hacia arriba. Nuevamente, la seguridad debe ser siempre la consideración más importante.

#### MODELOS O ESQUEMAS DE ABATIMIENTO

En la planificación se indicará el lugar donde se van a empezar a cortar los árboles y de qué forma avanzarán las operaciones en el monte. El modelo de abatimiento depende de la inclinación natural de los árboles, del terreno, del sistema de aprovechamiento y de los métodos alternativos de corta, como se explicará en la sección correspondiente al abatimiento manual (Conway, 1976).

En operaciones manuales, la corta empieza en la parte más baja del terreno y avanza hacia arriba para seguridad de los obreros. Esto es muy importante en terreno montañoso. En cambio, en terreno llano hay más alternativas. Cuando es imposible empezar en la base se avanza hacia arriba hasta encontrar un sitio adecuado donde se pueda entrar al bosque y comenzar el abatimiento. Luego se avanza hacia abajo, si es posible, hasta completar la faja, y recién se continúa en forma ascendente.

El esquema de abatimiento queda determinado una vez que comienza la corta, aunque a veces es necesario hacer cambios sobre la marcha. Por ejemplo, si el apeo se debe efectuar en forma perpendicular a las curvas de nivel para evitar que los árboles abatidos caigan en un curso de agua (ubicado más abajo) o fuera de la zona de corta, una faja abierta a lo largo de la base del terreno puede ocasionar daños y roturas excesivos. Si la corta empieza en la base del terreno y es paralela a un curso de agua, se debe prever lo que puede ocurrir a medida que se avanza con el trabajo hacia arriba.

Siempre se debe prever qué efecto podrá tener el modelo de corta sobre las operaciones subsiguientes. En terreno escarpado, el modelo no

es muy importante si se van a usar cables para la extracción, aunque es preferible que los árboles abatidos estén orientados hacia el canchón o cargadero. En cambio, si la extracción se hará por arrastre, la orientación debe ser hacia las vías de saca para facilitar el apilado y reducir el tiempo de duración del ciclo de arrastre. Cuando se cortan árboles de grandes dimensiones y muy valiosos, la orientación debe ser paralela a las curvas de nivel; se la cambia si se encuentran barreras físicas, como rocas grandes, quebradas, o cambios abruptos en la pendiente. Dado que el objetivo siempre es maximizar el volumen y el valor de la madera que se corta, en ese caso lo que más importa es salvar el árbol. En la actualidad, con el empleo de máquinas modernas y de cables para la extracción, no interesa mucho la orientación de los árboles a abatir.

Cuando se van a sacar árboles enteros por arrastre, es preferible que los árboles apeados queden aproximadamente orientados hacia las vías de saca. Además de dirigir correctamente la caída de los árboles que va cortando, el motosierra debe tratar de formar con ellos pequeños grupos o montones (dos o más árboles), cuyo tamaño dependerá del volumen de los árboles y de la capacidad de la motoarrastradora. De esa manera se acelera el trabajo y se minimiza el costo de extracción pues la máquina no debe perder tiempo en amontonar primero los árboles apeados para luego agarrar cada grupo y sacarlo hasta el canchón o al borde del camino. Los árboles se deben apear procurando que las bases queden agrupadas para que la máquina los pueda sacar en una sola maniobra, minimizando las roturas y pérdidas durante la extracción.

#### OBJETIVOS DEL ABATIMIENTO MANUAL CON MOTOSIERRA

Tanto para la empresa que compra el monte en pie como para el contratista que ejecuta el aprovechamiento, existen objetivos comunes cuando se cortan los árboles con motosierra. Éstos se enumeran a continuación:

- Maximizar el volumen extraído.
- Maximizar el valor de la madera.
- Minimizar los accidentes.
- Minimizar los daños (a trabajadores, árboles y máquinas).
- Minimizar el impacto sobre el ecosistema en general.
- Minimizar los costos de aprovechamiento.
- Satisfacer las exigencias del mercado.

## Secuencia del abatimiento manual con motosierra

Sólo se expondrán en esta sección algunas de las técnicas básicas para abatir árboles con una motosierra, excluyendo todo lo referente a la descripción, uso y mantenimiento de la máquina, que se puede encontrar en numerosos manuales, libros de texto, y también en portales y sitios de Internet de fácil acceso. Se sugiere al lector consultar en esas fuentes la información disponible sobre la motosierra y sobre las técnicas de apeo que se pueden aplicar en diversas situaciones. Se exponen a continuación los principios fundamentales del abatimiento manual con motosierra.

Para realizar un trabajo ordenado, eficiente y seguro, el motosierrista normalmente sigue los siguientes pasos para apear un árbol:

- Observar la inclinación natural de los árboles.
- Elegir la dirección de caída.
- Efectuar el corte direccional.
- Efectuar el corte de abatimiento.
- Dirigir la caída si es necesario.

### INCLINACIÓN NATURAL DE LOS ÁRBOLES

Antes de comenzar el primer corte, el motosierrista observará la inclinación natural de cada árbol que va a voltear. Esta inclinación se refiere al ángulo y a la dirección según los cuales un árbol está desviado de la vertical.

En un monte nativo, los árboles raramente se encuentran en una posición perfectamente vertical; siempre presentan alguna desviación visible resultante del peso y la distribución de la copa y/o de la excentricidad del fuste, los que, a su vez, pueden ser consecuencia del viento. En cambio, en una plantación, esta situación no es tan marcada. El trabajador detecta la inclinación por simple observación, aunque a veces resulta difícil pues las copas contiguas se tocan. En cualquier caso, un árbol puede ser forzado a caer en una dirección determinada con mayor o menor éxito, dependiendo de su grado de inclinación. Si ésta es muy pronunciada, puede resultar imposible derribarlo en contra de su inclinación natural.

Una vez que el motosierrista ha observado la inclinación natural del árbol y el relieve del terreno, y se ha asegurado de que no haya obstáculos para la caída del árbol, recién podrá decidir cuál será la dirección de caída más conveniente con el fin de minimizar los daños y facilitar las tareas subsiguientes.

### ELECCIÓN DE LA DIRECCIÓN DE CAÍDA

Tanto en cortas a tala rasa como en raleos o en cortas selectivas, se debe tener sumo cuidado para evitar que los árboles que van a ser apeados queden "colgados" o apoyados sobre un árbol en pie, o que al caer dañen a los árboles remanentes y a la regeneración. También se debe procurar que los árboles, cuando caigan, no se rompan o se dañen al impactar contra otros árboles abatidos, tocones, rocas o irregularidades del terreno. Cualquier daño que sufran los árboles al ser abatidos implica pérdidas en el volumen de madera utilizable y, por tanto, pérdidas en el valor de la materia prima. De la misma manera, se han de evitar obstáculos tales como alambrados, líneas eléctricas, gasoductos, mojones, casas, cursos de agua, etc. Las consecuencias económicas de tales incidentes podrían llegar a ser considerables. Por todo ello es de fundamental importancia elegir la dirección de caída adecuada y correcta. Cuando se trata de árboles de grandes dimensiones y alto valor comercial, se justifica efectuar gastos adicionales que aseguren la obtención del máximo volumen de madera sana. Se puede recurrir, por ejemplo, al uso de cables u otros dispositivos para forzar la caída según la dirección deseada.

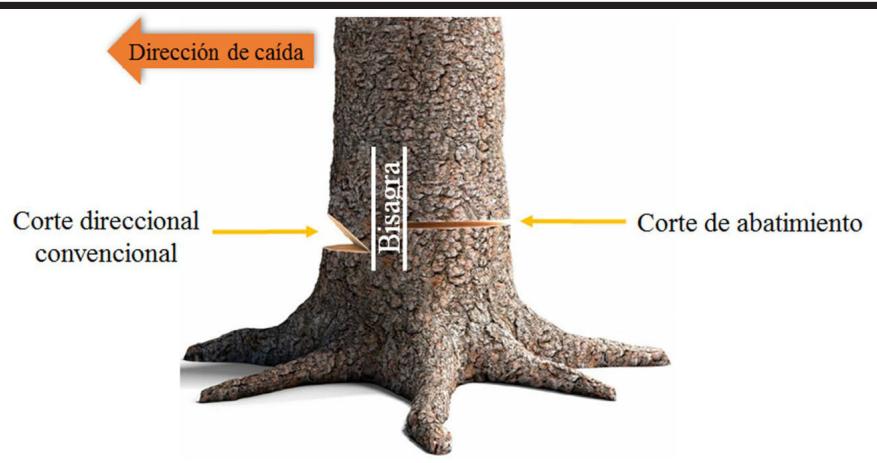
Con el fin de lograr eficiencia, economía y seguridad en las tareas de apeo, se debe planear cuidadosamente el trabajo de cada cuadrilla de modo tal de llevar a cabo una secuencia ordenada de actividades, siempre pensando en optimizar la tarea siguiente. Así, por ejemplo, al ejecutar el abatimiento se procurará que los árboles queden en el suelo formando pequeños grupos o montones orientados hacia las vías de saca (unos 30° aproximadamente), o casi paralelamente a ellas, para que la extracción con motoarrastradoras sea más eficiente. Esto ahorra tiempo y ayuda a optimizar la productividad de las máquinas. Por otra parte, si la elaboración se va a realizar en el monte mismo, es recomendable que el motosierrista voltee los árboles de modo tal de facilitar luego el desramado, el trozado y la extracción. Las trozas o los fustes que se vayan a extraer también deben quedar orientados hacia las vías de saca para lograr una operación eficiente.

### APEO O ABATIMIENTO DE LOS ÁRBOLES

El primer elemento de la componente corta recibe otras denominaciones, además de apeo o abatimiento. Entre los obreros forestales es más común hablar de "voltear o tumbar un árbol", en vez de apear o abatir. En la Mesopotamia Argentina, debido a su cercanía con Brasil y a la influencia del portugués, también se usa el verbo "derribar".

Una vez elegida la dirección de caída, el operario debe limpiar el lugar de trabajo, eliminando la vegetación y cualquier obstáculo alrededor del árbol que va a cortar para tener espacio suficiente y trabajar con comodidad. Por razones de seguridad, también debe abrir dos vías de escape hacia los costados y hacia atrás de la dirección de caída, para poder alejarse del lugar en el momento en que el árbol empiece a caer. Ahora el árbol está listo para ser apeado. Esto se logrará mediante la realización de dos cortes: (a) corte direccional y (b) corte de abatimiento (Fig. 1). Al efectuar el segundo corte, queda una pequeña porción de madera sin cortar, llamada “madera de sostén” o “bisagra”, cuya función se explica más adelante.

**Figura 1.** Corte direccional, corte de abatimiento y dirección de caída (flecha).



Fuente: Husqvarna Chainsaw Academy, 2019.

### EL CORTE DIRECCIONAL

Realizar el corte direccional, o corte de dirección, implica eliminar un trozo de madera, o una rebanada en forma de cuña, en la cara del árbol coincidente con la dirección de caída elegida. Consta de un corte horizontal y otro oblicuo (el orden es indistinto) que dan como resultado la eliminación de la cuña de madera antes mencionada. El corte direccional cumple tres funciones:

- Ayuda a dirigir la caída.
- Controla la caída, haciendo que el árbol “resbale” sobre el tocón en vez de saltar del tocón.
- Ayuda a que se rompa la “madera de sostén” y evita que el árbol “patee” hacia atrás.

La rebanada o cuña de madera cortada le quita apoyo al árbol en esa parte del tronco y aumenta su tendencia a caer según la dirección elegida. Hasta el momento mismo de la caída, la madera de sostén mantiene unido al árbol con el tocón y funciona como una bisagra, permitiendo una caída suave, menos brusca, del árbol. Cuando empieza a caer, el árbol pivotea sobre la bisagra (gira en un plano vertical) y, por lo general, cae lentamente al suelo.

El corte direccional debe ser lo más bajo posible, de modo tal de maximizar el volumen de madera aprovechable. Aunque muchos autores hablan de una altura de tocón de unos 30 cm o menos, eso en realidad depende de la forma del árbol y de su estado sanitario, entre otros factores. Lo ideal es que el tocón sea lo más bajo posible para aprovechar de cada árbol el máximo volumen.

Si el árbol se encuentra perfectamente erecto o tiene sólo una pequeña inclinación (menos de 5° de la vertical) y no hay obstáculos que compliquen su caída, resulta relativamente fácil apearlo en la dirección deseada, efectuando los dos cortes mencionados (i.e., el direccional y el de abatimiento) y siguiendo la técnica de “abatimiento dirigido” que se explicará en los párrafos siguientes. De lo contrario, se deberán tomar ciertas precauciones y emplear las técnicas apropiadas para cada situación particular. Cuando se cortan árboles de gran tamaño, en particular en bosques nativos, se debe proceder con sumo cuidado y aplicar métodos especiales para maximizar el volumen y minimizar los daños. Ya sea en el caso de plantaciones o de montes nativos, se debe tener cuidado con la presencia de ramas secas que, al caer, podrían producir lesiones al motosierrista (Fig. 2).

**Figura 2.** Peligro de lesiones por ramas secas.



Fuente: Simmons, 1979.

En todos los casos se debe priorizar la seguridad del operario. Por ello resulta oportuno incluir aquí algunas recomendaciones para el motosierrista, previas a la realización del primer corte:

- Limpiar alrededor de la base del árbol, eliminando ramas secas, vegetación y cualquier otro elemento que pudiera representar un riesgo de accidente (Fig. 3).

**Figura 3.** Limpieza del fuste.



Fuente: Husqvarna Chainsaw Academy, 2019.

- Cortar también las ramas de la parte inferior del árbol que pudieran interferir con su trabajo y preparar dos vías de escape (Fig. 4) que le permitan alejarse del árbol cuando éste empiece a caer.

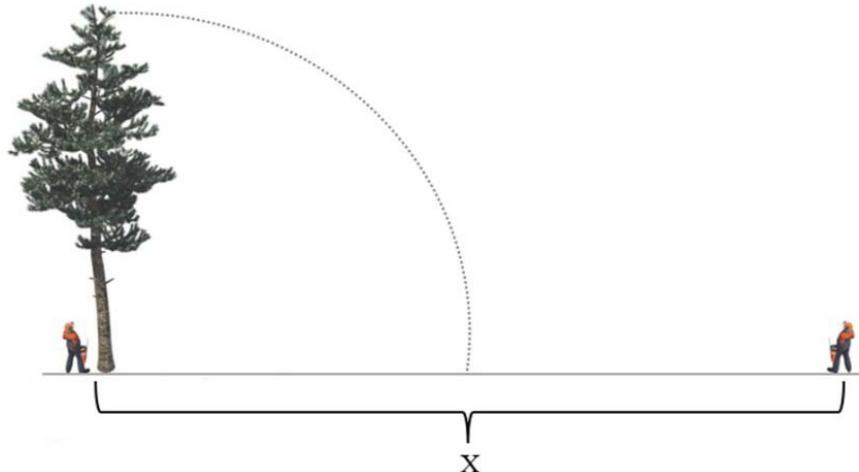
**Figura 4.** Elección de la dirección de caída y de las vías de escape.



Fuente: Husqvarna Chainsaw Academy, 2019.

- Para evitar que un compañero de trabajo sufra algún daño durante la caída del árbol, conviene emplear una regla práctica de seguridad: dos trabajadores deberán estar separados entre sí por una distancia no menor al doble de la altura de los árboles dominantes del rodal (Fig. 5).

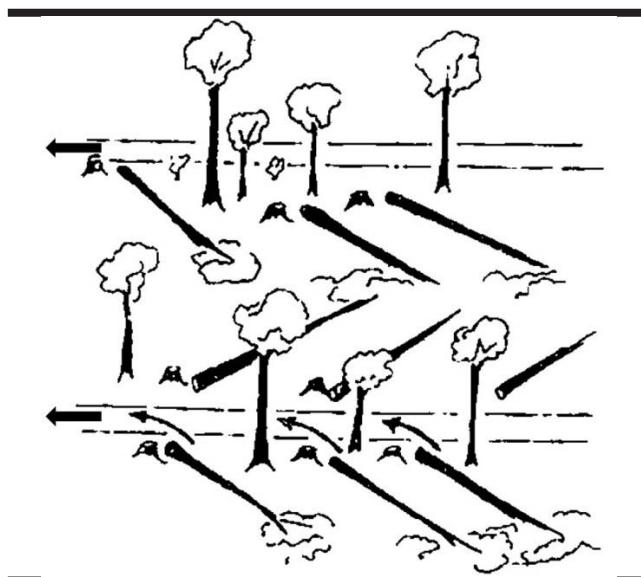
**Figura 5.** Distancia mínima de seguridad entre operarios.



Fuente: Husqvarna Chainsaw Academy, 2019.

- Para facilitar la extracción de árboles enteros o de fustes limpios, es aconsejable realizar el abatimiento de manera tal que las bases de los árboles apeados queden orientadas hacia las vías de saca, según un ángulo de 30-45° (Fig. 6). Es de suponer que éstas ya han sido marcadas convenientemente en el terreno para que la extracción sea efectiva y económica.

**Figura 6.** Orientación de los árboles apeados hacia las vías de saca.



Fuente: Simmons, 1979.

### Cómo efectuar el corte direccional

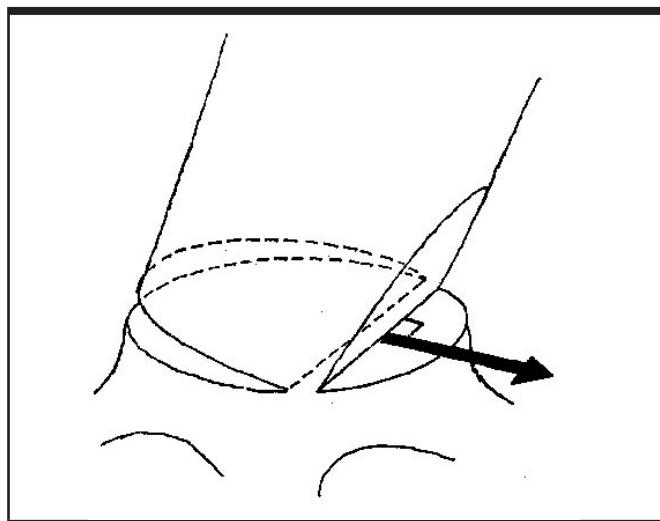
Teniendo en mente la idea de facilitar las tareas subsiguientes dentro del sistema de aprovechamiento forestal, en particular la extracción, se utiliza el “abatimiento dirigido” para orientar la caída de los árboles de manera tal que, una vez apeados, queden ubicados convenientemente hacia las vías de saca, lo que resulta especialmente ventajoso cuando se emplea el sistema de árbol entero, de uso corriente en operaciones semi-mecanizadas. Dado que los árboles apeados quedan agrupados formando

montones de 3-5 individuos, las motoarrastradoras deben realizar menos maniobras para completar la carga necesaria para un viaje, reduciendo así el ciclo de arrastre. La tarea de esas máquinas se torna así más fácil y económica.

Cuando la longitud de la espada de la motosierra es mayor o igual que el diámetro de la base del árbol que se va a abatir y no existen obstáculos ni impedimentos, para efectuar el corte direccional se siguen los siguientes pasos:

- Hacer un corte horizontal dejando el tocón lo más bajo que se pueda, dependiendo de la forma de la base del árbol. La profundidad del corte debe ser entre 1/4 y 1/3 del diámetro de la base del árbol. Cuanto mayor sea éste, más profundo será el corte.
- Realizar un corte oblicuo formando un ángulo de 45-60° con respecto al primer corte. (Para árboles de diámetro pequeño ( $\leq 30$  cm), un ángulo de 30° es suficiente.) La línea de intersección de los planos determinados por cada uno de los cortes resulta perpendicular a la dirección de caída del árbol si se trabaja correctamente (Fig. 7).

**Figura 7.** Dirección de caída del árbol.



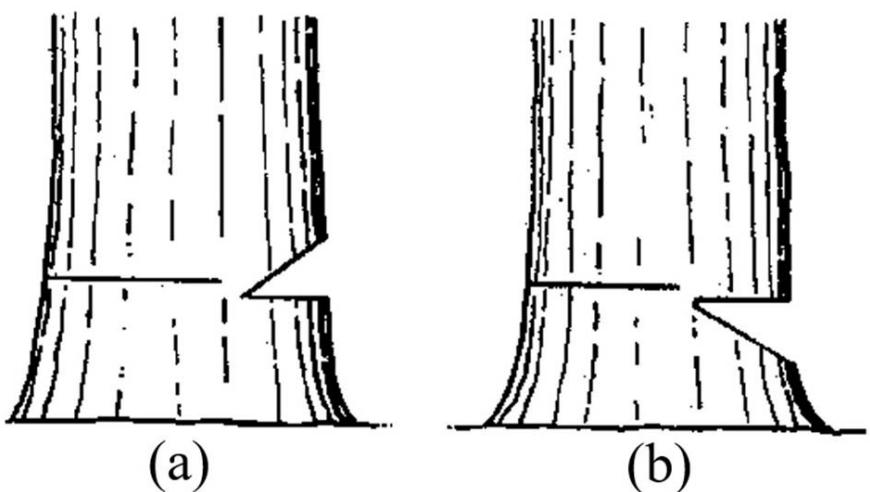
Fuente: Agencia Forestal Sueca, 1982.

- Quitar la cuña de madera resultante de los dos cortes. Quedará así una muesca o entalladura en el tronco, que facilitará la caída del árbol.

Desde el punto de vista operativo, el orden en que se efectúan los cortes descritos es indistinto. Sin embargo, algunos autores señalan que, si se hace primero el corte oblicuo, el operario puede ver a través de la ranura resultante cómo avanza la espada de la motosierra mientras se realiza el corte horizontal, y así asegurarse de que ambos planos de corte coincidan.

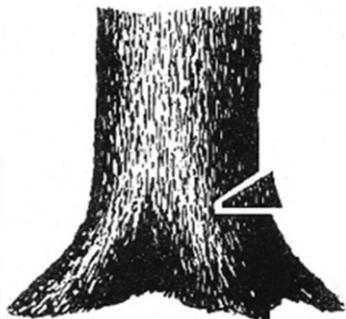
Algunos autores (Wackerman *et al.*, 1966; Conway, 1968; Conway, 1976; Stenzel *et al.*, 1985) mencionan tres tipos de corte direccional: (a) convencional, (b) Humboldt, y (c) recto o escalonado (Fig. 8). El que se explicó en los párrafos anteriores es el primero, el más utilizado y conocido de todos. El segundo se usa en los bosques del Noroeste de Estados Unidos y en Canadá para apear árboles de gran tamaño, mientras que el tercero carece de importancia desde el punto de vista práctico.

**Figura 8.** Corte direccional convencional y Humboldt.



El corte tipo Humboldt tiene un par de ventajas que vale la pena subrayar: (a) la cuña de madera que se elimina una vez finalizado el segundo corte sale del tocón, no del fuste; (b) la pérdida de madera es menor y, por tanto, se aprovecha así el máximo volumen del árbol apeado (Fig. 9). Por otra parte, resulta más difícil realizar el corte oblicuo tirando (levantando) la espada de la motosierra hacia arriba, lo que obliga al operario a sostener el peso de la máquina mientras ésta va penetrando la madera.

**Figura 9.** Corte direccional convencional vs. corte Humboldt.



Corte direccional convencional



Pérdida potencial de volumen



Corte direccional Humbolt

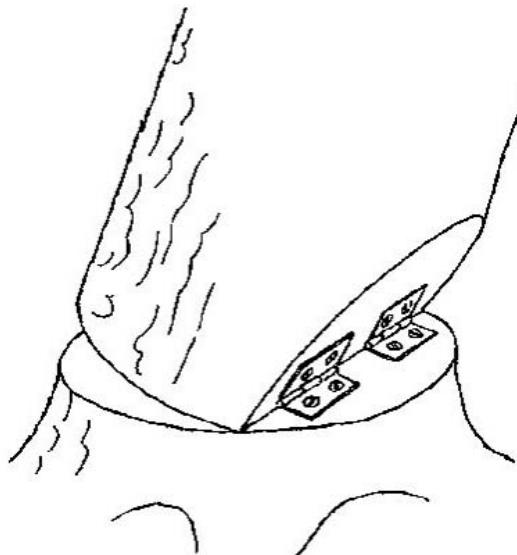


Sin pérdida de volumen

### EL CORTE DE ABATIMIENTO

- Sobre la cara opuesta del tronco, efectuar un corte horizontal a unos 2-3 cm por encima del corte direccional horizontal. Avanzar con la motosierra en forma paralela al primer corte hasta que quede una pequeña porción rectangular de madera sin cortar, cuyo ancho es aproximadamente igual a 1/10 del diámetro del árbol. Esa porción (2-3 cm de ancho), llamada madera de sostén, es la que mantiene unido el árbol al tocón hasta ese momento, y actúa como una bisagra en torno a la cual pivotea el árbol en el momento en que comienza a caer (Fig. 10). Para que esta bisagra cumpla su función, es importante no cortarla; se debe avanzar con el corte hasta un punto a partir del cual la caída resulta inminente, retirar la motosierra y dejar que el árbol caiga prácticamente solo. Si todo se hizo correctamente, el árbol caerá exactamente en la dirección prevista y en el lugar elegido, por efecto de la bisagra. Las fibras desgarradas de la madera de sostén se pueden observar en el tocón resultante (Fig. 11).

**Figura 10.** La madera de sostén actúa como bisagra.



Fuente: Agencia Forestal Sueca, 1982.

**Figura 11.** Tocón luego del abatimiento.



Fuente: Christina, D. 2023.. Foto con permiso de reutilización según Google. Disponible en [www.plantly.io](http://www.plantly.io)

- Si por algún motivo el árbol no comienza a caer cuando se ha llegado casi al final del corte de abatimiento, puede ser necesario ayudar a provocar la caída por medio de cuñas o de una palanca de volteo. En el primer caso se coloca una cuña en el corte, se retira la motosierra y se golpea la cuña con el hacha o con un mazo o combo, haciéndola introducir gradualmente hasta que se produce la caída. A veces se requiere usar dos o más cuñas y hacerlas penetrar en forma alternada, hasta lograr que se quiebre la bisagra y el árbol caiga.
- Cuando el árbol empieza a caer, el operario debe retirarse hacia atrás y hacia un costado de su posición de trabajo, si es posible detrás de otro árbol, para protegerse de un posible rebote y de la caída de ramas secas que podrían golpearlo o lastimarlo. (Al caer e impactar contra el suelo, el árbol puede rebotar y saltar hacia atrás sobre el tocón.) Para eso el motosierrista debe haber marcado y limpiado sus dos vías de escape antes de iniciar el corte.

Existen situaciones diferentes a las que se acaban de describir, como, por ejemplo: árboles inclinados (con diverso grado de inclinación, coincidentes o no con la dirección de caída elegida), árboles de diámetro mayor que el doble de la longitud de la espada de la motosierra, árboles con podredumbre en la base, árboles con copa marcadamente excéntrica, etc. Para abatir un árbol en la dirección deseada, poniendo especial cuidado en la seguridad del motosierrista y maximizando la productividad de la tarea, cada situación requiere de técnicas especiales que no se tratarán en este libro. El lector puede efectuar las consultas que desee en la abundante bibliografía que existe sobre el tema, parte de la cual se presenta al final de este capítulo, además de los manuales de uso y mantenimiento que publican los fabricantes de motosierras (Conway, 1968; Conway, 1976; Dent, 1974; FAO, 1980; Jepson, 2009; Pantaenius, 2010; Petro, 1975; Simmons, 1979; Staaf and Wiksten, 1984; Tolosana et al., 2004).

### ÁRBOLES ENGANCHADOS

Cuando un árbol cae, a menudo queda enganchado, apoyado, o colgado en otro árbol que está en pie. Esto ocurre especialmente en rodales densos, o cuando algo falló y el motosierrista no logró que el árbol cayera exactamente donde él quería por diversos motivos, generándose así una situación peligrosa para el operario y para otras personas que estén cerca en ese momento, o que puedan pasar más tarde por el lugar. Hasta al motosierrista **más experimentado puede sucederle esto y a veces resulta muy difícil y riesgoso liberar al árbol y conseguir que caiga al suelo con el menor daño posible**. De ahí la importancia de conocer las técnicas apropiadas y seguras para desenganchar un árbol colgado.

En primer lugar, el operario debe analizar y evaluar la situación antes de llevar a cabo cualquier acción. Mediante una cuidadosa inspección visual puede diagnosticar cuán enganchado o enredado está el árbol, cuál es el estado de sus ramas y de las del árbol de apoyo, y determinar si él mismo podrá solucionar el problema o si será necesario pedir ayuda o recurrir a personas especializadas, con el equipamiento adecuado.

Los métodos para desenganchar un árbol que quedó colgado en otro luego de finalizado el corte de apeo se pueden encontrar en la bibliografía pertinente (FAO, 1980; Jepson, 2009; Pantaenius, 2010; Simmons, 1979). Aquí sólo se presentarán las **medidas de precaución** que se deben tomar por razones de seguridad cuando ocurre este tipo de situaciones:

- No trepar al árbol enganchado para sacudirlo o trozarlo.
- No levantar la motosierra por encima de la altura de los hombros.

- No voltear otro árbol sobre el que está enganchado para forzar su caída.
- No hacer nuevos cortes en la base del árbol.
- No tratar de terminar de cortar la madera de sostén (bisagra) con la motosierra; procurar hacerlo con un hacha. (Debido al impacto, es menos probable que el hacha quede atascada.)
- No voltear el árbol de apoyo.
- No trabajar debajo del árbol enganchado.
- Al efectuar los cortes, tener siempre presente que en la madera existen fuerzas de tensión y compresión.
- Tener siempre prevista y preparada una vía de escape.
- No dejar un árbol enganchado en el bosque sin señalizar el peligro.

## Abatimiento mecanizado

Desde fines del siglo XX, diversas máquinas han venido reemplazando a la motosierra para realizar las tareas relacionadas con la ejecución de la componente corta, especialmente en operaciones de aprovechamiento de gran escala llevadas a cabo en plantaciones pertenecientes a grandes empresas. Debido a la imposibilidad de invertir en costosas máquinas modernas y a razones relacionadas con la productividad y los costos operativos, sólo productores y contratistas relativamente pequeños, y propietarios de superficies boscosas que aprovechan pocas hectáreas al año, continúan hoy utilizando la motosierra para efectuar el apeo, el desrama-  
do y el trozado.

Ya hacia finales de la década de 1970, varias compañías forestales en Estados Unidos y Canadá llevaban a cabo el abatimiento con máquinas de gran tamaño. Esta tendencia a la mecanización en el aprovechamiento forestal ha crecido notablemente en los últimos cuarenta años y en la actualidad se observa un uso cada vez más generalizado de máquinas que reemplazan a la clásica y popular motosierra. La misma situación se encuentra hoy en día en Europa y también en otros países como Nueva Zelanda, Australia, Sudáfrica, Brasil, Chile, Uruguay y Argentina, donde gran parte de las plantaciones se aprovechan por medio de máquinas especializadas. En realidad, la mecanización en esos países comenzó en la década de 1990.

En nuestro país se introdujeron máquinas para ejecutar la corta y la extracción a mediados de los años 1990, y su uso ha ido creciendo considerablemente hasta el presente. En las provincias de Misiones, Corrientes

y Entre Ríos es bastante común ver actualmente varias de las máquinas que se describirán en los párrafos que siguen.

#### LAS CIZALLAS DE CORTE – RESEÑA HISTÓRICA

Al principio, todas las máquinas empleadas para el abatimiento eran del tipo cizalla y constaban de una cuchilla pivotante accionada por un cilindro hidráulico horizontal contra una barra metálica fija, o de dos cuchillas que se cerraban, también hidráulicamente, en sentidos opuestos. Las cuchillas eran generalmente biseladas y actuaban como una cuña que penetraba la madera para voltear el árbol hacia un lado u otro de la máquina, con un movimiento similar al de unas tijeras. El implemento estaba montado sobre la parte frontal de un tractor a orugas o de una motoarrastradora con neumáticos, y, por medio de un cilindro hidráulico, se lo podía levantar para mover la máquina de un árbol a otro y bajar cuando el dispositivo estaba listo para efectuar el corte. Con la cuchilla retraída, el operador hacía avanzar la máquina hasta el árbol, la posicionaba, bajaba el implemento casi hasta ras del suelo, accionaba el dispositivo hidráulico que ejercía presión sobre la cuchilla y la hacía mover contra la barra fija, y finalmente cortaba el árbol, separándolo del tocón. Por su diseño, estas cizallas tenían la capacidad de realizar un apeo direccional, pero no podía formar grupos o montones con los árboles abatidos pues cortaba uno por vez y lo dejaba caer junto al tocón. Con este tipo de corte mecanizada se ahorraba tiempo y trabajo, se lograba mayor seguridad para el operario, que estaba dentro de la cabina del tractor, y se optimizaba el volumen de cada árbol pues quedaba un tocón muy bajo.

Las cizallas de abatimiento y sus modificaciones posteriores funcionaron aceptablemente bien en terrenos uniformes, llanos o suavemente ondulados, tanto en plantaciones como en montes jóvenes de regeneración natural, con diámetros inferiores a 30 cm, ya sea en raleos o en talas rasas. (En montes nativos de edad más avanzada y diámetros mayores, la motosierra sigue siendo una herramienta insustituible.) Dependiendo de la marca y del modelo, el cabezal tenía la capacidad de cortar árboles de diámetro comprendido entre 40 y 60 cm a la base, y el peso del implemento variaba entre 900 y 2300 kg. En la década de 1980, el precio de una de estas máquinas en Estados Unidos rondaba los 100.000 dólares, que en ese momento se consideraba bastante elevado.

El uso de los cabezales de corte provistos de cizallas o cuchillas tiene un serio inconveniente: provoca daños considerables a la madera, disminuyendo su valor y su posterior rendimiento industrial. En efecto, las cuchillas ejercen presión sobre la madera, las fibras se comprimen, se

deforman y, finalmente, las cuchillas penetran la madera y producen la fractura de las fibras. Las fibras rotas se curvan, se comprimen unas con otras y se forman rajaduras que debilitan la madera, afectando su uso como materia prima para la industria del aserrado o del debobinado (laminado). Las trozas basales de los árboles así apeados deben ser despuntadas (entre 0,60 y 1,20 m) para eliminar la parte defectuosa, con lo cual se incurre en una pérdida de volumen que, en algunos casos, puede llegar al 50 % (Conway, 1976). Como resultado de las investigaciones llevadas a cabo por los fabricantes de estas máquinas, en respuesta a los pedidos de sus clientes, se ha mejorado la tecnología y se han desarrollado nuevos cabezales que permiten cortar los árboles sin que se produzcan rajaduras o roturas en la base del fuste apeado, aumentando así la productividad del abatimiento mecanizado. Las cuchillas fueron reemplazadas por sierras circulares y motosierras.

Entre las mejoras que se le introdujeron a estas máquinas, las más importantes fueron el cambio de cabezal cortante (como se indicó en el párrafo precedente) y la incorporación de brazos de sujeción y acumulación (a modo de grandes pinzas), accionados hidráulicamente, que le permitían al operador agarrar hasta cuatro o cinco árboles cortados (dependiendo del diámetro), levantarlos, llevarlos una corta distancia y ponerlos en el suelo en el lugar que él eligiera, formando pilas o montones para su posterior extracción con una motoarrastradora de garra, la más efectiva en este caso. Estas modificaciones dieron lugar a la aparición de las máquinas modernas que hoy están ampliamente difundidas en el mundo.

Existen dos tipos básicos de máquinas modernas para voltear árboles y prepararlos para ser extraídos de la plantación: la cortadora-apiladora, o taladora-acumuladora (*feller-buncher*), y la cosechadora forestal (*harvester*). En los párrafos siguientes se las describirá suavemente.

#### *La cortadora-apiladora (feller-buncher)*

En inglés, el verbo *to fell* significa derribar, tumbar, voltear; por extensión, cortar, talar; y en particular, cortar o talar un árbol. A su vez, el verbo *to bunch* expresa la acción de agrupar, juntar, amontonar, acumular; formar grupos, manojos, montones o pilas. Por su parte, el sufijo *-er*, formador de sustantivos, indica el agente (persona, animal o cosa), el que realiza la acción del verbo. En este caso, designa a la máquina que realiza la acción de cortar o talar, y a la máquina que efectúa la acción de amontonar, apilar o acumular, respectivamente. De esta traducción surge el término “cortadora-apiladora” que se ha difundido en español. Resulta interesante señalar, no obstante, que, en la Argentina, en particular en la Región Mesopotámi-

ca, se ha generalizado entre los operarios, ingenieros, técnicos y la gente involucrada en la cosecha forestal el uso del nombre apoculado "*la feller*" para referirse a esta máquina.

Una cortadora-apiladora consta de un tractor, que le proporciona movilidad y fuerza motriz, y un implemento que efectúa el corte. El tractor tiene diversas características (según marca y modelo) y está montado sobre ruedas o sobre orugas, mientras que el implemento corta los árboles y los acumula. Para ello la máquina posee un cabezal cortante y un par (o más) de brazos de sujeción, accionados por un mecanismo hidráulico, para agarrar y sostener el árbol. El elemento de corte del cabezal puede ser una motosierra (el más común), una sierra circular, o una cuchilla (poco común hoy en día).

En función de su manera de trabajar, estas máquinas se clasifican en: cortadoras-apiladoras de árbol individual (*tree-to-tree*) y cortadoras-apiladoras "de área limitada" (*limited area*). Las primeras (Fig. 12) están montadas sobre un tractor con neumáticos o con orugas, tienen el cabezal cortante en la parte frontal del tractor, se desplazan hasta cada árbol, lo cortan, lo levantan, lo sostienen en posición vertical, lo llevan hasta el lugar donde formarán (o ya empezaron a formar) la pila o montón, y lo colocan allí para que luego sean sacados del monte por la motoarrastradora de garra. Si el árbol es muy grande y pesado, pero puede ser cortado por el cabezal, el operario lo corta y lo deja caer al lado del tocón para empezar a formar el montón ahí mismo. La mayoría de estas máquinas tienen los brazos de sujeción que le permiten acumular entre dos y seis árboles cortados (dependiendo del tamaño y de la especie) y luego llevarlos y depositarlos en la pila. Los cabezales pueden cortar pinos de hasta 50 cm y latifoliadas de hasta 30 cm de diámetro en la base (Stenzel *et al.*, 1985). Debido a su diseño, deben desplazarse hasta cada árbol y maniobrar para poder apearlo, consumiendo así mucho tiempo. En consecuencia, estas máquinas tienen baja productividad en comparación con las de área limitada. Por eso se las utiliza poco y casi exclusivamente en raleos o en cortas selectivas, en cuyo caso el cabezal está incorporado al chasis de un tractor relativamente pequeño que se puede mover cómodamente dentro del bosque, siempre que el terreno sea uniforme y la pendiente no supere el 20 %. Según Tolosana *et al.* (2004), en los primeros raleos, estas máquinas cortan árboles de 15 cm de diámetro, aunque pueden llegar hasta 25-30 cm.

Figura 12. *Feller-buncher* de árbol individual.



Fuente: Westbrooks, R., Invasive Plant Control, Inc., 2005.

Por otra parte, las cortadoras-apiladoras de área limitada generalmente están montadas sobre tractores a orugas (tipo retroexcavadora) en los que se ha reemplazado la pala (o balde) por el cabezal de corte y las garras o brazos de sujeción, que se instalan en el extremo de la grúa de brazo articulado (Fig. 13). La grúa tiene un radio de giro determinado que, dependiendo del modelo, puede llegar a  $360^\circ$ . Algunos modelos poseen una plataforma giratoria que contiene la cabina para el tractorista, la grúa y el motor. La técnica de trabajo es la siguiente: la máquina se posiciona en un lugar estable a cierta distancia del primer árbol a cortar, y desde allí tala y acumula varios árboles dentro del radio de acción de la grúa. No es necesario que se traslade hasta cada árbol; desde una misma posición del tractor, el cabezal llega a cada árbol por medio de la grúa (cuyo alcance varía entre 6 y 14 m en la mayoría de los modelos actuales), lo agarra por la base con los brazos de sujeción, lo corta y lo coloca en el suelo. Al igual que en el otro tipo de cortadoras-apiladoras, éstas también pueden acumular en sus garras dos o más árboles cortados y luego ponerlos en el suelo for-

mando la pila. Desde una misma posición del tractor, el maquinista realiza su tarea, cortando fajas (cuyo ancho depende del alcance del brazo de la grúa) y amontonando los árboles apeados en pilas situadas a unos 45° con respecto al sentido de avance de la máquina; de esa manera va avanzando por el rodal, abatiendo todos los árboles de cada faja o corredor de trabajo, y dejando las pilas listas para la extracción con una motoarrastradora de garra. El tamaño de la pila (es decir, el número de árboles) debe ser suficiente como para optimizar cada viaje de la motoarrastradora hacia el canchón. Esto depende del tamaño de los árboles apeados, de la potencia de la máquina, de la pendiente, y de las características y el estado del suelo, entre otros factores. Vale la pena recordar aquí que una cortadora-apiladora y una motoarrastradora de garra constituyen el denominado “sistema de árbol entero”, descrito en el capítulo 4.

**Figura 13.** Feller-buncher “de área limitada” Tigercat 845D.



Fuente: USDA Forest Service - Forest Operations Research, 2013.

La productividad de una cortadora-apiladora depende principalmente del tamaño de los árboles y de la densidad del rodal, aunque también in-

fluyen la pendiente, el tipo de corta, el destino de la materia prima y la habilidad del operario. Estas máquinas son adecuadas para tala rasa de árboles de hasta 50 cm de diámetro (Tolosana *et al.*, 2004) en pendientes inferiores al 25 %; no así para raleos y cortas selectivas.

A título ilustrativo, se mencionan algunas marcas de *feller-bunchers* conocidas en el mercado mundial: Bell, Case, Caterpillar, Hydro-Ax, Hyundai, John Deere, Komatsu, Log Max, Prentice, Tigercat, Timbco, Timberjack, Valmet y Volvo. Algunos fabricantes producen el tractor y el cabezal; otros, sólo el tractor. Hay cabezales que se venden por separado; por ejemplo: Barko, Hurricane, Kohering, Log Max, Morbark y Waratah. Los precios de las máquinas nuevas completas son muy variables y dependen de la marca y el modelo, pero pueden encontrarse desde máquinas pequeñas por US\$ 68.000 hasta máquinas de más de US\$ 500.000. Además, existe un enorme mercado mundial de maquinaria forestal usada. Para ofrecer al lector una idea sobre esto, se presentan a continuación los precios de dos *feller-bunchers* usadas, publicitadas por Internet en junio de 2020, con sus respectivas características: Tigercat 720B, 1998, con sierra (disco) circular de 60 cm de diámetro, US\$ 49.900; John Deere 803W, 2017, 1460 horas de uso, US\$ 458.000.

Una de las decisiones que el jefe de cuadrilla o el encargado del equipo de cosecha debe tomar antes de iniciar la corta de un tramo determinado es dónde comenzar a cortar y cuál será el modelo o patrón de abatimiento. Al igual que en el apeo manual, en las operaciones mecanizadas, existen varios patrones de abatimiento, que dependen de la inclinación natural de los árboles, del método silvicultural que se va a aplicar, de las características del terreno y de los sistemas de aprovechamiento disponibles. En primer lugar, se debe decidir en qué lugar del rodal se va a abrir la primera faja, o corredor de corta, y luego qué modelo se abatimiento se va a seguir. Dependiendo de la ubicación de los caminos, la topografía y el número de máquinas que se usen, existen dos modelos o patrones de abatimiento mecanizado: el modelo T y el modelo L. Conway (1976) describe en detalle ambas formas de trabajo y resalta la importancia de la planificación cuando se van a emplear máquinas para efectuar el apeo. Las consideraciones más importantes –sostiene– son minimizar los daños a los árboles y facilitar las operaciones siguientes para maximizar el valor total del rodal que se está aprovechando.

Una vez que se ha efectuado el abatimiento con una *feller-buncher*, existen dos posibilidades para extraer la materia prima del bosque y llevarla hasta un canchón o hasta el borde del camino: sacar el árbol entero, o limpiarlo y sacar el fuste. En el primer caso, se emplea el sistema de árbol entero: una motoarrastradora de garra extrae un número determinado de árboles, dependiendo de varios factores que se analizarán en el capítulo

La otra alternativa consiste en desramar y despuntar con motosierra el árbol que fue apeado con la *feller-buncher* y extraer dos o más fustes con la motoarrastradora de garra, aplicando un sistema de fuste limpio. Una vez en el canchón, o a la vera del camino, se pueden trozar los fustes, cargar las trozas y transportarlas hacia un centro de transformación, o cargar y transportar los fustes hasta la industria. En el primer caso, a los árboles enteros ya extraídos se los procesa en el canchón o al borde del camino, completando así la componente corta. Esa elaboración se puede hacer en forma manual (con motosierra) o mecanizada. Esta última ha sido la modalidad predominante en las últimas décadas, en las que se ha generalizado el aprovechamiento con máquinas altamente especializadas en plantaciones. La más conocida es la cosechadora forestal, o *forest harvester*, cuyas características se describen brevemente en el apartado siguiente.

#### LA COSECHADORA FORESTAL

El verbo *to harvest*, en inglés, significa cosechar o recoger los frutos; en esta instancia, lo que se cosecha o recoge son árboles, producto de una plantación o de un monte nativo. Como se explicó anteriormente, el sufijo *-er* indica el agente; por lo tanto, *harvester* aquí se refiere a la máquina que realiza la acción de cosechar; es decir, una cosechadora. Dado que lo que cosecha son árboles, la denominamos con mayor precisión cosechadora forestal, o *forest harvester*.

Una cosechadora forestal es una máquina que sirve para cosechar árboles. Más específicamente, es una máquina móvil (autopropulsada) multifuncional que apea, desrama, mide, troza, clasifica, despunta y apila los árboles en una plantación o en un monte nativo (menos frecuentemente). Consta de un tractor forestal articulado, montado normalmente sobre cuatro ruedas neumáticas (a veces seis y hasta ocho), o un par de orugas, y una grúa de brazo articulado en cuyo extremo se encuentra un cabezal procesador (Fig.14). A su vez, el cabezal está compuesto por un par de garras de sujeción, un elemento de corte (tipo motosierra retráctil), un par de rodillos de alimentación y las cuchillas desramadoras (en forma de medialunas), como se puede apreciar en la Fig. 15. Este tipo de máquina, llamada *single-grip harvester* en inglés, es la que más se usa actualmente en la mayoría de las operaciones de aprovechamiento mecanizado en el mundo. (Agarra, apea y procesa un árbol por vez pues tiene un solo par de brazos o garras de sujeción; de ahí su nombre en inglés.) Existe en el mercado otra clase de máquina, conocida como *two-grip harvester*, que es capaz de apear un árbol de la misma manera que la que se acaba de describir, con el cabezal de corte ubicado en el extremo de la grúa, mientras

otro dispositivo procesa el árbol apeado sobre una plataforma ubicada en el semichasis trasero del tractor. Puede desramar, medir, trozar y despuntar un árbol ya apeado y, al mismo tiempo, abatir otro árbol, gracias al alcance de la grúa en la que está instalado el cabezal cortante. Posee dos mecanismos de agarre: uno que sujeta al árbol que va a cortar y otro que controla al árbol que va a procesar. Sin embargo, estas máquinas no se utilizan mucho porque son más caras, pesadas y complicadas que las cosechadoras del tipo *single-grip*.

**Figura 14.** Harvester John Deere 1170F.



Fuente: Wikimedia Commons, 2013.

Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com)

**Figura 15.** Cabezal de Harvester.



Fuente: Fotografía propia.

Dependiendo de la marca y del modelo, la cabina para el operario posee todo el confort que un trabajador moderno pueda pretender: estructura protectora rígida, amplia visibilidad, cristales de alta resistencia al impacto, butaca ergonómica giratoria (350°), computadora de a bordo, comandos tipo joy stick, sistema de posicionamiento global (GPS), conexión a Internet (en aquellos lugares donde se dispone de Wi-Fi), comunicación directa y en tiempo real con el centro de acopio de la madera o con la industria que recibirá la materia prima, aire acondicionado, y luces de alta potencia alrededor de la cabina, que permiten que la máquina pueda trabajar también de noche.

Es frecuente encontrar operaciones mecanizadas en las que no se utilizan cosechadoras forestales propiamente dichas, fabricadas expresamente para ese fin. En su lugar se emplean tractores a orugas, tipo retroexcavadora, provistos de un cabezal de corte en el extremo del brazo de la grúa. Son máquinas pesadas, de gran potencia, que tienen un rendimiento aceptable y un precio significativamente menor que la mayoría de las cosechadoras. Por ejemplo, el precio de una cosechadora Timberjack oscilaba entre 300.000 y 350.000 euros en 2002, mientras que una retroexcavadora con un cabezal procesador se podía adquirir por € 210.000 – € 240.00 (Tolosana *et al.*, 2004). Un *harvester* finlandés Ponsse modelo Ergo 6x6, introducido en la Argentina en 2009 por una empresa de Misiones, costaba € 335.000 más impuestos y gastos de nacionalización (Pantaenius, 2011). Esta máquina puede cortar entre 80 y 110 árboles por hora. Por otra parte, una empresa forestal chilena que opera en Misiones compró este año (2021) un *harvester* John Deere 1470E de 255 hp, montado sobre seis neumáticos, por un precio superior a los US\$ 600.000 (De Dío, 2021).

Debido al precio excesivamente elevado de las cosechadoras forestales en la Argentina (resultante principalmente de los impuestos y la cotización desfavorable del dólar estadounidense frente al peso), predomina el uso de máquinas compuestas por una excavadora montada sobre orugas y un cabezal procesador. En la última década, los tractores más comunes de encontrar en la Región Mesopotámica han sido: John Deere, Komatsu (ambos fabricados en Brasil), Caterpillar y Hyundai (De Dío, 2021). Para convertirlos en cosechadoras, se les efectúa una serie de modificaciones que los adaptan mejor al trabajo forestal, y se les acopla un cabezal procesador Waratah (de origen neozelandés), o un Log Max (sueco). Una máquina así modificada recibe el nombre de tractor “forestizado” en dicha región. A modo de ejemplo ilustrativo, mencionamos aquí un equipo de cosecha forestal compuesto por una tractor John Deere 2144G, de 119 kW y 25 t de peso, más un cabezal Waratah 616C, que fue adquirido recientemente por un contratista de Misiones por US\$ 405.000 (De Dío, 2021).

En función de las necesidades de la industria y de las características del rodal que va a aprovechar, el maquinista programa su trabajo con ayuda de la computadora de a bordo, predeterminando los productos que va a obtener, según dimensiones y calidades, pues posee la información necesaria sobre los árboles. Así, prefija las longitudes y los diámetros de las trozas según el destino de la madera: postes, o trozas para debobinar, aserrar o triturar. También debe tener en cuenta la forma de los fustes (rectitud, conicidad y defectos) y emplear su mejor criterio para decidir sobre las características de la materia prima que ha de producir en función de las necesidades de la industria.

Una cosechadora forestal funciona de la siguiente manera: la máquina ingresa en el tramo que será objeto de aprovechamiento, se dirige hacia el primer árbol que va a cortar y se acerca hasta a una distancia aproximadamente igual a la longitud del brazo de la grúa. Desde esa posición, extiende la grúa y coloca el cabezal en la base del árbol, asiéndolo con las garras de sujeción. El operario acciona el mecanismo mediante el cual la motosierra del cabezal corta el árbol casi a ras del suelo (o lo más bajo posible), separándolo del tocón, lo apea y lo coloca en posición horizontal gracias a los brazos de sujeción. Entonces, mediante los rodillos de alimentación, hace mover el árbol ya cortado, mientras las cuchillas van desramando el fuste a medida que éste avanza horizontalmente desde la parte más gruesa (correspondiente a la base del árbol) hacia la más delgada (correspondiente al ápice). Mientras el fuste se desplaza horizontalmente, un dispositivo mecánico, o un sensor óptico, va midiendo la longitud de las trozas que el maquinista quiere obtener, el fuste detiene su movimiento por un instante, la motosierra efectúa el corte de trozado y la troza cae al suelo. Este proceso se repite hasta terminar de procesar el primer árbol. Al final de esto, queda una pila de trozas al lado del tocón, que luego serán extraídas por un tractor autocargador, conformando así un sistema de trozas cortadas a medida. El último corte (despuntado) sirve para eliminar el extremo no utilizable del árbol, inferior al diámetro mínimo comercial, según el producto de que se trate. Si de un árbol se pueden obtener varios productos, el operario efectúa la clasificación de las trozas y las agrupa formando montones distintos. Desde esa misma posición, ya procesado el primer árbol, la máquina repite la misma secuencia de tareas con todos los árboles que queden dentro del alcance del brazo de la grúa. La cosecha se realiza por fajas cuyo ancho es igual al doble del radio de acción del brazo de la grúa. Luego avanza hasta la segunda posición y empieza un nuevo ciclo; y así continúa hasta terminar de cosechar el lote asignado. Al final de la jornada de trabajo, o en cualquier momento, el maquinista, por medio de la computadora de a bordo, puede obtener información sobre el volumen que ya ha cortado y procesado, discriminada por diámetro y

longitud de las trozas, especie y tipo de producto, e imprimirla en papel. Como se puede apreciar, la cosechadora efectivamente ejecuta todos los elementos de la componente corta: apeo, desramado, despuntado, medición, trozado y apilado.

A partir de estudios realizados en plantaciones de *Pinus sylvestris* y de *Eucalyptus sp.*, tanto en raleos como en cortas a tala rasa, Tolosana et al. (2004) publicaron cifras de rendimientos de diversas cosechadoras utilizadas en distintos lugares de España. Estos autores concluyeron que la productividad de dichas máquinas depende principalmente del volumen unitario de los árboles apeados y de la pendiente. Por ejemplo, en un primer raleo de pino silvestre con una cosechadora finlandesa Norcar, apeando árboles de 0,08 a 0,193 m<sup>3</sup> c/c en terrenos con pendientes de hasta 37 %, el rendimiento medio fue de 10,9 m<sup>3</sup>/hora productiva. Por otra parte, una cosechadora Ponsse modelo Ergo 6x6, en una plantación de *Pinus taeda* de trece años en la provincia de Misiones, pudo apear y procesar 15.000 t/mes [40–50 t/h], con 380 horas operativas (Pantaenius, 2011). [En la Región de la Mesopotamia Argentina es común expresar el rendimiento en toneladas por día o por mes pues no se cubican las trozas sino se pesa el camión una vez cargado y listo para dirigirse a la fábrica.] Este último autor sostiene que se justifica comprar una de estas máquinas sólo si se dispone de un gran volumen de madera en pie y se puede trabajar unas 3.000 horas productivas por año.

Cuando se utiliza el sistema de árbol entero, ya vimos que el abatimiento se lleva a cabo con una *feller-buncher* y la extracción, con una motoarrastradora de garra. Veamos ahora cómo continúa el aprovechamiento una vez que los árboles apeados, enteros, están en el canchón o al borde del camino. Corresponde ahora ejecutar los demás elementos de la primera componente del sistema.

En las operaciones mecanizadas, es la cosechadora la que efectúa las demás tareas necesarias para preparar la materia prima: desramado, medición, trozado, despuntado y apilado. En el canchón, o al borde del camino, esta máquina procesa los árboles que ya han sido abatidos y extraídos, convirtiéndolos en trozas que luego se podrán cargar y transportar hacia una industria de transformación de la madera. En tal situación, la máquina actúa entonces como una *procesadora* de árboles apeados. Éste es precisamente el nombre con el que normalmente la designan las personas que se desempeñan en el ámbito del aprovechamiento forestal en la Región Mesopotámica. Cuando un ingeniero, técnico o trabajador forestal se refiere a ella, emplea el término *procesadora*, aun cuando la máquina realice también el apeo. En breve: ellos llaman procesadora a la cosechadora forestal. También la denominan “*la harvester*”.

Una procesadora elabora los árboles apeados independientemente de la forma en que se haya efectuado el abatimiento. Si éste se hizo con motosierra o con *feller-buncher* y luego se sacaron los árboles (generalmente por arrastre) hasta un espacio abierto, la procesadora trabaja sobre cada árbol individual y lo convierte en trozas que quedan allí apiladas, o acomodadas en forma más o menos ordenada, listas para ser cargadas y transportadas. En cualquier caso, la procesadora completa la ejecución de la componente corta. Varias empresas de cosecha forestal emplean esta modalidad de trabajo en las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos, tanto en raleos como en cortas finales.

La procesadora entra a la plantación para procesar árboles que se abatieron y dejaron allí sólo si hay espacio para trabajar con comodidad y seguridad, y si se dispone de suficiente volumen de árboles apeados como para justificar su empleo. Por lo general hay poco espacio y volumen insuficiente. Lo más común es que trabajen en un espacio abierto fuera de la plantación por razones de operatividad y seguridad.

Si bien el uso de la cosechadora forestal presenta ventajas indiscutibles tanto en el aspecto tecnológico como en el económico, también acarrea algunos inconvenientes. Los rodillos, comúnmente con puntas o púas metálicas, causan daño a la madera debido a la gran presión que ejercen sobre el fuste al girar para hacerlo pasar por las cuchillas desramadoras. Por ello se debe tener mucho cuidado cuando se desea obtener madera para laminar o aserrar, especialmente si se está aprovechando pino, especie susceptible a la mancha azul. Por otra parte, durante el desramado, a veces se elimina también parte de la corteza debido a una excesiva presión de las cuchillas sobre el fuste, lo que facilita la entrada de hongos de los géneros *Ceratocystis* y *Alternaria*, que provocan la mancha azul en la madera de algunas especies del género *Pinus*. La falta de personal calificado para manejar máquinas tan sofisticadas, con sistemas mecánicos, hidráulicos y electrónicos complejos, también suele ser un inconveniente para el empresario que está dispuesto a mecanizar sus operaciones. Para paliar esa dificultad, debe brindar a los potenciales operadores la capacitación y el entrenamiento necesarios para que puedan realizar su tarea en forma competente y segura. Por último, se debe señalar que a veces las cosechadoras forestales no se adaptan bien a las condiciones fisiográficas y climáticas del lugar donde se las utiliza (Tolosana *et al.*, 2004).

### *Ventajas del abatimiento mecanizado*

Sin dudas, el abatimiento mecanizado presenta numerosas ventajas sobre el tradicional apeo con motosierra, especialmente cuando se utilizan cosechadoras forestales. Entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

- Aumenta considerablemente el volumen total por hora y jornada de trabajo.
- El costo de apeo y elaboración por unidad de volumen es, por tanto, mucho menor.
- También aumenta el rendimiento de la extracción y se facilita esta operación gracias a la orientación de los árboles abatidos en el terreno.
- En consecuencia, el costo unitario de extracción es menor pues una máquina saca pilas o grupos de árboles apeados en vez de árboles individuales.
- Es posible clasificar los árboles apeados y las trozas según su destino industrial. (Eventualmente, también se los podría separar por especie, en el caso de un bosque nativo en un país escandinavo, por ejemplo.)
- Cuando se emplean *feller-bunchers*, la extracción con motoarrastradoras de garra resulta más eficiente.
- La elaboración (desramado, despuntado y trozado) de los árboles abatidos es notablemente más rápida, fácil y efectiva, además de ser mucho más económica.
- Se aprovecha mejor el volumen de cada árbol pues se dejan tocones más bajos.
- Se puede hacer trabajar la máquina en dos o tres turnos diarios y optimizar así su utilización. (A diferencia de un motosierrista, una cosechadora o una *feller-buncher* puede trabajar muchas horas por día ¡pues no se cansa!).
- Al estar dentro de la cabina de la máquina y no en el suelo, el operario está protegido y, por tanto, trabaja con mayor seguridad que un motosierrista.
- Dentro de ciertos límites razonables, el trabajo de una máquina es prácticamente independiente de las condiciones meteorológicas y de la hora del día; puede trabajar con lluvia, nieve, calor o frío extremo, viento, de día o de noche.

Las ventajas del abatimiento mecanizado son evidentes. Sin embargo, el uso de máquinas para apear y elaborar los árboles también tiene sus desventajas, siendo las más importantes el elevado precio de adquisición y el

rango limitado de diámetros que se pueden cortar y procesar. Además, los costos de mantenimiento y reparación son altos y, en muchos casos, resulta difícil conseguir repuestos en la zona donde se está trabajando. Por otra parte, no siempre se dispone de técnicos especializados para efectuar reparaciones. Por ello se deben tener en cuenta estos aspectos antes de tomar la decisión de mecanizar las operaciones y comprar una de estas máquinas.

### Desramado de los árboles apeados

Dependiendo del sistema de aprovechamiento elegido, a los árboles abatidos manualmente se les elimina las ramas en el monte, en el canchón, o a la vera del camino. A esa tarea, que normalmente se realiza con motosierra, la puede ejecutar el mismo operario que hizo el apeo (al pie del tocón, con la misma máquina), u otro obrero con una máquina más chica. Parte del trabajo se puede complementar con un hacha cuando abundan las ramas finas.

Algunos autores aseguran que el desramado es la parte más tediosa y peligrosa en la producción de materia prima para la industria celulósica (Stenzel *et al.*, 1985). A su vez, los forestales canadienses consideraban que el desramado era su problema principal en el aprovechamiento forestal, y por eso realizaron grandes esfuerzos para desarrollar desramadoras productivas a fin de eliminar las ramas de árboles pequeños.

Excepto cuando se emplea el sistema de trozas cortadas a medida, las actividades que siguen al abatimiento se llevan a cabo preferentemente fuera del rodal. Los árboles apeados, ya sea con motosierra o con *feller-buncher*, se extraen con moto-arrastradora hasta un espacio abierto o hasta el borde del camino, y allí se los desrama, mide, troza y apila. Por lo general, el desramado y el trozado se llevan a cabo con motosierra. Para eliminar ramas pequeñas a veces también se utiliza el hacha como herramienta manual accesoria. Independientemente del producto que se quiera obtener, es difícil realizar esas tareas dentro del rodal, especialmente si se trata de un monte nativo, debido a una serie de obstáculos que generan inseguridad e incomodidad, tales como ramas, tocones, árboles caídos o en pie, piedras, montículos, huecos, irregularidades del terreno, nieve, o barro. Además, resulta más fácil controlar el trabajo de una cuadrilla dedicada a desramar y trozar, ubicada cómodamente en el canchón, que el de varios obreros diseminados dentro de la unidad de aprovechamiento, que ejecutan casi todos los elementos de la componente corta. Ésa es la forma más conveniente para producir trozas de buena calidad y alto va-

lor comercial. Hasta se pueden clasificar y ordenar (apilar) los diversos productos que pueden obtenerse a partir de los árboles apeados, en caso de que exista un mercado para ellos: postes, trozas para debobinar, ase rrar, o triturar (para pasta celulósica), leña, o biomasa para generación de energía. Por otra parte, es más eficiente y económico juntar y sacar varios árboles enteros (con una motoarrastradora de garra) en vez de trozas de longitudes diversas.

A pesar de las ventajas mencionadas, en las operaciones de cosecha manual se sigue desramando y trozando dentro del bosque. Existen diferentes razones para eso: costumbre o resistencia al cambio, limitaciones en el equipo de extracción, restricciones impuestas por el dueño del bosque o por la legislación vigente, gran volumen de madera no comercial para llevar al canchón, demasiados residuos vegetales para acumular allí (en particular cuando se aprovechan latifoliadas), y daños a los árboles remanentes y al suelo.

Hay situaciones en las que no se desraman ni trozan los árboles abatidos. Cuando se hacen raleos sistemáticos a pérdida, o cuando se corta a tala rasa un rodal de bajo volumen y calidad que luego se va a reforestar, se extraen todos los árboles apeados, enteros, por medio de una motoarrastradora de garra, hacia un canchón situado estratégicamente dentro del monte, y se los procesa por medio de una máquina astilladora allí instalada, que tritura todo ese material y lo convierte en astillas o *chips*. Por medio de una manga, esta máquina carga las astillas en un camión tipo furgón que las transportará luego hacia un centro de transformación donde se las utilizará para producir pasta celulósica o para generar energía. De esta manera, se puede obtener productos de aplicación industrial a partir de materia prima de escaso valor comercial. Existe en la actualidad una tendencia creciente a utilizar este sistema de astillado total en el monte, especialmente para generar electricidad; es decir, energía a partir de la biomasa forestal. En la Región Mesopotámica, precisamente en la zona de influencia de la ciudad de Virasoro, provincia de Corrientes, se ha empezado a forestar recientemente con *Eucalyptus grandis* para destinar todo ese material a una planta generadora de energía de biomasa que se está instalando allí. Se prevé la instalación de una segunda planta similar en una zona cercana a la ciudad de Santo Tomé, en la misma provincia.

El desramado también se puede realizar con desramadoras mecánicas, de las cuales existen numerosas marcas y modelos que se utilizan principalmente en bosques nativos de Estados Unidos y Canadá (Simmons, 1979; Stenzel *et al.*, 1985). También vale la pena mencionar aquí un método mecánico muy sencillo, empleado en el Sur de los Estados Unidos para desramar pinos, que consta de una motoarrastradora de garra y una estructura fija de hierro, denominada reja desramadora, o “portón” des-

ramador (*limbing gate* en inglés), que se describirá en el capítulo 9. Sin embargo, debido al advenimiento de las cosechadoras forestales, el uso de estas desramadoras de fabricación casi “casera” no se ha generalizado en el mundo. Además, la tendencia creciente a la mecanización del aprovechamiento forestal hace que cada vez sea más común utilizar el sistema de trozas cortadas a medida (*cut-to-length*), con *harvester* y *forwarder*, cuando se cosechan bosques cultivados. No obstante, en montes nativos, la motosierra resulta insustituible para eliminar las ramas de los árboles apeados y seccionar el fuste en trozas de diverso tamaño.

Las técnicas de desramado manual se pueden encontrar en las mismas fuentes bibliográficas que se citaron al desarrollar el tema “Abatimiento manual”. En los párrafos que siguen sólo se expondrán los principios básicos y lineamientos generales para esas prácticas.

Aunque generalmente se usa la misma motosierra para todas las tareas, es preferible emplear una más pequeña, de menor potencia, para quitar las ramas. Si un mismo obrero apea y desrama, seguramente usará la misma máquina. En cambio, los que desraman en el canchón deberían elegir una más liviana para cansarse menos pues esa tarea es extenuante al cabo de varias horas de trabajo. No obstante, raramente se usan máquinas más chicas para elaborar el árbol apeado. Ocurre que en el canchón se realizan tres actividades con la motosierra: desramado, despuntado y trozado. Por tanto, si se cortan árboles de diámetro grande ( $\geq 30$  cm), conviene usar una máquina que permita hacer todo el trabajo eficientemente.

Es más rápido y barato juntar y sacar del rodal árboles enteros en vez de trozas cortas. La tarea de supervisión de los operarios también es más fácil en un espacio abierto que dentro del bosque, donde los trabajadores están distribuidos en una superficie grande. Cuando el desramado y el trozado se hacen en el canchón, se pueden emplear cuadrillas que realicen solamente esa tarea, con lo que se obtienen mejores resultados, generalmente a un costo menor por unidad de volumen. Un buen trozado, precedido de un desramado prolífico, da como resultado trozas de buena calidad y mayor valor en el mercado.

Habitualmente, el operario empieza a desramar desde la base del árbol abatido y avanza hacia el ápice, cortando todas las ramas que puede y que están a su alcance a medida que avanza. Al llegar a la parte del fuste cuyo diámetro es el mínimo utilizable (que depende del tipo de producto a que se destinará la materia prima), procede a seccionarlo transversalmente, eliminando así el raberón. A esa tarea se denomina despuntado (eliminación de la punta). Es lo que sucede cuando se aprovechan coníferas. En el caso de latifoliadas que se destinarán a la producción de madera para aserrar o debobinar, se efectúa el “descopado” (eliminación de la copa), que consiste en seccionar el fuste unos centímetros antes del lugar donde se

insertan las primeras ramas. El resto del árbol podría eventualmente destinarse a otros usos. En la Región Mesopotámica, dicho diámetro mínimo generalmente varía entre 5 cm (pulpable) y 14–15 cm (aserrable). Terminado el desramado, a veces conviene dejar las ramas en el monte para que eventualmente se descompongan e incorporen al suelo, o bien juntarlas, apilarlas y quemarlas en un sitio apropiado. Ello dependerá de cada situación particular, de las políticas de la empresa, o de las exigencias del dueño del monte. Dada la tendencia actual a generar energía a partir de la biomasa, los restos de la corta cada vez tendrán mayor aplicación por parte de la industria, y se logrará así la utilización integral de cada árbol cortado.

Cuando se trabaja en terrenos con pendiente, por razones de seguridad conviene que el obrero se ubique en la parte alta y desrame primero la cara opuesta y la cara superior del tronco, usando éste para proteger sus piernas; es decir, el tronco queda entre la espada de la motosierra y las piernas del operario. Sea cual fuere el tipo de terreno, el motosierrista debe ser sumamente cuidadoso cuando corte las ramas que están más cerca de su cuerpo. Para mayor seguridad, debe eliminar las ramas inferiores sólo una vez que haya trozado el fuste y pueda hacer girar las trozas hasta dejar expuestas las ramas aún no cortadas. Éstas se deben cortar al ras o lo más cerca posible del tronco para evitar que queden muñones o restos de ramas que luego puedan causar problemas para acomodar las trozas en el camión o para su transformación industrial.

El desramado manual es una tarea peligrosa. Según Tolosana et al. (2004), el 39 % de los accidentes dentro de la componente corta ocurre durante el desramado, que consume el 48 % del tiempo total utilizado al ejecutar la corta. (Durante el apeo se registra el 19 % de los accidentes, pero este elemento implica sólo el 13 % del tiempo total.) Por eso el motosierrista debe extremar los cuidados al realizar su trabajo, procurando la máxima seguridad, los mínimos riesgos y el óptimo rendimiento. Estos mismos autores proponen tres reglas básicas para el desramado: (a) trabajar con los fustes ligeramente levantados del suelo (50-90 cm), (b) mantener la motosierra sobre el fuste y cerca del cuerpo, (3) usar la motosierra como palanca.

Las técnicas para desramar árboles apeados se pueden consultar en diversos manuales para usuarios de motosierras, libros de texto y videos producidos por los fabricantes de máquinas. En la actualidad también es posible encontrar en Internet (vía YouTube) numerosos videos sobre abatimiento, desramado, trozado y muchos otros temas relacionados con aprovechamiento forestal.

## El trozado de los árboles apeados

El trozado es el cuarto elemento de la componente corta dentro del sistema, después del apeo, el desramado y la medición. Es la tarea que se realiza con el fin de preparar la materia prima para la extracción, excepto cuando se sacan árboles o fustes completos que luego se desraman y trozan fuera del monte. Los españoles emplean el término “tronzado” para referirse a esta tarea.

Se puede definir el trozado como el proceso mediante el cual se corta o secciona un árbol apeado, o un fuste limpio (desramado), para obtener de él segmentos de forma aproximadamente cilíndrica llamados trozas, rolllos, rollizos, o palos. Desde el punto de vista industrial, se podría dar una definición que esté más relacionada con la función de abastecimiento del aprovechamiento forestal, y decir, aunque parezca redundante, que trozar significa cortar un árbol en trozas de longitudes y características adecuadas para un uso final específico. En efecto, una troza para debobinar tiene características y dimensiones diferentes que un rollo para aserrar o un poste para el tendido de líneas eléctricas o telefónicas.

En una sección anterior se explicó el funcionamiento de la cosechadora forestal y se vio que una de las funciones de esa máquina es trozar el árbol apeado después de eliminarle las ramas. Aquí se describirá a continuación el trozado manual.

El trozado manual se hace casi exclusivamente con motosierra, y en la mayoría de los casos con la misma máquina con que se hizo el apeo. Como sucede con el desramado, se puede llevar a cabo en el monte o fuera de él, dependiendo del sistema que se emplee. Debido al uso generalizado de los sistemas de árbol entero y de fuste limpio, cada vez es más común trozar en el canchón, al borde del camino, o incluso en la playa de la fábrica, y menos frecuentemente en el monte.

Para hacer correctamente su trabajo, el motosierrista debe poseer una serie de conocimientos sobre la materia prima que se necesita obtener. Si además tiene experiencia previa, estará aún mejor calificado. Aparte de saber cómo efectuar los cortes y aplicar cuidadosamente las técnicas apropiadas, maximizando su propia seguridad, el operario encargado de realizar el trozado debe conocer los diferentes tipos de productos que se pueden obtener a partir del fuste que debe procesar, sus dimensiones y características (diámetro, longitud, defectos, calidad) para los diversos usos, y los márgenes de tolerancia que la industria considera aceptables. Para esto no basta la experiencia; se requiere capacitación e instrucciones claras y precisas. Eso es responsabilidad del empleador. En cambio, hacer un buen trabajo es responsabilidad exclusiva del motosierrista.

Un trozador inteligente y capacitado sabe exactamente a qué se destinarán (o se pueden destinar) las trozas que él obtendrá, su valor relativo en el mercado y las especificaciones establecidas por quien compra la madera o por la industria que la utilizará. Esto incluye: especies, diámetros, longitudes, defectos (podredumbres, nudos, tortuosidad), y hasta el ritmo de crecimiento. Si un árbol apeado es apto para varios productos, el operario procurará obtener el máximo volumen del producto de mayor valor comercial, que generalmente proviene del segmento basal o primera troza. Dará preferencia a las trozas aptas para debobinar, luego cortará trozas para aserrar en sus diversas medidas, y por último obtendrá paños para la industria celulósica, de la parte del fuste que no satisfaga las especificaciones de los productos más valiosos. Si también hubiese demanda de postes, el trozador seccionará el fuste procurando optimizar el rendimiento y el valor. En caso de disponer de una astilladora móvil en el canchón, se podría destinar el resto del material leñoso a la producción de *chips* para generación de energía o para pasta celulósica (previo descorteza), según la especie de que se trate. De lo contrario, una vez que se sacaron las trozas de mayor valor, se podría tratar de obtener, a partir del material leñoso remanente, productos tales como leña, postes para alambrados, o rodrigones. Esa tarea estaría a cargo de otro obrero, no del mismo que efectúa el trozado.

Lo que se acaba de describir es lo que sucede cuando se realiza la corta final en un monte nativo y existe un mercado para los diversos productos que se pueden elaborar a partir de esa materia prima. En cambio, cuando se aprovechan plantaciones, éstas por lo general están destinadas a un fin único; en consecuencia, la corta final se hará teniendo en mente sólo ese tipo de producto. No obstante, hay empresas que clasifican y separan las trozas para destinarlas a fines diferentes.

Lo primero que debe hacer el motosierrista encargado del trozado es evaluar el fuste y medirlo para determinar las longitudes de las trozas que se destinarán a los diferentes productos, más un margen de tolerancia adecuado para cada uno. La tolerancia varía mucho, dependiendo del tamaño de las trozas, del producto a obtener, de las cláusulas contractuales, de las necesidades de la fábrica y de las condiciones y costumbres locales. Por ejemplo, en muchos aserraderos de Estados Unidos se acepta normalmente entre tres y seis pulgadas de tolerancia por cada dieciséis pies de longitud (8-16 cm por cada 5 m de longitud). Este aspecto del negocio forestal puede ser una cuestión delicada: tanto una tolerancia excesiva como una insuficiente puede ocasionar pérdidas de volumen y desperdicio de materia prima y del producto elaborado.

En la Argentina existen clases o categorías estándar de trozas para cada producto, lo que se puede ilustrar con un ejemplo más cercano: una

fábrica de tableros compensados de la provincia de Corrientes compra trozas para debobinar de 2,60 m de longitud (con 16 cm de tolerancia) y un diámetro comprendido entre 30 y 70 cm. En un aserradero de esa misma zona, se procesan rollos de pino o de eucalipto de 10, 12 y 13 pies de largo (con un margen de tolerancia de 3 pulgadas) y 20-40 cm de diámetro. [Esto equivale a 2,5; 3,0 y 4,0 m, respectivamente, con 7,6 cm de tolerancia.] Otra empresa forestal de la Mesopotamia usa la siguiente denominación para clasificar las trozas en función del diámetro "en punta fina": laminable (> 30cm), aserrable grueso (25-30 cm), aserrable fino (25-14 cm) y para pasta celulósica o "pulpable" (< 14 cm). Algunos aserraderos de la provincia de Misiones procesan rollos de latifoliadas de monte nativo de hasta 1 m de diámetro y 6 m de longitud.

La clasificación y preparación de las trozas según longitudes, calidades y usos es más efectiva y eficiente en el canchón, donde el motosierrista dispone de mayor comodidad y trabaja más seguro. Además, allí es posible supervisar más fácilmente su trabajo. Una vez clasificadas y cortadas, las trozas se pueden cargar en camiones separados para transportarlas a la fábrica correspondiente. Por ejemplo, un camión llevará trozas para debobinar; otro, rollos para tablas; otro, trozas para durmientes; y otro, madera para pallets. A menudo también se ven camiones que transportan más de una clase de trozas con el fin de optimizar la carga y minimizar los costos. El pago de la mercadería que se entrega se efectúa en base a la cantidad de metros cúbicos o de toneladas que se recibe. Esta discriminación de la materia prima también se puede hacer de manera detallada en la playa de la fábrica, donde la madera se mide (o se pesa) y se clasifica según sus usos y calidades. El comprador abona de acuerdo con las condiciones contractuales establecidas.

Para tener éxito dentro del negocio forestal, el empresario o contratista involucrado en la cosecha debe conocer bien el mercado local e instruir adecuadamente a sus operarios. Como proveedor de materia prima, su principal consideración debe ser satisfacer los requisitos de sus clientes, que pueden variar de una industria a la otra. En ese sentido, las longitudes de las trozas que entrega deben permitir que en el proceso de transformación se consiga el máximo valor por troza. Por su parte, el motosierrista que realiza el trozado debe tener como objetivo obtener de cada árbol el máximo volumen de trozas de la mejor calidad posible. Para lograrlo, deberá tener en cuenta algunas sugerencias, tales como:

- Efectuar los cortes en los lugares donde el fuste presenta la curvatura más marcada; es decir, donde está más torcido. Procurar siempre que cada troza sea lo más recta posible aun en detrimento de la longitud.
- Tratar de agrupar los defectos (nudos, podredumbres, etc.) en una

sola troza, dentro de lo posible. Si están muy dispersos, procurar que los defectos queden en los extremos de cada troza, o cerca de ellos, para que sean eliminados más fácilmente cuando se despunten las tablas obtenidas y para que la pérdida de volumen sea menor. De esa manera el trozador obtendrá trozas de mejor calidad, por las que podría recibir una remuneración extra.

- Los cortes deben efectuarse en forma perpendicular al eje del fuste para que cada troza presente dos secciones transversales uniformes y se pueda medir mejor la longitud.
- Se debe respetar la longitud de trozas especificada por el comprador. Tanto las trozas demasiado largas como las demasiado cortas representan pérdidas serias de madera durante el aprovechamiento y durante la transformación. La longitud correcta es importante desde el punto de vista de la industrialización de la madera, pero también tiene su efecto sobre el transporte de la materia prima a la fábrica pues se deben respetar las reglamentaciones relacionadas con el peso y las dimensiones de la carga. Las trozas de longitudes estándar se pueden acomodar mejor en los camiones. Así se evita que algunos extremos sobresalgan del vehículo de transporte, cuando las trozas exceden la longitud máxima permitida, y que el camionero se haga pasible de una multa por incumplir con la legislación vigente. Por otra parte, si las trozas son más cortas que lo acordado contractualmente, el proveedor de la materia prima sufrirá una quita por no cumplir con las exigencias del comprador. En algunos casos, las trozas cortas hasta podrían llegar a resultar inutilizables.
- Evitar cortar muy cerca de la base de una bifurcación para que no se vea un duramen doble en un extremo de la troza.
- Realizar los cortes teniendo en cuenta las tensiones a que está sometida la madera (compresión y tracción) para evitar daños y rajaduras en las trozas. (Esto se explicará más adelante al tratar las técnicas básicas de trozado).

Un contratista que quiere mantener satisfechos a sus clientes debe cumplir con las especificaciones establecidas por contrato y entregarles siempre trozas de buena calidad. Para lograrlo debe capacitar, instruir y controlar debidamente a los obreros que ejecutan el trozado. Vale la pena recordar que este trabajo se realiza mejor en el canchón que en el monte.

### *Medición y marcación de las trozas*

Ya se vio la importancia de la longitud de las trozas para satisfacer las demandas de la industria. Por eso es fundamental que el motosierrista mida cuidadosamente el árbol apeado (o el fuste limpio) y marque los puntos donde va a efectuar los cortes, dejando siempre un margen de tolerancia aceptable. Se puede reducir al mínimo las pérdidas de madera y obtener mayores ganancias monetarias si se mide con cuidado el fuste y se efectúan las marcas adecuadas. La medición debe ser más precisa cuando se corta madera para aserrar o para desenrollar debido a su mayor valor; no así cuando se trata de madera para la industria celulósica.

Según el producto a que se destinará la materia prima, para medir los fustes se emplean varas metálicas o de madera, con graduaciones estándar o especiales, o con marcas indicadoras de las longitudes más usuales. Es común también usar cintas de medir enrollables y retráctiles de acero o de nylon, conocidas con el nombre de ruletas en la Argentina. Este accesorio casi siempre forma parte del equipo de trabajo del motosierrista, quien la lleva enganchada o acoplada a su cinturón. Algunos modelos vienen de fábrica con un gancho en el extremo anterior para clavarlo en la corteza del fuste o de la troza que se va a medir. En vista de la importancia de la longitud, como se explicó, es el trozador mismo quien efectúa las mediciones, aunque también las suele hacer el obrero que derribó el árbol. En el canchón es frecuente ver un miembro de la cuadrilla de trabajo que mide y marca las futuras trozas, y otro que las clasifica.

Por lo general, la medición comienza en la testa del árbol apeado y continúa hacia el ápice. El operario camina a lo largo del fuste mientras la cinta se va desenrollando automáticamente. Cuando llega a la longitud deseada, se detiene, fija la cinta y hace una marca en la corteza con un hacha (o hachuela), un machete, cualquier otro elemento punzante o cortante, o con la misma motosierra. También se utilizan tizas y crayones de cera (indelebles) para marcar los puntos donde se efectuarán los cortes. Es una práctica aconsejable cuando se quiere maximizar el valor del fuste, examinarlo en toda su longitud mientras se lo mide para detectar alguna irregularidad o situación de potencial peligro. Los puntos de trozado se deben elegir de manera tal de satisfacer las longitudes requeridas y también de facilitar un trabajo seguro.

Medido el fuste en su longitud total y hechas las marcas correspondientes, se lo despunta (o descopa, según sea el caso) con la motosierra, teniendo en cuenta el diámetro mínimo utilizable, que depende de los productos que se vayan a obtener de él y de las exigencias de la industria. En la Argentina dicho diámetro normalmente varía entre 5 y 15 cm, para material pulpable y aserrable, respectivamente. Como se explicó antes, la

longitud de las trozas debe responder no sólo al uso final de la madera sino también al método de extracción que se utilice y a las limitaciones impuestas por el transporte.

#### TÉCNICAS DE TROZADO

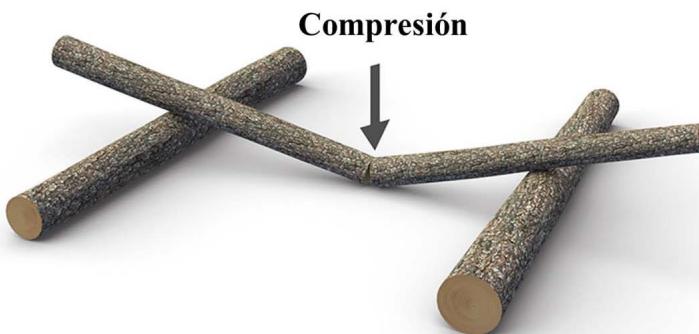
Antes de describir las técnicas de trozado y las diferentes situaciones que puede enfrentar el obrero que lo ejecuta, mencionaremos las variables que influyen sobre esta tarea. Según Stenzel *et al.* (1985), los factores que afectan el trozado son: el tamaño de los árboles, las demandas del mercado, la capacidad de las máquinas (de extracción y de aserrado), restricciones físicas y legales en el transporte, defectos de la madera, y calidad y dimensiones de las trozas.

El trozado ocupa sólo el 4 % del tiempo total empleado en ejecutar la componente corta, y es la tarea con la menor accidentalidad (8 % del total de accidentes) dentro del aprovechamiento (Tolosana *et al.*, 2004). Sin embargo, el operario que realiza el trozado debe velar siempre por su seguridad, evitando situaciones que pongan en riesgo su integridad física, además de obtener de cada árbol el máximo volumen de trozas de la mejor calidad posible. Para lograrlo, debe aplicar ciertas técnicas de trabajo que son propias de esta fase de la preparación de la madera para su posterior industrialización.

Si un árbol, al caer, queda ligeramente levantado del suelo (apoyado en otros árboles apeados, o sobre sus propias ramas, por ejemplo), el motosierrista puede desramarlo y luego trozarlo con mayor comodidad que si estuviese completamente apoyado en el suelo. Además, es menor la probabilidad de que se atasque la espada de la motosierra o que se produzcan rajaduras u otros daños en la madera durante el corte. En primer lugar, el trozador debe procurarse una posición segura, libre de ramas y otros obstáculos, y pararse firmemente, con los pies separados. Si está trabajando en un terreno con pendiente, debe ubicarse siempre en la parte más alta por razones de seguridad pues una troza cortada y separada del fuste podría rodar cuesta abajo. Antes de cada corte, el operario debe observar cómo está apoyado el árbol (ya sea en el suelo, sobre otro árbol, o sobre alguna rama) e identificar alguna de las dos situaciones problemáticas que casi siempre se presentan: cuál lado o cara del fuste está sometido a la compresión y cuál, a la tracción. Si bien algunos autores (Conway, 1976; Stenzel *et al.*, 1985; Dent, 1974; Jepson, 2009; Petro, 1975; Simmons, 1979; Staaf and Wiksten, 1984; Tolosana *et al.*, 2004) analizan otras situaciones que provocan dificultades durante el trozado, aquí sólo se discutirán las dos más frecuentes.

**Situación 1.** Cuando el árbol está apoyado sobre dos puntos, las fibras de la parte superior están sometidas a la compresión como consecuencia de su propio peso (por acción de la gravedad), en tanto que las de la cara inferior están sometidas a la tracción, como se puede apreciar en la Fig. 16. Esto sucede si el árbol cayó en una pequeña depresión del terreno o si, al caer, quedó apoyado sobre otros árboles abatidos o sobre otros objetos (e.g., una troza, un tocón, una piedra grande, etc.).

**Figura 16.** Fuste apoyado sobre dos puntos.



Fuente: Husqvarna Chainsaw Academy, 2019.

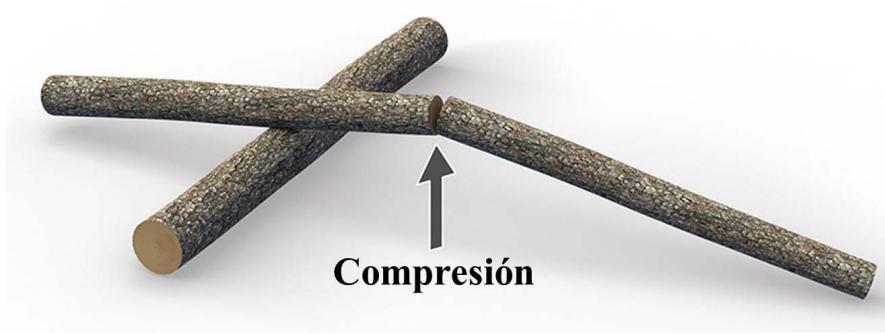
Si se efectúa un corte desde arriba hacia abajo, sin ninguna precaución, llegará un momento en que la espada de la motosierra quedará atascada pues, a medida que se va cortando la madera, el árbol tiende a asentarse en el sentido del plano del corte y las fibras cortadas tienden naturalmente a acercarse entre sí. Esto ocasiona una disminución en el rendimiento del trozador y probables daños a la cadena y/o a la espada de la motosierra. (Lo mismo ocurre, aunque en menor grado, cuando el árbol está apoyado completamente en el suelo). En cambio, si el corte se realiza desde abajo hacia arriba, llegará a un punto en el que la madera empezará a rajarse y astillarse pues las fibras en tensión (tracción) tienden a separarse y alejarse del plano de corte, lo que provoca daños a las trozas y pérdida de valor comercial de las mismas. Esta situación es peligrosa pues las trozas que están siendo cortadas, al rajarse, pueden saltar bruscamente y lastimar o herir al operario.

En la situación que acaba de describirse, la técnica correcta y segura para efectuar el trozado es la siguiente:

- El trozador empieza cortando el fuste por el lado de la compresión, en dirección perpendicular al eje del árbol.
- Avanza hacia abajo, con cadena entrante, hasta un tercio del diámetro aproximadamente, o hasta que siente que la espada de la motosierra comienza a atascarse (al ser apretada por las fibras). En ese momento debe retirar la espada, tirando la máquina en sentido horizontal hacia sí; nunca hacia arriba.
- Luego corta levemente las caras laterales (de atrás y de frente) para liberar las tensiones en esas zonas de transición entre compresión y tracción.
- Finalmente, el operario hace un corte en la zona sometida a la tracción, levantando (tirando) lenta pero firmemente la espada de abajo hacia arriba (con cadena saliente) hasta que nota que el árbol se asienta, lo que indica que la última porción de madera que queda sin cortar está próxima a romperse. Un toque final con la motosierra provocará la ruptura de dicha porción, y la troza se separará del fuste y caerá. Trabajando así, con cuidado, obtendrá una troza limpia y uniforme.
- Puede resultar necesario colocar una o dos cuñas en el corte superior (b) para evitar que la espada quede apretada.
- En síntesis: se empieza por arriba y se termina por abajo.

**Situación 2.** Cuando una parte del árbol apeado cae sobre un objeto sólido, o queda colgado sin apoyo (por ejemplo, sobre una lomada o sobre un árbol abatido que yace en el suelo), se produce la situación opuesta a la descrita anteriormente. Las fibras de la parte superior están sometidas a la tracción y las de la cara inferior, a la compresión, como se puede apreciar en la Fig. 17.

**Figura 17.** Fuste apoyado sobre un punto.



Fuente: Husqvarna Chainsaw Academy, 2019.

En este caso, se recomienda aplicar la técnica que se explica a continuación:

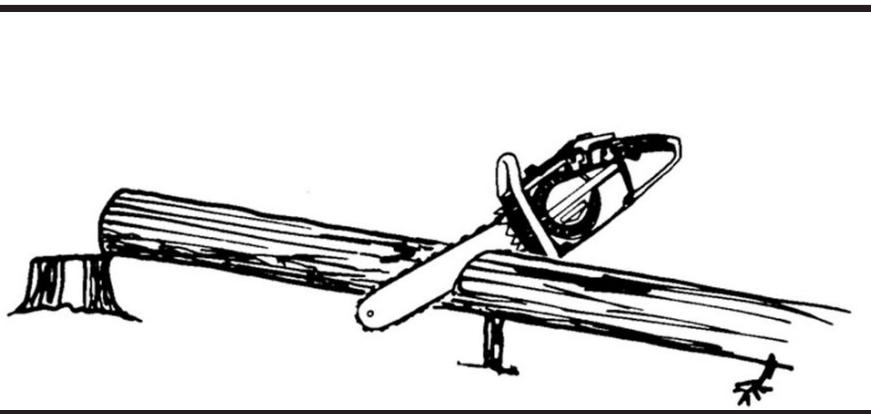
- Realizar el primer corte en la parte inferior del fuste; o sea, en la zona de compresión. (A menudo resulta difícil introducir la espada en esa zona.)
- Avanzar, con cadena saliente, desde abajo hacia arriba, hasta un tercio del diámetro más o menos. En ese momento, o antes, el motosierrista notará la tendencia de la espada a atascarse y, por tanto, la retirará del corte tirando hacia atrás. Si lo considera conveniente, introducirá una o dos cuñas en el corte para evitar que la espada quede trabada.
- Luego cortar levemente las caras laterales (de atrás y de frente) para liberar las tensiones en esas zonas de transición entre compresión y tracción.
- Cortar la zona donde las fibras están sometidas a la tracción, empu-

jando la espada de arriba hacia abajo (con cadena entrante) hasta sentir que es casi inminente la ruptura de la madera que aún está sin cortar. Entonces completar el corte hasta que la madera se rompa y la troza caiga al suelo.

- En síntesis: se empieza por abajo y se termina por arriba.

En ambas situaciones, la regla de oro es: empezar siempre por la zona de compresión y terminar por la de tracción. Así se evitara que la espada se atasque y que la madera se raje, con la consiguiente pérdida de valor de la troza. A veces puede ser necesario colocar algún tipo de apoyo o soporte debajo del fuste antes de comenzar el trozado para disminuir las posibilidades de atascamiento de la espada y evitar que la motosierra entre en contacto con el suelo. Por ejemplo, se puede hacer palanca con un palo de diámetro adecuado, o poner un pedazo de madera para levantar un poco el fuste del suelo, o utilizar un caballete de trozado en el canchón (Fig. 18).

**Figura 18.** Uso de un caballete de trozado para facilitar el trabajo.



Fuente: Simmons, 1979.

Si se desea conocer en detalle los procedimientos que se deben seguir para lograr un trozado seguro y exitoso desde el punto de vista técnico y económico, sugerimos consultar a Conway (1976) y a Stenzel *et al.* (1985), quienes describen paso a paso y en forma detallada la manera correcta de hacerlo.

## Consideraciones finales

- Efectuar el trozado de árboles de diámetro grande resulta más difícil y complicado, pero se deben aplicar las mismas técnicas básicas.
- Si bien es posible realizar el trozado en el monte, en el canchón, al borde del camino, o en la playa de una fábrica, la tarea se ejecuta con mayor seguridad y eficiencia, y se pueden obtener trozas de mejor calidad, si se lleva a cabo en un lugar abierto, trabajando sobre un fuste limpio.
- En un lugar abierto es posible usar algunos dispositivos y accesorios que facilitan la tarea y permiten mayor precisión y mejor control. En la playa de un aserradero, por ejemplo, se utilizan máquinas que hacen pasar el fuste por una sierra fija (tipo motosierra o sierra circular) que lo troza en las medidas deseadas. Existen inclusive máquinas de gran tamaño capaces de trozar todo el contenido de un camión cargado de fustes de una sola vez, cortando desde arriba hacia abajo a intervalos regulares, y obtener así trozas que tengan las longitudes especificadas para un proceso industrial determinado.

Las trozas se pueden apilar en forma manual o mecanizada. Cuando se corta madera para pasta celulósica, el mismo obrero que apea el árbol y elabora el fuste es el que apila las trozas a mano limpia o con ayuda de ganchos o tenazas de distinto tipo. El apilado de trozas para aserrar o debobinar, en cambio, requiere de algún dispositivo que facilite la tarea ya que una de esas trozas es demasiado pesada para ser levantada y movida por una sola persona. Dependiendo del tamaño y el peso de la troza, a veces es posible apilarla entre dos obreros, siempre que deban moverla una distancia muy corta. En esas situaciones, para evitar esfuerzos excesivos por parte de los trabajadores, se debe utilizar alguna máquina apropiada para esa tarea. En la Argentina es bastante común el uso del tractor tri-neumático conocido como *Bell logger* para ese fin, aunque se lo emplea mayormente para cargar y descargar trozas y también para clasificarlas y acomodarlas.

Ya se describió en la sección sobre apeo mecanizado el funcionamiento de la cosechadora forestal. A medida que va trozando el fuste, esa máquina va formando pilas o montones de trozas que luego serán recogidas y extraídas por el tractor autocargador. Por lo tanto, esa máquina también cumple la función de apilado.

## Bibliografía

- Agencia Forestal Sueca. 1982. *La motosierra: Uso y mantenimiento*. Jönköping, Suecia. (Skogsstyrelsen.)
- Bromley, W.S. 1976. *Pulpwood production*. Interstate Publishing Co., Danville, Illinois, USA.
- Christina, D. 2023. *How to Kill a Tree Stump Effectively* [Imagen]. Plantly. <https://plantly.io/plant-care/tips-to-kill-a-tree-stump>.
- Conway, S. 1968. *Timber cutting practices*. Miller Freeman Publications, San Francisco, USA.
- Conway, S. 1976. *Logging practices*. Miller Freeman Publications, San Francisco, USA.
- De Dío, A. 2021. Comunicación personal. Indufor, Puerto Rico, Misiones, Argentina.
- Dent, D.D. 1974. *Professional timber falling*. Ryder Printing Co., Portland, Oregon, USA.
- F.A.O. 1980. *Motosierras en los bosques tropicales*. Colección FAO: Capacitación N.º 2, FAO, Roma.
- Husqvarna Chainsaw Academy. 2019. Cómo realizar una muesca direccional. [chainsawacademy.husqvarna.com](https://chainsawacademy.husqvarna.com).
- Jepson, J. 2009. *To fell a tree*. Beaver Tree Publishing, Longville, Minnesota, USA.
- Pantaenius, P.M. 2010. Manual de aprovechamiento forestal. Manual N° 10, CIEFAP, Esquel, Chubut, Argentina.
- Pantaenius, P.M. 2011. Sistemas de aprovechamiento forestal y temas relacionados. Rúcula Libros, Buenos Aires.
- Petro, F.J. 1975. *Felling and bucking hardwoods*. Canadian Forestry Service, Ottawa, Canadá.
- Simmons, F. 1979. *Handbook for Eastern timber harvesting*. U.S. Forest Service, Broomall, Pennsylvania, USA.
- Staaf, K.A.G. and N.A. Wiksten. 1984. *Tree harvesting techniques*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands (Holanda).
- Stenzel, G., T.A. Walbridge, Jr., and J.K. Pearce. 1985. *Logging and pulpwood production*. John Wiley & Sons, New York.
- Tolosana, E., V.M. González y S. Vignote. 2004. *El aprovechamiento maderero*. Fundación Conde del Valle de Salazar – Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- United States Department of Agriculture, Forest Service. 2013. *Thinning a loblolly pine (Pinus taeda) plantation with a swing-to-tree feller-buncher* [Imagen]. Forestry Images. <https://www.forestryimages.org/browse/image/5496119>.

- Wackerman, A.E., W.D. Hagenstein, and A.S. Michell. 1966. *Harvesting timber crops*. McGraw-Hill Book Co., New York.
- Westbrooks, R., Invasive Plant Control, Inc. 2005. *Harvesting* [Imagen]. Forestry Images. <https://www.forestryimages.org/browse/image/5331052>.
- Wikimedia Commons. 2013. *Harvester John Deere 1170E* [Imagen]. Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Harvester\\_John\\_Deere\\_1170E.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Harvester_John_Deere_1170E.JPG).

## Capítulo 8

# Extracción o transporte primario

También conocida como transporte primario, transporte menor, saca o desembosque (en España), o madereo (en muchos países de América Latina), la extracción es la segunda componente de un sistema de aprovechamiento forestal. Puede definirse como “el conjunto de operaciones o actividades necesarias que se realizan en el monte o en la plantación, para mover o trasladar la materia prima forestal desde el pie del tocón hasta el canchón (cancha, playa, playón o cargadero), o hasta el borde del camino”, donde luego será colocada sobre un vehículo para su posterior transporte hacia un punto de transferencia o un centro de transformación.

CORTA → EXTRACCIÓN → CARGA → TRANSPORTE

Dependiendo de numerosos factores, la materia prima se puede sacar del monte de diversas maneras, lo que da lugar a los siguientes métodos de extracción:

- POR GRAVEDAD: deslizadoras.
- POR ARRASTRE:
  1. Tracción a sangre: a) fuerza humana.  
b) animales de tiro.
  2. Fuerza motriz: a) tractores agrícolas.  
b) tractores agrícolas modificados.  
c) tractores forestales → motoarrastradoras.
- FORWARDING: con *forwarder* (tractor autocargador).
- POR SUSPENSION:
  1. Cables.
  2. Globos aerostáticos.
  3. Helicópteros.
- OTROS: “rodeada”, extracción con sulky (arco de madereo).

### **Extracción por gravedad**

Esta forma de extracción implica el uso de la fuerza de gravedad para mover trozas cuesta abajo. Se lleva a cabo por medio de dispositivos conocidos como deslizadoras, deslizaderas o lanzaderos (*chutes*, en inglés), que consisten en especies de canaletas construidas con rollizos, por las que descienden las trozas en plano inclinado. Este es uno de los métodos más antiguos para mover madera en bosques de montaña. Su uso estuvo muy difundido en bosques de Europa Central y de América del Norte desde fines del siglo XIX, pero dejó de usarse a comienzos de la década de 1930, cuando aparecieron los primeros tractores para sacar rollos o trozas del monte (Gasser and Hartsough, 1988). A principios de los años 1970 renació el interés por las deslizadoras en Europa, pero construidas con otros materiales en vez de madera. Algunos productores de Austria, Alemania, Turquía y la República Checa se hicieron eco de la idea y reintrodujeron este efectivo y económico método de extracción, utilizando tubos o canaletas de polietileno, fibra de vidrio, o aluminio (FAO, 1985; Eroglu *et al.*, 2007). También en Sudáfrica se usaron caños de PVC cortados longitudinalmente (con la sección transversal en forma de U) para sacar trozas de eucalipto para pasta celulósica en terrenos con pendientes pronunciadas (FAO, 1985).

El uso de las deslizadoras depende de la pendiente, la rugosidad del terreno y el tamaño de las trozas (Anaya y Christiansen, 1986). Su empleo efectivo exige que se cumplan ciertas condiciones, tales como: (a) pendiente uniforme mayor de 30 %, uniforme o ligeramente rugosa; (b) distancia máxima de 500 m; (c) trozas con un peso máximo de 500 kg; (d) canchón grande en el punto de llegada; (e) camino en la parte baja del terreno. Son simples de construir, económicas y especialmente aptas para plantaciones.

### **Extracción por arrastre**

En este método de extracción, el material que se extrae está en contacto con el suelo en todo su recorrido desde el monte hasta el canchón. Se utiliza tracción a sangre o alguna forma de fuerza motriz.

## TRACCIÓN A SANGRE

La materia prima se puede extraer manualmente o por medio de animales de tiro.

### EXTRACCIÓN MANUAL

Se emplea para mover trozas para pasta celulósica desde el pie del tocón hasta un claro en el bosque, o hasta el borde de una picada o vía de saca menor, donde se las apila para su transporte posterior. Su empleo está limitado por la topografía (pendiente), el tamaño de las trozas y la distancia de extracción, que no debería superar los 50 m por razones ergonómicas, fisiológicas y económicas. En muchos países del mundo se sacan trozas manualmente. Un ejemplo citado por la bibliografía es el sistema "kuda-kuda", usado en Malasia, Indonesia y Myanmar (FAO, 1983).

### EXTRACCIÓN CON ANIMALES DE TIRO

A pesar de la creciente mecanización del aprovechamiento forestal, aún hoy es común extraer la materia prima del bosque por medio de animales, tales como bueyes, caballos y mulas. En muchos países también se usan burros para sacar y transportar leña, y elefantes para extraer trozas en la India, Pakistán y otros países asiáticos (FAO, 1996). En general, la capacidad de arrastre disminuye cuando aumentan la distancia, el tiempo y la velocidad. La principal ventaja de los animales es su bajo costo y el menor daño que causan al suelo.

Los bueyes tienen una vida útil de diez años y una capacidad de tiro de hasta 125 kg para una distancia máxima de 100 m, y aumenta si disminuye la distancia de extracción (Anaya y Christiansen, 1986). Estos animales trabajan casi siempre en yunta, unidos por una pieza de madera denominada yugo. Una yunta de bueyes puede trabajar en terrenos blandos y fangosos y bajar pendientes de hasta 45 %. En la región cordillerana de las provincias de Río Negro y Chubut se extraen rollizos de lenga (*Nothofagus pumilio*) y ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) por arrastre con una yunta de bueyes, o con los dos bueyes más un sulky o arco de madereo (Pantaenius, 2010). En las operaciones de raleo de *Pinus radiata* en la Patagonia también se sacan trozas por arrastre, pero con un solo buey. En Chile es tradicional la extracción de rollizos con una yunta de bueyes (Pantaenius, 2004). Además, hemos observado extracción de rollos de raulí (*Nothofagus nervosa*) cerca de San Martín de los Andes, provincia de Neuquén, y de trozas de *Pinus elliottii* cerca de Garruchos, provincia de Corrientes.

La fuerza de tracción de los caballos es equivalente a la mitad de su peso, pero disminuye con la velocidad y la distancia recorrida. Estos animales son más activos, rápidos e inteligentes que los bueyes, y soportan bien el frío. En algunas zonas frías de Estados Unidos (Nueva Inglaterra y Región de los Grandes Lagos) y en el Este de Canadá se usaron caballos para la extracción de trozas durante muchos años, hasta que la mecanización empezó a reemplazar a los animales. Sin embargo, esta modalidad de trabajo se emplea en raleos efectuados en predios pequeños (Stenzel *et al.*, 1985) donde resultaría muy costoso el uso de maquinaria.

Las mulas tienen características similares a los caballos, pero tienen ciertas ventajas sobre aquéllos. Son muy eficientes en climas cálidos, se excitan menos, son menos exigentes con la alimentación, y tienen un costo inicial menor. Si trabajan una semana y descansan otra, su rendimiento es mayor, pudiendo trabajar hasta quince años, en vez de diez sin descanso. En terreno llano y sin obstáculos, una mula extrae, en promedio, 6 m<sup>3</sup> por día en distancias de hasta 100 m (Anaya y Christiansen, 1986).

La extracción de madera con animales sigue siendo una alternativa conveniente en muchos lugares del mundo por razones económicas y ambientales (FAO, 1996), especialmente en raleos o en el aprovechamiento de madera para pasta celulósica. Los animales compactan menos el suelo y causan menos daño a los árboles remanentes que las máquinas. La eficiencia de este método depende de varios factores, tales como: la pendiente, la superficie del suelo, el tamaño de las trozas, la distancia de arrastre y el espaciamiento de las vías de saca (Stenzel *et al.*, 1985). Los mejores resultados se obtienen en pendientes moderadas (hasta 20 % cuesta abajo y 10 % cuesta arriba), con una superficie más bien suave y uniforme, trozas no muy grandes, y distancias cortas de extracción (hasta 150 m cuesta abajo).

Para facilitar la extracción por arrastre, en algunos países se utilizaron diversos accesorios, entre los que se pueden mencionar: sulky o arco de madereo, ruedas de saca, pala de arrastre, y trineo. En Chubut, Argentina, se ha usado a escala experimental un sulky, construido en el Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales Andino-Patagónico (CIEFAP), que sirve para complementar el arrastre realizado por bueyes (Pantae-nius, 2010). Con esta máquina sencilla se han obtenido resultados satisfactorios en la extracción de rollos de lenga, ciprés de la cordillera y pino radiata, pero ya no se la utiliza más. Existen modelos similares desarrollados en Alemania, Finlandia, México y Perú (Heikkilä, 1988; Acevedo, 1997).

#### FUERZA MOTRIZ

La extracción se realiza principalmente en forma mecanizada, por medio de diversos tipos de tractores. Si bien en muchos lugares se emplean

tractores agrícolas para sacar madera del monte, las máquinas más adecuadas son los tractores forestales, diseñados específicamente para este tipo de tarea. En Tabla 1 se presenta una comparación entre ambos tipos de tractores.

**Tabla 1.** Diferencias entre tractores agrícolas y forestales

Tractores agrícolas	Tractores forestales
Un chasis rígido y rectangular	Dos chasis articulados
Dos ruedas delanteras chicas y dos ruedas traseras grandes	Cuatro ruedas grandes e iguales. (También seis y ocho ruedas grandes.)
Transmisión en eje trasero	Transmisión en ambos ejes
Sin pala de topar o frontal	Con pala de topar
Distribución del peso de la máquina: 1/3 en eje delantero 2/3 en eje trasero	Distribución del peso de la máquina: 2/3 en eje delantero 1/3 en eje trasero
Dirección delantera	Sin dirección delantera; ruedas fijas; se articulan los chasis
Sin protección en las ruedas traseras	Con protección en ruedas traseras
Sin arco integral	Con arco integral
Sin cabina o cabina sencilla	Con cabina protectora reforzada
Generalmente asiento fijo	Con asiento giratorio
Potencia del motor: menor de 75 kW	Potencia del motor: 75 - 130 kW

Hasta la década de 1960, se usaron tractores agrícolas para sacar madera del monte. Aunque comparativamente más baratos, estos tractores no pueden arrastrar grandes cargas ni operar en condiciones desfavorables (v.g., terrenos blandos o escabrosos, sotobosque denso). No obstante, todavía son utilizados por pequeños productores forestales en muchos países con menor nivel tecnológico. Su uso provoca serios daños a la madera y al suelo ya que las trozas se arrastran en su totalidad.

A lo largo de los años, al tractor agrícola básico se le hicieron algunas modificaciones y se le agregaron ciertos implementos para mejorar o faci-

litar la extracción. Por ejemplo, en el CIEFAP se ha desarrollado un dispositivo denominado *barra ranurada*, que se adosa al levante hidráulico de un tractor agrícola para extraer varias trozas a la vez, levantándolas por el extremo más grueso. Pantaenius (2010) ha obtenido resultados satisfactorios en raleos efectuados en plantaciones de pino en la Patagonia, y recomienda el uso de este método a pequeños productores y contratistas.

Otro implemento útil para extraer madera en lugares donde no se puede llegar directamente con el tractor es el *cabrestante forestal*. Adosado al enganche de tres puntos de un tractor agrícola, este implemento es muy efectivo para arrastrar fustes o trozas desde el pie del tocón hasta un canchón. En publicaciones de Pantaenius (2010) y de la Dirección Nacional de Bosques de Suecia (Skogsstyrelsen, 1986) se pueden encontrar descripciones detalladas del *cabrestante forestal*.

### MOTOARRASTRADORAS

El verdadero avance se logró cuando se inventaron los tractores forestales articulados con ruedas, diseñados especialmente para extraer fustes o trozas del monte o de una plantación. En la mayoría de las operaciones de aprovechamiento, la extracción por arrastre se lleva a cabo con motoarrastradoras (*skidders*). En la actualidad, estos son los tractores que sacan árboles enteros, fustes, o trozas largas, desde el tocón hasta el canchón, o hasta el borde del camino, de manera que una parte del material extraído (por lo general, el extremo más delgado) está en contacto con el suelo. Debido a la forma de extracción (arrastre), estas máquinas provocan daños al suelo y también a los árboles en pie y al repoblado.

Existe una amplia gama de motoarrastradoras cuyos tamaños y potencias varían desde los llamados “*mini-skidders*” (2 toneladas y 30 kW) hasta los verdaderos monstruos mecánicos de 30 t y 225 kW. Sin embargo, la mayoría se encuentra en el orden de las 5 t y 75 kW, con una capacidad de arrastre de entre una y ocho toneladas. Las características mecánicas y los detalles de funcionamiento de los diversos tipos de tractores forestales disponibles en el mercado mundial se pueden encontrar en la bibliografía que se presenta al final de este capítulo, particularmente en Vignote Peña *et al.* (1993) y en Tolosana *et al.* (2004). En los párrafos que siguen nos limitaremos a exponer de manera sintética los rasgos más importantes de las motoarrastradoras, que son las máquinas que más se utilizan para sacar madera del monte.

### *Características de las motoarrastradoras (skidders)*

- Dos chasis articulados: uno anterior que soporta el motor, la cabina y la pala topadora frontal, y otro posterior que sostiene el malacate y el arco integral. Los chasis están unidos por una articulación en el centro (o cerca del centro) del vehículo, lo que permite el giro en el plano horizontal (algunos modelos también facilitan cierta rotación en el plano vertical). Este tipo de chasis permite una mayor adaptación de la máquina a las irregularidades del terreno.
- Ancho: 2,30 m a 3,25 m.
- Cuatro ruedas grandes (17" x 30" - 28" x 16"), todas iguales, de hasta 110 cm de ancho. Esto le proporciona a la máquina mucha estabilidad y gran "flotabilidad" (menor presión específica), rasgo importante en terrenos pantanosos y en suelos inundados y resbaladizos. En las especificaciones, el primer número corresponde al ancho de la sección del neumático y el segundo, al diámetro de la llanta, ambos expresados en pulgadas (1" = 2,54 cm). En el Sistema Internacional de Unidades (SI), el ancho de los neumáticos de un *skidder* varía por lo general entre 43 y 71 cm, mientras que las llantas tienen entre 76 y 41 cm de diámetro, aproximadamente.
- Dirección hidráulica articulada, que le permite gran maniobrabilidad.
- Cabina cerrada, para brindarle protección y comodidad al operario. Actualmente las cabinas están provistas de butacas giratorias, aire acondicionado (refrigeración y calefacción) y equipo de música.
- Arco integral: permite levantar el extremo anterior (de mayor diámetro) de la troza, facilitando así la operación de arrastre.
- Pala o cuchilla topadora frontal: sirve para apilar las trozas, abrirse camino en el monte e inmovilizar la máquina cuando se tensa el cable principal durante el "arrime".
- Malacate ("winche"): conectado a la toma de fuerza del tractor, controla el cable principal al que se enganchan una o más lingas.
- Tracción en las cuatro ruedas.
- Distribución del peso: el eje delantero soporta 2/3 del peso de la máquina y el trasero, 1/3.
- Potencia: 130 a 190 kW (los más comunes).
- Marcas: Caterpillar, Clark, Eaton, Franklin, Gafner Iron Mule, Internacional Harvester, John Deere, Massey-Ferguson, Pettibone, Ranger, Tigercat, Timberjack, Tree Farmer.

Teniendo en cuenta el modo de locomoción, las motoarrastradoras pueden desplazarse sobre neumáticos de goma (*rubber-tired skidders*, *wheel-led skidders*) o sobre orugas (*crawler tractors*, *tracked skidders*). A su vez,

según la forma en que se efectúa la extracción, distinguimos dos tipos de motoarrastradoras: de cable y de garra. También se dice *con cable/garra*.

La secuencia de actividades que realiza una motoarrastradora durante la extracción se denomina ciclo de arrastre. En general, para cualquiera de estas máquinas, dicho ciclo incluye los siguientes pasos:

1. Viajar vacío hacia la zona de corta.
2. Juntar las trozas, o los árboles apeados (con lingas o con garras).
3. Dirigirse hacia el canchón con la carga.
4. Dejar la carga en el canchón.

Este proceso se repite durante toda la jornada de trabajo, pudiendo ocurrir diversas interrupciones y retrasos (“tiempos muertos”) debido a un sinnúmero de razones que afectan la productividad de la extracción. El segundo paso implica ir recogiendo las trozas y agrupándolas hasta formar los montones, o paquetes, que se van a extraer, procurando optimizar la carga en función de la capacidad de la máquina. En los párrafos siguientes se describe el modo de operación de algunas de estas máquinas.

**Motoarrastradoras de cable (cable skidders):** este tipo de tractores forestales se caracteriza por tener un arco integral (*arch*), un cable principal (cable tractor o línea principal; *mainline*), al cual se unen una o varias lingas (*eslingas*, *estrobos*; *chokers*). El arco integral permite la elevación del extremo anterior de las trozas o fustes que se van a extraer. El cable principal comienza en el malacate del tractor y termina en un gancho o en un mosquetón. Un extremo de la linga, provisto de un herrete o casquillo, se ata a la troza por medio de un deslizador, y el otro, terminado en un ojo, o argolla, se acopla al gancho del cable principal. En lugar del casquillo y el deslizador, la linga puede tener un gancho o una argolla para atarla alrededor de la troza. Se pueden usar varias lingas unidas al mismo cable tractor para extraer varias trozas en una sola operación (Fig. 1).

Figura 1. Motoarrastradora de cable John Deere.



Fuente: Campbell, A. 2007. [www.flickr.com](http://www.flickr.com).  
Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

El tractorista se dirige a la zona de corta y detiene la máquina cerca de las trozas. Desciende, tira del extremo del cable principal, o cable tractor, a mano, y lo engancha a las lingas, que los lingadores o estroberos ya han colocado alrededor de las trozas. Luego vuelve al tractor y tensa la línea por medio de un dispositivo hidráulico, con lo cual el cable se enrolla en el tambor del malacate, y de esa manera las trozas se mueven hacia el tractor, arrastrándose en toda su longitud, sin que éste se desplace. A esto se denomina “arrimar” las trozas. Llega un punto en el cual las partes delanteras (generalmente las más gruesas) de las trozas se elevan, gracias al arco integral, y sólo los extremos posteriores quedan en contacto con el suelo. En ese momento el maquinista coloca el freno en la línea y el tractor comienza a moverse hacia el canchón, sólo con las partes más delgadas de las trozas arrastrándose por el suelo. Ésta es la extracción propiamente dicha. Al llegar a destino, el operario detiene el tractor, quita el freno de la línea principal para que la carga caiga al suelo, y desengancha las lingas. (Esta última tarea la puede hacer un ayudante.) Finalmente, regresa al monte con las lingas libres. En montes nativos se extraen de ese modo rollizos de gran tamaño; nunca árboles enteros.

La desventaja de este método radica en que el operario debe bajar del tractor para enganchar las lingas al cable principal, y luego subir a la cabina para efectuar el arrime y la extracción, lo que aumenta la duración del ciclo de arrastre. Se puede mejorar la productividad de la operación teniendo un obrero en el monte (el mismo lingador, por ejemplo) que tire del cable principal y enganche las trozas ya lingadas, y otro que las desenganche en el canchón. De este modo, el tractorista puede permanecer en la cabina y concentrarse en manejar el malacate para preparar adecuadamente el material a extraer. Al volver al monte, puede llevar un conjunto de lingas ya desocupadas del viaje anterior.

Se prefiere las motoarrastradoras de cable cuando hay que sacar madera de grandes dimensiones, o en suelos muy húmedos o encharcados, o para extraer varios fustes o trozas a la vez cuando el abatimiento no ha sido direccional y, por lo tanto, la madera no está apilada ni concentrada en un solo lugar. También se las utiliza en terrenos anegadizos o inaccesibles para la máquina (e.g., pantanos, lodazales, zanjas, cárcavas, etc.). En esos casos, el operador detiene la máquina antes del lugar problemático, jala la línea principal hasta la troza, la acopla a la linga, tensa el cable hasta arrimar la carga al tractor, sorteando así el obstáculo, y, finalmente, la arrastra hasta el canchón u otro sitio conveniente.

En el arrastre se pone de relieve la importancia del apeo dirigido. Para simplificar y facilitar el lingado (y también el "enganche" con garra) es conveniente que los árboles abatidos queden orientados hacia las vías de saca para hacer más eficiente la extracción. Las lingas se pueden colocar en la parte más gruesa del fuste apeado (para reducir la fricción y la fuerza de tiro en un 25 %) o en la parte más delgada (para aumentar la fricción cuando se extrae cuesta abajo, o cuando los árboles apeados o las trozas yacen en el suelo en forma desordenada).

**Motoarrastradoras de garra (grapple skidders):** son tractores articulados, generalmente montados sobre ruedas, a los que se les ha agregado un implemento denominado garra (también grampa, tenaza, o mordaza; *grapple* en inglés), instalado en el extremo del brazo de una especie de grúa hidráulica, que acelera las tareas de levantar y depositar en el suelo la materia prima (árboles, fustes o trozas) que se extrae. Las garras permiten manipular y mover varias piezas por viaje, con lo que se elimina el trabajo de enganchar y desenganchar lingas, característico de las motoarrastradoras de cable (Fig. 2). Normalmente las garras están colocadas sobre un arco o adosadas a un brazo articulado. A veces están sobre una plataforma giratoria, lo que permite levantar trozas a ambos lados de la máquina.

**Figura 2.** Motoarrastradora de garra Tigercat.



Fuente: USDA Forest Service - Forest Operations Research, 2013.

Las motoarrastradoras de garra son ideales cuando trabajan en combinación con una cortadora-apiladora (*feller-buncher*), o cuando se ha efectuado un buen abatimiento manual dirigido, con los árboles apeados convenientemente agrupados o amontonados. Estas máquinas se desempeñan mejor en “terreno fácil” (pendientes suaves, sin demasiado barro y con pocos obstáculos). La distancia de arrastre (con la máquina cargada) varía entre 300 y 1600 m. Algunos modelos poseen garras y cables. El tamaño y la capacidad de las garras dependen del tamaño de la máquina y su precio puede variar entre US\$ 25.000 y US\$ 35.000.

Dependiendo de cada situación particular, a veces se debe elegir entre uno de los dos tipos principales de *skidders*. Sin embargo, cuando se aprovechan plantaciones, generalmente se prefieren las de garra, cuyas ventajas y desventajas se mencionan a continuación.

### Ventajas

- El ciclo de arrastre es menor que el de las de cable.
- La productividad, por tanto, es mayor.
- Son mucho más rápidas que los tractores a oruga, y su velocidad varía entre 8 y 13 km/h, hasta un máximo de 25 km/h, en condiciones ideales.
- Son muy efectivas cuando trabajan junto con una *feller-buncher*, pudiendo llegar a duplicar la productividad de las de cable.
- Es más económico el mantenimiento de cuatro neumáticos que el de dos orugas.

### Desventajas

- Son máquinas especializadas, poco versátiles.
- Por tener el baricentro más alto, poseen menor estabilidad y menor contacto con el suelo que las de oruga.
- Tienen menor fuerza de tiro y menor tracción que las de oruga.
- No pueden dejar la carga, sortear el obstáculo y retomar la carga.

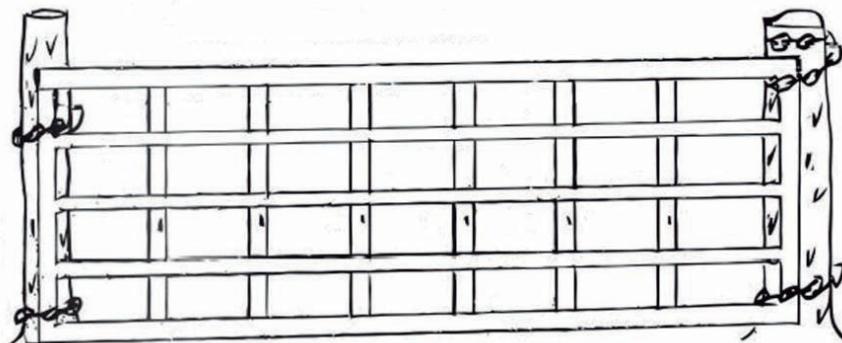
### *Limbing gates*

Entre las aplicaciones conocidas de las *grapple skidders*, vale la pena mencionar un método mecánico originado y empleado ampliamente en el Sur de los Estados Unidos desde la década de los 1970 para desramar pinos. Esta modalidad de desramado consta de una motoarrastradora de garra y una estructura fija de hierro tubular o cuadrangular, denominado *limbing gate* o *grid delimber* en inglés, cuya traducción al español podría ser reja o parrilla desramadora, o portón desramador, al que se hizo referencia en el capítulo precedente. Este método también se ha usado con éxito en Chile, Brasil y Venezuela.

Esa estructura sencilla, que puede ser de fabricación casera, es un enrejado de caños de hierro de 10-15 cm de diámetro (como si fuese un portón o una tranquera de entrada a una estancia), que constituye una especie de valla reticulada de unos 5 m de ancho y 2,50 m de altura, en la que cada cuadrado tiene hasta 60 cm de lado. (También las hay de menor tamaño; e.g., 30 x 30 cm.) La reja se encuentra firmemente apoyada y asegurada, con cables o cadenas, a dos árboles o a dos tocones altos (1,50 m), situados relativamente cerca del canchón (Fig. 3). La motoarrastradora lleva dos o más árboles enteros, tomados por su parte más gruesa, avanza en dirección al canchón más allá de la reja, se detiene, maniobra de modo tal que los árboles queden en posición perpendicular a la reja, y entonces retrocede empujando fuertemente los árboles hasta hacerlos pasar a través de

ese reticulado, rompiendo así la mayor parte de las ramas (Fig. 4). Luego continúa su viaje hacia el canchón con los fustes mayormente desramados, abre las garras y los deja caer al suelo, y se dirige nuevamente hacia el monte para hacer el próximo viaje. En el canchón se termina de desramar los árboles y después se los troza con motosierra. Periódicamente, la máquina limpia alrededor de la reja, empujando las ramas con la pala topadora y amontonándolas de modo que no obstaculicen la extracción. Dependiendo de las necesidades, se traslada la reja a un lugar más conveniente para facilitar el trabajo y minimizar las maniobras de la máquina (Pantaenius, 2011). Este método ha demostrado ser muy económico y efectivo para desramar pinos, especialmente en plantaciones, cuando no es posible usar un sistema totalmente mecanizado.

**Figura 3.** Reja desramadora o portón desramador.



Fuente: Pantaenius, 2011.

**Figura 4.** Desramado con portón desramador.



Fuente: Pentti Hakkila *et al.*, 1995.

#### *Características generales de los tractores a orugas (crawler tractors)*

Estas máquinas se usan desde la década de 1930, principalmente para movimiento de suelos y construcción de caminos. Los primeros fueron los tractores tipo topadora o *bulldozer*. A partir de los años '70 se desarrollaron algunas máquinas para uso forestal tomando como base el tractor a orugas (Fig. 5), al que se le adosaban diversos implementos tales como brazos articulados, dispositivos de corte, garras, cabezales procesadores, etc.

Figura 5. Motoarrastradora con orugas.



Stenzel et al., 1985.

Varios fabricantes de maquinaria forestal utilizan actualmente este tipo de tecnología. Sus características más destacadas son:

- Generalmente son más pesadas, caras y lentas que las de ruedas.
- Su potencia varía entre 15 y 180 kW (20 hp y 250 hp).
- No pueden circular por caminos pavimentados o consolidados debido al daño que causan. Se las debe transportar en un carretón, acoplado o tráiler.
- Poseen gran tracción, especialmente en el barro y en suelos resbaladizos.
- Ejercen baja presión sobre el suelo.
- No provocan huellas profundas ni se entierran fácilmente en suelos blandos.
- Son máquinas versátiles: se las emplea en la construcción y el acondicionamiento de caminos, para liberar vehículos atascados en el barro, como unidad motriz móvil, etc.
- Poseen un arco integral y un malacate para elevar el extremo anterior de las trozas.
- Poseen mayor maniobrabilidad que las máquinas con ruedas.
- Son muy efectivas en condiciones desfavorables, como suelos muy blandos, resbaladizos, y en terrenos rocosos y escabrosos.
- Su uso está muy difundido en zonas montañosas y en bosques tropicales, donde arrastran trozas muy pesadas en suelos blandos o arcillosos.

- Se desplazan a baja velocidad, lo que da como resultado un ciclo de arrastre más largo y un mayor costo de extracción. (Éste aumenta con la distancia, por lo que los tractores a orugas son más económicos en distancias cortas; v.g., entre 100 y 500 m.)
- Marcas: Allis Chalmer, Case, Caterpillar, Clark, FMC, International Harvester, Hyundai, John Deere, Komatsu, Timberja

### EJEMPLO

Rendimiento de una motoarrastradora CAT D7 (con orugas), de 160 hp, en un bosque tropical. La máquina trabaja 250 días al año durante 8 h/día, recorriendo una distancia media de 400 m (ida) sobre terreno “fácil”. Extrae un volumen medio de 10 m<sup>3</sup>/viaje, y el ciclo de arrastre es de 50 min. El rendimiento es de 1 m<sup>3</sup> cada 5 min, equivalente a 100 m<sup>3</sup>/día (Anaya y Christiansen, 1986).

La experiencia demuestra que en los bosques tropicales se pierden muchos días de trabajo por razones meteorológicas, mantenimiento, reparaciones, tiempos muertos, etc. Por eso el tractor se usa sólo durante el 50-70 % de los días disponibles. En la estación seca, la producción por día efectivo de trabajo es de 45 m<sup>3</sup>, valor que se reduce a 30 m<sup>3</sup>/día durante la estación lluviosa.

### Motoarrastradoras especiales

Además de las máquinas convencionales ya descritas, existen otras que han sido diseñadas para situaciones especiales. En la década de 1980, la compañía finlandesa Timberjack desarrolló e introdujo en el mercado un tractor de gran tamaño y peso (15 toneladas), llamado *clam bunk skidder* (motoarrastradora tipo almeja), equipado con 6-8 ruedas grandes, todas con tracción, y dos ejes traseros en tandem, como se puede apreciar en la Fig. 6. En esta máquina, la garra es de mayor tamaño y está fija en el chasis trasero del vehículo, en forma invertida (abierta hacia arriba), en vez de encontrarse colgada en el extremo de un brazo articulado. Una grúa de brazo articulado, que forma parte de la máquina, recoge las trozas del suelo y

las coloca dentro de la garra. En cada viaje esta máquina saca hasta 8 t de madera larga, fustes, o árboles enteros destinados a la industria celulósica, y la transporta hasta el canchón, recorriendo distancias de hasta 1600 m.

**Figura 6.** *Clam bunk skidder HSM 208F.*



Fuente: Wikimedia Commons, 2016.

También existen motoarrastradoras que se usan en terrenos anegadizos, pantanosos o rocosos, entre las cuales se pueden mencionar el Muskeg Bombardier, con cable, y el *FMC Log Skidder*, con cable, garra, o tipo almeja. (Este último fue desarrollado a partir de vehículos militares anfibios.) Con la misma apariencia que los tractores a orugas, estas motoarrastradoras poseen ruedas de goma más pequeñas a las cuales se les ha agregado orugas flexibles de acero, como la que se muestra en la Fig. 7 (Stenzel *et al.*, 1985).

**Figura 7. FMC Log Skidder.**



Fuente: Wikimedia Commons, 2010.

Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

### Ventajas

Alta flotación y estabilidad, y mayor velocidad que las máquinas con orugas. Poseen amortiguadores.

### Desventajas

Costo inicial muy elevado: US\$ 250.000 a comienzos de 1990. Es preferible comprar dos *skidders* normales y agregarles neumáticos de alta flotabilidad. A pesar de haberse logrado resultados satisfactorios, su uso está poco difundido.

### *Selección de una motoarrastradora*

Para elegir qué máquina va a usar para la extracción, la empresa o el contratista que realizará el aprovechamiento debe considerar una serie de factores que influyen sobre la operación y la productividad de la máquina. Éstos se pueden clasificar en dos grupos: controlables e incontrolables.

Factores incontrolables:

- Terreno.
- Densidad del rodal.
- Tamaño de los árboles.
- Condiciones meteorológicas.

Factores controlables:

- Abatimiento de los árboles.
- Tamaño de la carga.
- Distancia de extracción.
- Velocidad de extracción.
- Supervisión y organización de las cuadrillas.
- Tamaño y potencia de la máquina.

### *Factores incontrolables*

- Terreno. Las características del terreno, particularmente la pendiente, afectan de modo considerable el desempeño y, por tanto, la productividad de las máquinas. Una motoarrastradora puede trabajar a favor de la pendiente (cuesta abajo) o contra la pendiente (cuesta arriba). En lo posible, se recomienda hacer la extracción con pendiente favorable, dentro de ciertos límites, pues la fuerza de la gravedad aumenta levemente la capacidad de tiro de la máquina. Para lograr una operación segura y productiva con una moto-arrastradora montada sobre neumáticos, conviene que la pendiente no exceda el 30 %. Cuando se usan máquinas montadas sobre orugas, este límite puede llegar al 50 %. Trabajar con pendientes superiores a dichos valores provoca serios daños ambientales (e.g., erosión) y dificultades para la regeneración natural, además de resultar peligroso y más costoso. En general, en terrenos montañosos, con pendientes de hasta 15 %, las motoarrastradoras de cable son más eficaces y eficientes que las de garra. Por otra parte, en terreno escabroso, las máquinas con neumáticos funcionan mejor que las de oruga, son más

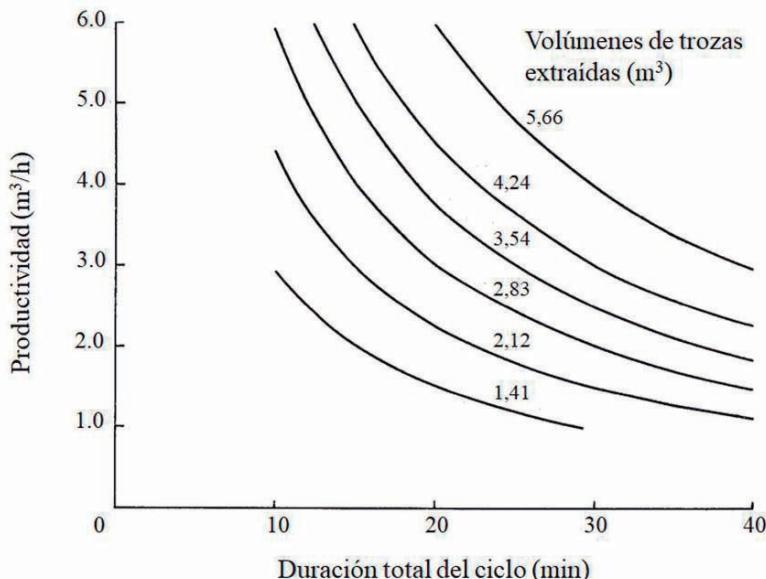
rápidas y tienen mayor maniobrabilidad.

- Densidad del rodal. El tiempo necesario para juntar los árboles apeados (o las trozas) hasta lograr la cantidad adecuada para realizar la extracción, optimizando el volumen extraído en cada viaje, constituye más de la mitad del ciclo de arrastre. Por eso, la densidad del rodal influye considerablemente sobre el tiempo total. Cuando hay pocos árboles por hectárea, la máquina debe recorrer mayores distancias para trasladarse de un árbol a otro; en consecuencia, aumenta el tiempo de recolección de la materia prima, disminuye la productividad y aumenta el costo unitario de la operación. En rodales muy densos, sin embargo, también se tarda mucho tiempo para juntar el material a extraer pues el excesivo número de trozas y de tocones dificulta las tareas. Entre los extremos aquí mencionados existen rodales con densidades intermedias en los que se puede optimizar la productividad y minimizar el costo de extracción. Se debe estudiar cada situación particular durante el proceso de planificación de las operaciones.
- Tamaño de los árboles. Sin duda, el volumen de los árboles que se van a extraer es una variable crítica. Prácticamente en todos los métodos de extracción se cumple el siguiente principio: cuanto más pequeño es el árbol, mayor es el costo operativo por unidad de producción. Ocurre que se necesita un mayor número de trozas o fustes para reunir el volumen suficiente para un viaje de la motoarrastradora cuando los árboles son pequeños, aunque no sea más difícil manipular trozas chicas que trozas grandes. Vale la pena señalar, no obstante, que cuando se sacan fustes enteros se pueden compensar los volúmenes menores extraídos en forma de trozas. Esto parecería indicar que es más ventajoso extraer fustes que trozas. Sin embargo, cuando los árboles son demasiado grandes, se pierde parte de esta ventaja pues en ese caso se requieren máquinas más potentes para manejar trozas o fustes demasiado pesados. Además, el material de tamaño excesivo afecta negativamente la maniobrabilidad de la máquina, aumentando así el ciclo de arrastre y, por tanto, el costo operativo unitario.

Varios estudios han demostrado el efecto del volumen por árbol (o volumen por troza) sobre la productividad de la extracción. Winer (1967) indicó que por cada  $0,1\text{ m}^3$  de incremento en el volumen de un árbol, se obtiene un aumento diez veces mayor en la productividad. Por su parte, investigadores del Servicio Forestal Canadiense mostraron la relación entre el volumen que se extrae en cada ciclo de arrastre y la productividad (McGraw and Hallett, 1970). Si se mantienen constantes los demás factores, cuanto mayor sea el volumen del árbol, más gran-

des serán las trozas que de él se obtengan, y mayor será el volumen de madera extraída por ciclo, como se puede observar en el Gráfico 1.

**Gráfico 1.** Productividad de la extracción para diferentes volúmenes de trozas.



Fuente: Conway, 1982.

- **Condiciones meteorológicas.** De las variables atmosféricas, la que más afecta la productividad de una motoarrastradora es la precipitación, debido a su efecto sobre el suelo. Una lluvia copiosa puede tornar intransitables las vías de saca. Si se extrae madera en esas condiciones, el suelo sufre daños severos como consecuencia la compactación y la erosión que provocan las máquinas transitando sobre un suelo muy blando, saturado de agua. La formación de huellas profundas que afectan gravemente la estructura del suelo se puede reducir mediante el uso de neumáticos anchos de alta flotabilidad. En ciertas regiones, la acumulación de nieve puede llegar a impedir las tareas de extracción; el trabajo de las máquinas se

vuelve muy peligroso y hasta resulta difícil encontrar la madera que se quiere sacar. Por otra parte, cuando el índice de peligrosidad de incendios es alto (temperaturas altas, humedad baja y vientos fuertes), generalmente se suspenden todas las operaciones de aprovechamiento, incluida la extracción. En cualquier caso, sea cual fuere la época del año, todas las tareas se deben suspender cuando soplan vientos muy fuertes debido al riesgo de caída de árboles sobre las máquinas, lo que puede ocasionar daños a los trabajadores. Todos estos factores tienen un efecto negativo sobre la productividad de una motoarrastradora y deben ser tenidos en cuenta cuando se toman decisiones referentes al uso de estas máquinas.

#### *Factores controlables*

- Abatimiento de los árboles. La forma en que se realiza el apeo tiene una gran influencia sobre la productividad de la extracción. Los árboles se deben abatir de manera tal que queden razonablemente agrupados en el terreno y orientados hacia las vías de saca para que la máquina pueda tomar y extraer varios árboles o fustes en cada viaje. En el abatimiento se debe prever que haya suficiente espacio para que la motoarrastradora pueda entrar al monte y maniobrar sin complicaciones de modo tal que en cada viaje lleve el máximo volumen posible hacia el canchón. El volumen de árboles que se abate cada día debe equilibrarse con la capacidad de extracción de la máquina a fin de optimizar la operación.
- Tamaño de la carga. El volumen de madera que se saca en cada ciclo de arrastre es lo que más afecta la productividad, y es una variable que el maquinista puede controlar. Cada vez que él arma el paquete de madera que va a extraer en cada viaje hacia el canchón o el borde del camino, debe tener en cuenta el peso de la materia prima (árboles, fustes o trozas) en función de la capacidad de la motoarrastradora, la longitud de las trozas, la capacidad de tracción de la máquina en función de la pendiente y del estado del suelo, y la cantidad de lingas que va a necesitar, o el tamaño y la capacidad de la garra, según el tipo de máquina que se utilice. Aquí se puede notar también el efecto del modelo o esquema de abatimiento. La clave es lograr que la máquina vaya con su capacidad a pleno para optimizar el volumen extraído en cada viaje. Una supervisión adecuada resulta muy útil en este sentido.
- Distancia de extracción. La distancia de extracción es la variable que más afecta a la productividad y a los costos de extracción. El valor óptimo de esta distancia se puede obtener a partir de las curvas de

costo de construcción de caminos y de costos de extracción (Capítulo 6), tarea que el ingeniero o técnico responsable debe hacer en el gabinete. Sin embargo, la experiencia también ayuda al operario a saber cuál es una distancia económica en función del tipo de materia prima que va a extraer, el volumen que sacará en cada viaje, la pendiente, el suelo, etc. Dentro de ciertos límites, una distancia de extracción mayor que la óptima no afecta tanto a la productividad siempre que en cada viaje se utilice a pleno la capacidad de la máquina. Según Conway (1982), si todos los otros factores se mantuvieran constantes, por cada 30 m que aumentara la distancia de arrastre (viaje de ida y vuelta), la producción diaria sólo disminuiría un 2 %.

Independientemente del tamaño de la carga (peso y volumen que se saca en cada viaje), el costo de extracción es directamente proporcional a la distancia de extracción. Es decir, cuanto mayor sea la distancia que la máquina recorra para llevar la materia prima desde el monte hasta el canchón, menor será su productividad y mayor el costo unitario de extracción.

La distancia de extracción, a su vez, depende de otras variables tales como la superficie total de aprovechamiento, la ubicación de los caminos, la pendiente y otras características del terreno. En algunos casos, puede resultar imposible o sumamente caro construir caminos en zonas con pendientes muy abruptas; eso obligaría a recorrer una distancia de extracción mayor. En casos extremos, se ha llegado a recorrer hasta 1600 m arrastrando trozas en montes con pendientes de hasta 80 % debido al costo elevadísimo de construir caminos en esas condiciones topográficas (Conway, 1982). Según este mismo autor, la distancia media de extracción, en general, varía entre 120 y 180 m para motoarrastradoras con orugas. En cambio, cuando se usan máquinas con neumáticos, que se mueven a mayor velocidad, la distancia económica de extracción es de 400 m.

Es importante tener en cuenta que ninguna de las variables que aquí se analizan actúa en forma aislada; siempre existen interacciones entre ellas que influyen en la productividad y en los costos, principalmente la pendiente, el tipo de máquina y el volumen extraído por viaje. Debido a la complejidad de estas interacciones, a veces se debe tratar de compensar los efectos sobre la productividad. Por ejemplo, si la situación obliga a recorrer una mayor distancia de arrastre, ese efecto adverso se puede compensar sacando más volumen en cada viaje al canchón. Si hay que sacar trozas muy grandes, es probable que convenga emplear máquinas de mayor tamaño para que no disminuya tanto la productividad, pero se debe tener cuidado con estas decisiones. Podría suceder que se decida sacar mayor volumen en cada viaje,

aumentando el número de trozas, para reducir así el ciclo (tiempo) de arrastre y, en consecuencia, aumentar la productividad y disminuir los costos. Eso, sin embargo, podría causar que se utilice más tiempo en juntar las trozas y lingarlas, lo que aumentaría el costo de extracción.

- **Velocidad de extracción.** Mientras las condiciones del terreno y el tamaño de las trozas lo permitan, casi siempre conviene usar una motoarrastradora de garra con neumáticos para sacar madera del monte. Se trata de una máquina que funciona muy bien en plantaciones, especialmente cuando se extraen trozas de 20 a 30 cm de diámetro. Además, tiene un precio de compra menor y un costo de mantenimiento más bajo. Normalmente es más liviana y dos veces más rápida que una máquina equivalente montada sobre orugas; o sea que una máquina con ruedas puede sacar una cantidad determinada de madera en la mitad del tiempo que emplearía una con orugas. Gracias a esta característica, una motoarrastradora de garra con neumáticos puede efectuar la extracción a mayor distancia y acumular mayor cantidad de trozas en un solo canchón en vez de hacerlo en varios canchones más pequeños. En cualquier caso, el maquinista debe tratar de minimizar las maniobras en el monte y en el canchón, y los tiempos que demanda lingar y enganchar, o asir con las garras, las trozas que va a extraer. Debe viajar hacia el canchón con la máxima carga posible a la mayor velocidad admisible y regresar al monte con la máquina vacía también a buena velocidad, para optimizar el ciclo de arrastre.
- **Supervisión y organización de las cuadrillas.** La productividad de las motoarrastradoras suele ser un factor crítico en el aprovechamiento forestal; algunos lo calificarían como el “cuello de botella” del sistema. Por eso es importante organizar adecuadamente las cuadrillas de trabajo y supervisar convenientemente las operaciones. La conformación de las cuadrillas se debe basar en las condiciones del terreno, la densidad del rodal, los métodos de aprovechamiento que se van a utilizar, la distancia de extracción y la forma de remuneración del personal de monte.
- **Tamaño y potencia de la máquina.** Es necesario lograr un balance entre las máquinas que constituyen el sistema, particularmente entre las que se utilizan para cortar los árboles, y las que realizan la extracción. Se debe elegir una motoarrastradora que pueda sacar toda la materia prima que genera la componente corta, sea cual fuere la máquina que se emplee para abatir y preparar los árboles. En este sentido es de suma importancia seleccionar la motoarrastradora que mejor se adapte a las condiciones del monte que se va a aprovechar, teniendo en cuenta la potencia del motor, el modo de

extracción (garras o cables) y el tamaño de la madera a extraer. Por ejemplo, si se emplea una máquina pequeña para sacar trozas grandes, la productividad disminuye marcadamente y los costos operativos aumentan debido al desgaste prematuro de algunas partes de la máquina, que se ven sometidas a esfuerzos extremos debido al peso excesivo de las trozas en cada viaje. Por otra parte, el sobredimensionamiento de una máquina puede ocasionar un aumento en los costos operativos que no se compensa con el aumento de productividad que se pueda lograr con una máquina de mayor tamaño y potencia. Sólo mediante el análisis cuidadoso de cada situación se puede tomar una decisión acertada en cuanto a la selección de las máquinas que se van a adquirir para la extracción.

### Forwarding (extracción con tractor autocargador)

Esta forma de extracción se lleva a cabo con vehículos llamados *forwarders* o tractores autocargadores. Son tractores forestales de aspecto similar al de una motoarrastradora, montados sobre cuatro, seis u ocho ruedas de goma (según el modelo), y provistos de un tráiler o remolque y de una grúa hidráulica articulada terminada en una garra (Fig. 8). En este caso las trozas que se extraen no están en contacto con el suelo, sino que están colocadas sobre el tráiler. Por lo tanto, el *forwarding* causa mucho menos daño al suelo que el arrastre.

**Figura 8.** Forwarder Ponsse Elephant.



Fuente: MacDhòmhnaill, M., 2020.

Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

Normalmente, un *forwarder* recorre distancias de extracción más largas que una motoarrastradora de tamaño comparable, a velocidades superiores. Dependiendo de la configuración del sistema, los autocargadores se pueden usar en combinación con motosierras, *feller-bunchers*, o cosechadoras forestales. En general tienen menos potencia y son más livianos que los *skidders*, pudiendo mover entre 5 y 15 t de madera larga para ase rrar o madera corta para celulosa, según la potencia del motor. Casi nunca extraen fustes o árboles enteros; generalmente mueven trozas largas para aserrar o trozas cortas para pasta celulósica.

#### EXTRACCIÓN DE MADERA LARGA

El sistema conocido como *cut-to-length system* (sistema de trozas cortadas a medida), que ya se describió en el Capítulo 4, consta de una cosechadora forestal y un tractor autocargador. La primera máquina corta el árbol casi a ras del suelo, lo levanta, lo coloca en posición horizontal, lo desrama, mide, troza y amontona las trozas casi al lado del tocón. Luego el *forwarder*, en sucesivas “brazadas”, toma con la garra grupos de trozas y las va colocando sobre su remolque en forma longitudinal hasta completar la carga, maximizando siempre su capacidad, como se ilustra en la Fig. 9. Finalmente, las traslada hasta el canchón o el borde del camino, donde generalmente las transfiere a un camión para su posterior transporte al aserradero. Cuando no se dispone de un camión al final de la extracción, el *forwarder* deposita la carga al costado del camino y regresa al monte para iniciar un nuevo ciclo.

**Figura 9.** Forwarder Ponsse Bison extrayendo trozas largas.



Fuente: Hannu, 2014.

Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

### EXTRACCIÓN DE MADERA CORTA

Se puede usar la misma combinación de máquinas y el mismo procedimiento descrito en el párrafo anterior para extraer trozas de 2,50 m destinadas a la industria celulósica. Si el apeo se efectúa con *feller-buncher* o con motosierra, los árboles apeados se procesan (desraman, despuntan y trozan) en el monte con motosierra. Una vez apiladas o amontonadas las trozas, el *forwarder* toma varias a la vez, las coloca sobre el tráiler en forma longitudinal o transversal, según la preferencia del maquinista (Fig. 10), y las lleva hasta el borde del camino. A menos que se utilice una cosechadora forestal, los montones de madera corta que se han de extraer se preparan en forma manual. Éstos deben ser suficientemente grandes para que el manipuleo con la garra del *forwarder* resulte económico. El tamaño de cada montón depende de la capacidad de la máquina.

**Figura 10.** Forwarder cargando trozas cortas en su tráiler.



Fuente: MacDhòmhnaill, M., 2013. [www.flickr.com](http://www.flickr.com).  
Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

El *forwarding* representa una solución efectiva y eficiente en bosques o plantaciones muy alejados, reduciendo significativamente la construcción de caminos. Además, un *forwarder* puede moverse a lo largo de vías de saca de baja calidad, recogiendo pilas o montones de madera a ambos lados. Sin embargo, para lograr mayor eficiencia, necesita vías de saca de mejor calidad que las que se usan para los *skidders*, aunque inferior a los caminos para camiones. Estos tractores son ideales para plantaciones.

Con frecuencia se observan operaciones de aprovechamiento en las que se utilizan *skidders* y *forwarders* al mismo tiempo. Completado el apeo, los *skidders* sacan árboles enteros hasta un claro estratégicamente ubicado en el monte; luego se los procesa (desrama, despunta, mide y troza) con una motosierra, o con una cosechadora que cumple la función de procesadora, y, por último, el *forwarder* lleva las trozas hasta el canchón, donde las transfiere a un camión o las apila para su posterior transporte hacia un centro de transformación.

En algunos lugares se han utilizado otros vehículos para realizar el *forwarding*. Por ejemplo, en los Estados Unidos, se ha recurrido a camiones Militares (4x4, 6x6) modificados; en el Sur argentino, se han empleado viejos camiones militares de origen canadiense; y en Misiones, la empresa Alto Paraná (hoy Arauco Argentina S.A.), en la década de 1980, usó *forwarders* de fabricación casera para extraer madera para pasta celulósica. El vehículo base era un tractor Zanello de origen nacional.

El *forwarding* también se puede efectuar por medio de un tractor agrícola equipado con una grúa y un tráiler con estacas laterales para mantener las trozas en su lugar. Aunque algo primitivo, este método reduce notablemente los daños causados al suelo, en comparación con la extracción por arrastre.

### Ventajas

- Cuando la extracción se realiza con *forwarder*, la productividad y los costos del sistema no son tan sensibles al tamaño de las trozas, como en la extracción por arrastre, pues un *forwarder* lleva casi siempre el mismo volumen de madera en cada viaje, independientemente del tamaño de las trozas. Ese volumen está en función de la capacidad del remolque. En cambio, una motoarrastradora pierde eficiencia cuando mueve árboles pequeños. Dentro de los límites impuestos por la potencia del motor, la pendiente y el estado del suelo, cuanto mayor es el tamaño de trozas, mayor es la productividad de la extracción, y viceversa.
- En raleos y en cortas selectivas resulta más fácil maniobrar con un *forwarder* que lleva madera corta que con un *skidder* que saca madera larga, disminuyendo así los daños a los árboles en pie.

## Extracción por suspensión

En los métodos de extracción presentados hasta aquí, la materia prima que se extrae se arrastra o está de alguna manera en contacto con el suelo, excepto cuando se utiliza un tractor autocargador, como se acaba de describir. Cuando la madera no está en contacto directo con el suelo (es decir, cuando no se arrastra), decimos que la madera que se saca está suspendida en el aire mediante algún dispositivo especial. Denominamos a esa forma de sacar madera del monte “extracción por suspensión”. Se la puede ejecutar de tres maneras diferentes: (a) mediante cables, (b) por medio de globos aerostáticos y (c) con helicópteros.

### EXTRACCIÓN POR MEDIO DE CABLES

La extracción por cables (*cable yarding* en inglés) implica el movimiento de la madera desde el pie del tocón hasta un canchón mediante una máquina motriz equipada con un cabrestante, o malacate, que opera desde una posición fija en el canchón, hacia donde se trae la madera por medio de cables. El término madera aquí se refiere indistintamente a árboles, fustes o trozas. En contraste con la extracción por arrastre, en la que la máquina se desplaza sobre el suelo hacia las trozas y luego las lleva hacia el canchón, en la extracción por cables las trozas se mueven hacia la máquina, que está ubicada en el canchón. Ésta les transfiere la fuerza motriz a las trozas por medio de cables de acero llamados líneas. El equipamiento básico necesario para la extracción con cables se completa con aparejos, accesorios diversos, y poleas por las que pasan los cables para controlar la dirección y el movimiento de las líneas.

Usando un término eminentemente español, Tolosana *et al.* (2004) definen el *desembosque con cable* como “la extracción de madera en que se emplean cables como vía de saca o como elemento de transmisión de tracción”. De ese modo –agregan– se puede extraer madera a lo largo de una trayectoria lineal (abierta) o formando un circuito cerrado.

El equipo motriz puede estar montado sobre un tractor o un camión que suministra la fuerza necesaria para mover el sistema, o puede ser una máquina automotriz independiente, diseñada y construida específicamente para ese fin. Dependiendo de las características del sistema, una máquina motriz (*yarder* en inglés) está impulsada por un motor diésel de 40-725 hp (30-540 kW), y posee de uno a cuatro tambores (o tornos) que sirven para enrollar los cables y transmitir la fuerza a las líneas. En cuanto al peso, existen desde máquinas livianas (4-5 t), acoplables a tractores

agrícolas o forestales, hasta equipos pesados de gran tamaño (18-22 t) que pueden estar montados sobre una estructura de madera o acero, similar a un trineo, sobre un tren rodante tipo oruga, o sobre ruedas de goma. Estos últimos deben ser colocados sobre un tráiler, o remolque, y jalados por un camión o tractor para su traslado en los caminos forestales, de un canchón a otro, o pueden ser autopropulsados.

Básicamente, para extraer las trozas hacia el canchón, se debe enrostrar la llamada línea principal (o cable de tracción) a un carrete o tambor que forma parte del cabrestante. Las lingas (eslingas o estrobo) que se colocan alrededor de las trozas están acopladas, por medio de ganchos, mosquetones u otros accesorios, a los cabos de enlace, los que a su vez están unidos al extremo de la línea principal. Por lo general, un sistema de extracción por cables se completa con un segundo cable llamado línea de retorno, que permite mover los cabos de enlace y las lingas hacia el sitio donde yacen los fustes o las trozas que se quieren extraer. La dirección de movimiento de los cables se controla mediante poleas que se fijan a tocones o a árboles en pie. Los detalles de funcionamiento se presentarán más adelante al describir algunos de los sistemas.

#### *¿Cuándo y dónde usar sistemas de extracción por cables?*

Se puede, y a veces se debe, emplear cables para sacar madera del monte en alguna de las siguientes situaciones:

- En lugares donde es muy difícil o excesivamente costoso construir caminos forestales, ya sea por razones económicas o tecnológicas.
- En terrenos escabrosos, rocosos, con laderas escarpadas y pendientes muy pronunciadas ( $> 50\%$ ).
- En zonas pantanosas o anegadizas donde los tractores forestales no pueden trabajar eficientemente.
- En bosques con grandes volúmenes de madera aprovechable/ha.
- En terrenos frágiles donde se debe evitar o minimizar la compactación y la erosión del suelo que provocaría el uso de motoarrastradoras.
- Cuando hay necesidad de extraer rápidamente la madera, como sucede en caso de plagas o incendios.
- En cuencas hidrográficas donde se debe minimizar o evitar la contaminación y sedimentación de los cursos de agua y la acumulación de residuos del aprovechamiento.

#### *Características de la extracción por cables*

Los sistemas de extracción con cables son generalmente más caros que los de arrastre. Además, son más complicados para instalar y manejar y,

por lo tanto, requieren de personal especializado que no es fácil de conseguir. Esto hace que la empresa deba capacitar y entrenar previamente a los obreros que trabajarán en ese tipo de operaciones. No obstante, estos sistemas se han utilizado durante más de un siglo en Canadá, Estados Unidos, Suiza, Austria, Noruega, Japón y en los bosques alpinos de Europa Central. En la actualidad se siguen usando en esos países y también en Chile, India, Taiwán, Filipinas y algunos países del Sudeste Asiático. Son los sistemas predominantes en los bosques de la costa occidental de los Estados Unidos, Alaska y Canadá. No hemos encontrado referencias bibliográficas sobre el empleo de cables para extraer madera en la Argentina.

En base a sus características y a su modo de funcionamiento, se distinguen dos clases de sistemas de extracción por cables: cables terrestres y cables aéreos. En los primeros las trozas están en contacto con el suelo durante todo el proceso de extracción o durante parte de él. En cambio, los cables aéreos poseen una línea (o sea, un cable) suspendida a una determinada altura del suelo, y las trozas se mueven a lo largo de esa línea ya sea por gravedad (extracción cuesta abajo) o gracias a una fuerza motriz (extracción cuesta arriba).

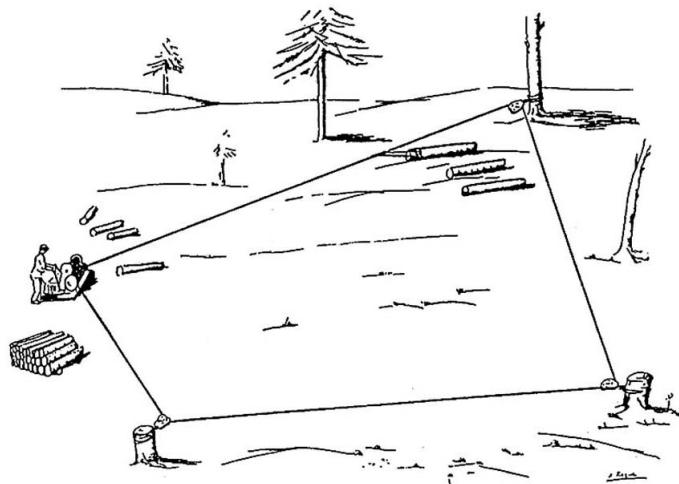
### *Cables terrestres*

Dentro de esta categoría se incluyen el cable rastrero (ground lead) y los cables de tiro alto (highlead), los primeros sistemas que se usaron en los bosques del Noroeste de los Estados Unidos y de la Costa Occidental de los Estados Unidos y Canadá desde principios del siglo XX.

El cable rastrero: conocido en España como cable “a cabo perdido”, el más antiguo y el más simple de estos sistemas, constaba de un cable y una fuente de potencia mecánica que podía ser un motor de combustión interna, aunque al principio se usaban dispositivos mecánicos manuales, animales, máquinas a vapor y sogas de cáñamo en vez de cables. Tenía una o varias poleas atadas a árboles o a tocones, que controlaban el movimiento de la línea principal o de tracción. El único cable se movía en una sola dirección, desde el monte (donde estaban las trozas) hacia el canchón, y se arrollaba en un malacate con un solo tambor. Las trozas, lingadas y enganchadas al cable tractor, se arrastraban completamente sobre el suelo, causando perjuicios severos, tales como compactación, erosión y daños a la regeneración. El malacate también podía estar montado sobre un tractor o un camión. Como había una sola línea, una vez desenganchadas las trozas en el canchón, había que llevar el cable y las lingas de vuelta al monte, lo que se hacía a mano o con un caballo. Tiempo después se agregó una línea de retorno y un segundo malacate para facilitar el regreso del cable princi-

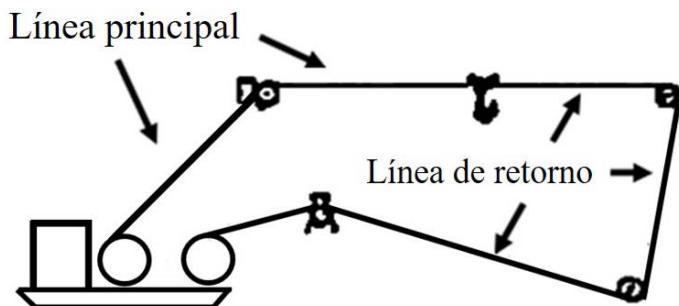
pal, los cabos de enlace y las lingas al monte, lo que obligaba a utilizar más poleas amarradas a sus respectivos tocones (Figs. 11 y 13).

**Figura 11.** Cable rastrero.



Fuente: I.F.I.E., 1968.

**Figura 12.** Esquema del funcionamiento del cable rastrero.



Cable rastrero  
Con línea de retorno y 2 tambores.

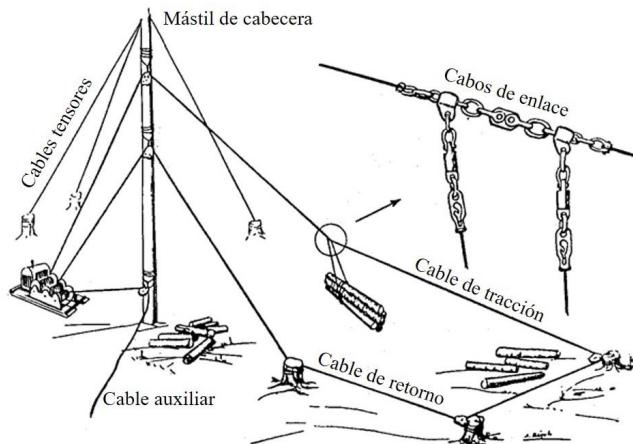
Fuente: Elaboración propia

A pesar de su bajo costo operativo y su simplicidad para instalarlo, mantenerlo y trasladarlo, este sistema se dejó de utilizar hace muchos años debido a su distancia de extracción limitada (< 250 m), su baja productividad y al tremendo daño que causa al suelo. Hoy sólo reviste interés histórico.

Cables de tiro alto (highlead system): si bien éste ha sido el más usado de los sistemas de extracción por cable en los bosques de las regiones montañosas de Estados Unidos y Canadá durante más de un siglo, está siendo reemplazado gradualmente por sistemas de cables aéreos en virtud de las ventajas de estos últimos. Es el más sencillo y el más difundido de los sistemas llamados "terrestres". A diferencia del cable rastrero, el sistema de extracción por medio de cables de tiro alto, conocido también como cable "va y viene alto", posee la capacidad de elevar verticalmente las trozas que se extraen, gracias a los elementos que lo constituyen, que se describen a continuación. Se emplea para sacar trozas cuesta arriba cuando la distancia no excede los 300 m y el relieve del terreno no constituye un problema.

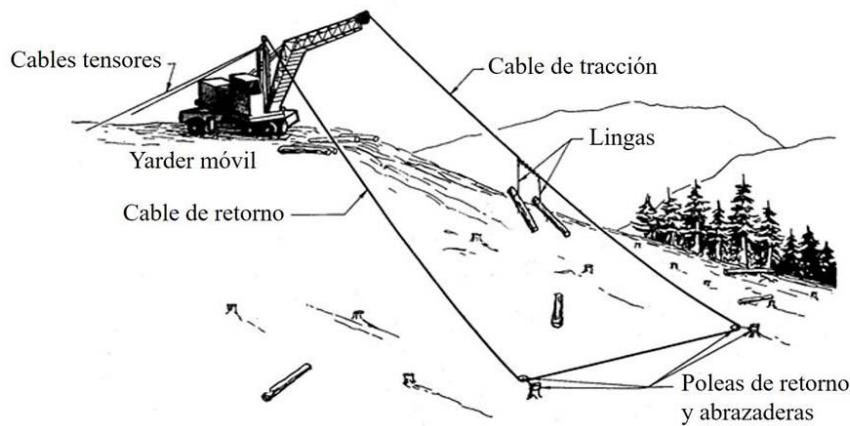
El sistema *highlead* consta de un equipo automotriz, dotado de un cabrestante o malacate portátil de tambor doble, ubicado en el canchón (en la parte más alta del terreno), un mástil de cabecera al cual se fija la polea guía, un cable de tracción, o cable principal, de 2,86-3,50 cm de diámetro, un cable de retorno de 1,9-2,2 cm de diámetro, las poleas de retorno, los cables de enlace (formados por diversos ganchos, cadenas, grilletes, pernos y eslabones giratorios o articulados), y las lingas, llamadas también eslingas o estrobo. Los cables de enlace conectan el cable principal con el cable de retorno y además permiten enganchar una o más lingas. A veces el malacate tiene un tercer tambor, más pequeño, que sirve para enrollar un cable auxiliar que se utiliza para cambiar el tendido de las líneas. El mástil de cabecera, o poste de amarre, puede ser un árbol de buen porte, cuidadosamente seleccionado (40 cm de diámetro a 33 m de altura) y debidamente acondicionado, al cual se fija una serie de aparejos y poleas (Fig. 13), o un mástil metálico portátil (o torre móvil), de 30-40 m de altura, montado sobre un tractor o camión que lo transporta hasta el canchón. Dicho mástil está anclado al suelo por medio de 6-8 cables tensores (llamados vientos o riendas) de 2,86 cm de diámetro, amarrados a tocones o a árboles con cables o abrazaderas, en un radio de 60 m en torno al mástil. Desde fines de la década de 1940 se generalizó el uso de mástiles metálicos, que pueden ser remolcados o autopropulsados y, por tanto, trasladados fácilmente de un lugar a otro (Fig. 14). El uso de estos mástiles o torres tiene la ventaja de permitir la instalación del sistema en forma más sencilla, segura y económica, con un ahorro importante en los costos de mano de obra.

**Figura 13.** Sistema de extracción con cables de tiro alto.



Fuente: I.F.I.E., 1968.

**Figura 14.** Extracción con cables de tiro alto y yarder móvil.

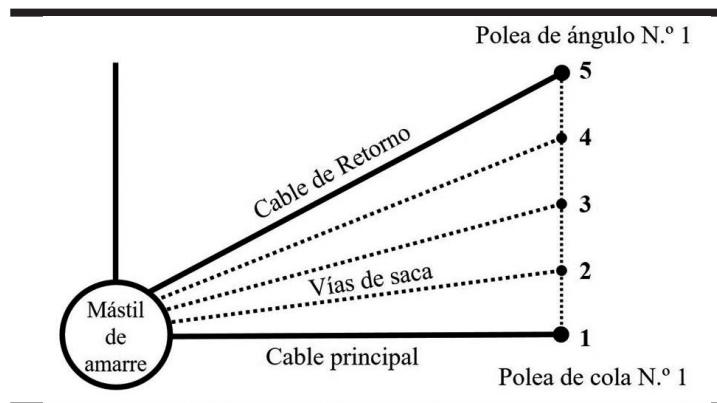


Fuente: Simmons, 1979.

El principio de funcionamiento del sistema de cables de tiro alto es la elevación de la polea guía del cable tractor para ejercer una componente vertical de fuerza que levanta el extremo anterior de las trozas por encima de los tocones, árboles apeados, residuos de la corta, piedras, etc. En realidad, las trozas se arrastran total o parcialmente por el suelo durante la extracción siempre que no haya obstáculos; por ello, no es un verdadero sistema de extracción por suspensión. Debido a su configuración, este sistema es más efectivo cuesta arriba puesto que así está siempre presente una componente vertical de fuerza. Se lo puede emplear también en terrenos llanos (e.g., zonas pantanosas o anegadizas) o para sacar trozas en sentido descendente (cuesta abajo), pero en esos casos su eficacia disminuye notablemente.

La distancia económica de extracción depende de la altura de la polea guía, la potencia y velocidad del cabrestante, el relieve del terreno y la dirección de extracción con respecto a la pendiente. La distancia máxima es de 300-350 m, pero se reduce a 200-250 m cuando se saca en dirección perpendicular a la pendiente. Por lo general, la forma de la unidad de corta es cuadrangular; a veces, rectangular. Este sistema se usa casi exclusivamente en cortas a tala rasa.

*Funcionamiento del sistema.* El equipo de trabajo consta de 7-9 personas: un capataz, un colocador de aparejos, 2-4 lingadores o estroberos, un maquinista operador de cabrestante, un desenganchador y un señalero. (Este se comunica por radio tipo *walkie-talkie* con el maquinista.) El capataz planifica la disposición del sistema en el terreno de las sucesivas vías de saca o corredores a lo largo de los cuales se sacará la madera, ordena y coordina la instalación del sistema. Se coloca la polea de cola al final de la primera vía de saca (se la ata a un árbol o a un tocón), y una polea de ángulo a una distancia conveniente que permita extraer trozas a lo largo de varias vías de saca desde una misma posición del malacate, en una disposición radial con respecto a la máquina motriz, como se ilustra en la Fig. 15. Ésa es la polea de cola N.º 1, que define la vía de saca N.º 1, y la otra es la polea de ángulo N.º 1.

**Figura 15.** Funcionamiento del sistema de cables de tiro alto.

Fuente: Sorge, 1997.

Cuando se enrolla el cable de retorno, la línea principal, los cabos de enlace y las lingas se mueven (bajan) a lo largo de una vía de saca hacia el lugar donde yacen las trozas. Cuando las lingas llegan al sitio deseado, cesa momentáneamente el movimiento de los cables pues el maquinista frena la línea de retorno. Luego se enganchan las trozas a extraer. Una vez que el personal está fuera de peligro (lejos de la faja a lo largo de la cual se moverán las trozas), el señalero o el capataz le indica al operador del cabrestante, por medio de algún tipo de señal, que ponga tensión en la línea principal (que enrolle el cable) de manera que las trozas se muevan (suban) hacia el canchón a lo largo de la vía de saca. Cuando la madera llega al canchón, el maquinista frena la línea y deja caer las trozas al suelo, y uno de los miembros de la cuadrilla las desengancha. Finalmente, este operario se ubica en una posición segura y le indica al maquinista que enrolle la línea de retorno para que los cabos y las lingas vuelvan al lugar donde están las trozas que se van a sacar. Esta operación se repite hasta que se acaben todas las trozas que se puedan extraer desde esta posición. Despues se mueve la polea de cola a la segunda posición, definiéndose así la vía de saca N.º 2. El operador del malacate enrolla la línea de retorno y se repite el ciclo. Se continúa trabajando de esa manera, extrayendo a lo largo de las sucesivas vías de saca hasta llegar a la polea de ángulo N.º 1. Ésta se convertirá entonces en la siguiente polea de cola, y se colocará una nueva polea de ángulo en otra posición (normalmente a 90° de la primera). Esta forma de trabajo continúa así, cubriendo cuadrantes de la unidad de aprovechamiento. Cada vez que se pasa a otro cuadrante, se deben mover

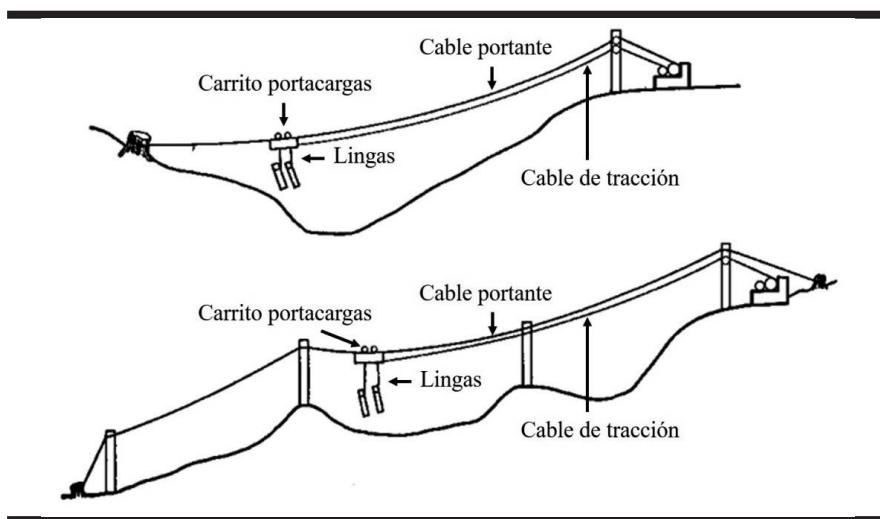
(hacer girar) los aparejos del mástil de amarre (si éste es un árbol), a menos que se utilice una torre metálica de madereo.

El rendimiento del sistema *highlead* depende de la distancia de extracción, el volumen por hectárea, el relieve del terreno, la altura del mástil de cabecera, y la potencia y velocidad de operación del malacate. La producción media ronda los 165 m<sup>3</sup>/día (Stenzel *et al.*, 1985).

### Cables aéreos

Estos sistemas se caracterizan por tener un cable de acero suspendido entre dos soportes o apoyos, amarrados a la parte alta de dos mástiles de amarre. También se los conoce como cablecarriles, cable-grúas, teleféricos y *skyline systems* en inglés. El movimiento de las trozas se efectúa mediante un carrito portacargas que se mueve a lo largo del cable portante, cable vía, o cable guía, por medio de pequeñas ruedas metálicas. Las lingas con que están atadas las trozas se unen, fijan o acoplan al carrito por medio de ganchos, mosquetones, garras o tenazas. Se reconocen tres tipos de cables aéreos: fijos, flojos y móviles. A su vez, algunos de ellos pueden ser de un solo tramo o de tramos múltiples (con apoyos intermedios), como se puede apreciar en la Fig. 16.

**Figura 16.** Sistemas de cables aéreos.



Fuente: Conway, 1976.

Si bien existen numerosos sistemas basados en los tres tipos mencionados, en esta sección sólo se presentarán las características generales de cada uno y se describirá uno en particular a modo de ejemplo. El lector puede consultar la abundante bibliografía disponible sobre este tema, que se encuentra al final de este capítulo, en particular Conway (1976), Simmons (1979), Stenzel *et al.* (1985), Tolosana *et al.* (2004) y USDA Forest Service (1980).

Sistemas de cablecarril fijo: utilizan sólo dos apoyos: un mástil de cabecera en el canchón y un mástil de cola en el otro extremo de la vía de saca, o corredor de extracción; por lo tanto, son sistemas de un solo tramo. El cable portante, que tiene entre 3,8 y 5,7 cm de diámetro, pasa por dos guías llamadas zapatas, ubicadas en la parte alta de los mástiles, y está anclado en ambos extremos a sendos tocones. Estos sistemas se conocen en inglés como *standing skyline* o *tight skyline systems*. Dentro de este grupo existen varios sistemas, cada uno con sus características particulares, entre los que se mencionan los siguientes:

- Sistema North Bend.
- Sistema South Bend.
- Sistema Tyler.
- Sistema de cables tractor-arrastre solidarios (*interlocking skidder system*).
- Sistema por gravedad.
- Sistema Alpwinch.
- Cable-grúa Wyssen: sistema suizo de tramos múltiples, conocido como *seilkräne* (en alemán) o *cable crane* (en inglés), que funciona por gravedad. Permite extraer trozas a lo largo de una faja de 1400 a 1800 m por medio de un carrito abierto con una capacidad de carga entre 1500 y 10.000 kg, soportado por un cable de 2,5 a 5 cm de diámetro. Tiene una capacidad de extracción lateral entre 20 y 75 m.

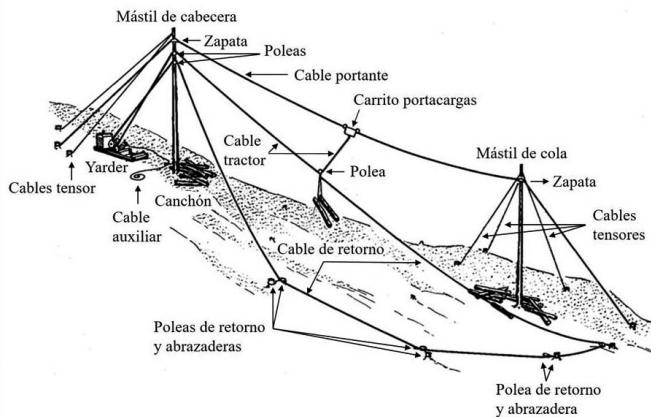
*Sistema North Bend:* Es el más simple y el más común de los sistemas de cablecarril fijo. Consta de un solo tramo y el cable portante, o cable vía, está firmemente anclado en ambos extremos; por lo tanto, no se puede mover (subir ni bajar) y mantiene siempre la misma tensión durante el proceso de extracción. A partir del tocón al cual está amarrado, el cable vía pasa por una zapata que cuelga de la parte más alta del mástil de cabecera, se extiende suspendido sobre el terreno a lo largo de la vía de saca, pasa por otra zapata, colocada en el mástil de cola, y finalmente queda anclado en otro tocón al final de la línea. A su vez, el cable tractor se eleva desde el cabrestante hasta una polea de gran tamaño instalada en el mástil de cabecera, a cierta distancia debajo de la zapata, luego pasa por

otra polea (llamada *fall block* en inglés) que cuelga de la parte inferior del carrito, y por último se engancha en el carrito que se desplaza a lo largo del cable portante. El cable de retorno, controlado y accionado por otro tambor del cabrestante, pasa por tres o más poleas amarradas a tocones y se engancha firmemente en la polea que está por debajo del carrito (*fall block*), al igual que los cabos de enlace (Fig. 17). La polea de cola de la línea de retorno está instalada de modo tal que pueda tirar la *fall block* hacia abajo y facilitar el enganche de las lingas que ya están colocadas alrededor de las trozas que se van a extraer. Mientras se pone tensión en el cable de retorno, se afloja el cable tractor permitiendo que la polea *fall block* sea tirada hacia un costado, formando un ángulo con respecto al cable vía. La línea definida entre la polea de cola y el mástil de cabecera determina la primera vía de saca del sistema.

Al comienzo de la operación las trozas se arrastran parcialmente por el suelo y pueden llegar a atascarse a causa de algún obstáculo (un tocón, una piedra, un árbol caído). Para evitar esto, se frena el cable de retorno mientras se continúa enrollando el cable tractor, logrando así que las trozas se eleven verticalmente y queden suspendidas por completo.

Este sistema funciona mejor cuando se extrae cuesta arriba. También se comporta bien si la extracción es cuesta abajo, pero con pendientes moderadas. Sólo se necesita un cabrestante de dos tambores con capacidad adecuada. La distancia de extracción varía entre 400 y 500 m. La desventaja de este sistema es que su instalación demanda mucho tiempo, al igual que el movimiento de los cables en cada cambio de vía de saca.

Figura 17. Sistema North Bend.

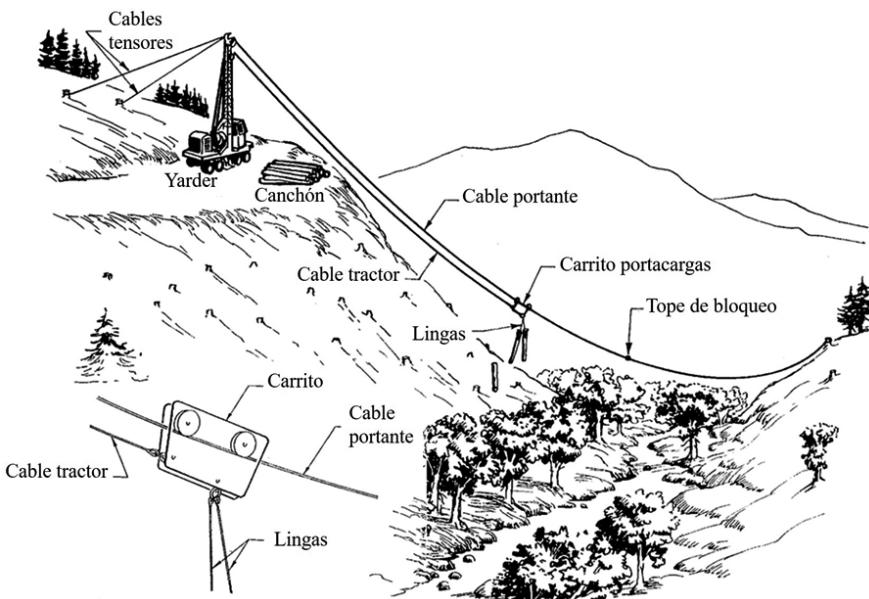


Fuente: Simmons, 1979.

Sistemas de cablecarril flojo: conocidos también como sistemas de cable-grúa arriable o cable-vía vivo, se caracterizan por tener el extremo posterior del cable portante amarrado a un mástil de cola mientras el extremo anterior se enrolla en un tambor del cabrestante, luego de pasar por la polea guía del mástil de cabecera. De esa manera, se puede hacer subir o bajar el cable portante según las necesidades. También se los denomina *live skyline* o *slackline system*, en inglés. Ejemplos de este tipo de sistemas son:

- *Shotgun* o *flyer system*: utiliza un cabrestante de dos tambores para extraer las trozas cuesta arriba. Consta de un mástil o torre de cabecera, el cable portante, el cable tractor, el carrito y un tope de bloqueo del cable portante para poder frenar y detener el carrito en el punto deseado a lo largo del cable vía. No posee línea de retorno; el carrito vuelve al monte por gravedad (Fig. 18).

Figura 18. Sistema *shotgun* o *flyer*.



Fuente: U.S.D.A., 1980.

- *Slackline system*: utiliza un tercer tambor para la línea de retorno.
- *Live skyline with dutchman*.

Sistemas de cablecarril móvil (running skyline): el carrito portacargas corre sobre el cable de retorno y la carga se reparte entre la línea principal y la de retorno. No hay poleas de cola ni poleas esquineras. Se describen a continuación dos ejemplos de esta clase de sistema de cablecarril móvil.

- *Running skyline*. Utiliza un cabrestante con tres tambores: uno para el cable principal, otro para el cable de retorno, y el tercero para tensionar el cable portante. El carrito, unido al cable de retorno, llega al sitio donde están las trozas que se van a extraer, a lo largo de una vía de saca (corredor o faja) mientras se mantiene la tensión en la línea principal. El carrito queda suspendido. Se acciona el freno del tambor de la línea de retorno, se enrolla la línea de tensión del cable portante, y se afloja la línea principal hasta que las trozas queden cerca del carrito. Finalmente, se libera la línea de retorno, lo que permite que el carrito se mueva hacia el canchón. Este sistema se puede usar en cortas a tala rasa o en cortas parciales, además de permitir la extracción cuesta abajo y lateral, y un mayor control sobre las trozas. Es más rápido y efectivo que otros, especialmente si se emplean garras o tenazas mecánicas (en vez de lingas y cabos de enlace) y un carrito con control remoto (activado por radio).
- *Sistema Grabinski*. Es una modificación del sistema *highlead* que emplea un cabrestante de dos tambores. Una polea o roldana corre sobre el cable de retorno y a ella se enganchan los cabos de enlace. Además, el cable de retorno pasa por una polea ubicada a cierta altura sobre un mástil de cola, y vuelve siguiendo la misma dirección que el cable de tracción. Con estas modificaciones se logra mayor capacidad para levantar las trozas, menor daño al suelo y a las trozas, menos atascamientos, mayor distancia de extracción, mayor velocidad, y capacidad para extraer también cuesta abajo.

#### *Ventajas y desventajas de la extracción con cables*

##### **Ventajas**

- Se puede usar en lugares donde resulta imposible, difícil o inconveniente utilizar motoarrastradoras o *forwarders*.
- Es prácticamente independiente de las características del terreno.
- Ofrece la trayectoria más corta entre dos puntos del terreno (el lugar donde se cargan las trozas a extraer y el canchón).
- Dentro de ciertos límites razonables, también es independiente de las condiciones meteorológicas: se puede sacar madera todo el año.
- Funciona en todas direcciones: cuesta arriba, cuesta abajo y siguiendo las curvas de nivel.
- Algunos sistemas consumen menos energía (combustible) que los

métodos por arrastre pues hacen uso de la fuerza de gravedad.

- El uso de cables aéreos no provoca daños al suelo.
- Aun la extracción con cables de tiro alto (*highlead*) a pesar de sus limitaciones, causa menos daño al suelo que la extracción por arrastre.
- Reduce la necesidad de construir caminos forestales.

#### Desventajas

- Requiere una inversión inicial muy alta. Algunos sistemas cuestan alrededor de US\$ 500.000.
- La instalación y el traslado de uno de estos sistemas insume mucho tiempo y dinero. Un sistema portátil demanda dos horas de instalación, mientras que para instalar un sistema fijo se puede tardar hasta dos días.
- El sistema *highlead* sólo se puede aplicar en cortas a tala rasa debido a su capacidad limitada o nula de extracción lateral.
- Se requieren cuadrillas más numerosas, lo que implica un mayor costo de mano de obra por unidad de volumen extraído. Esto se compensa con el menor costo de construcción de caminos.
- Elevados costos fijos de instalación, desmantelamiento y traslado.
- Se deben extraer grandes volúmenes de madera en cada tramo de corta para justificar el uso de estos sistemas.
- Se requiere personal con buen estado físico, debidamente capacitado y entrenado, lo que no siempre es fácil de conseguir.

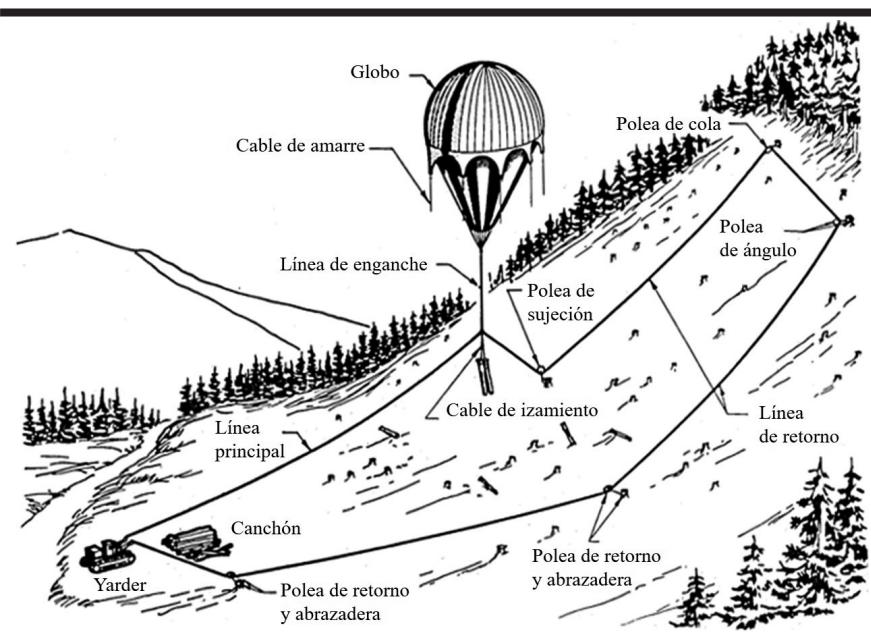
#### EXTRACCIÓN CON GLOBOS AEROSTÁTICOS

La extracción de madera por medio de globos aerostáticos combina la capacidad de elevación del globo con las características de algunos sistemas por cable. El objetivo es sacar las trozas de la zona de corta hacia un canchón de modo tal que no estén en contacto con el suelo, como en un sistema de cable aéreo. Es decir que las trozas están suspendidas en el aire durante la extracción. De esta forma se pueden aprovechar bosques situados en lugares de muy difícil acceso o en áreas muy frágiles desde el punto de vista ambiental, tales como: pendientes muy empinadas, terrenos escabrosos o rocosos y suelos inestables.

Al principio se emplearon globos dirigibles de estructura metálica rígida (tipo zepelín), basados en modelos británicos de la Segunda Guerra Mundial. Los primeros globos para extraer madera se utilizaron en Suecia (1956) y en Canadá (1963), pero no se obtuvieron los resultados esperados (Stenzel *et al.*, 1985). En 1967, una compañía de Oregón, Estados Unidos, desarrolló un globo aerostático esférico, llamado *Raven balloon*, lleno con helio (He), de 25 m de diámetro y 26,5 m de altura, con una capacidad de elevación es-

tática de 5 t (Conway, 1976). En su construcción se utilizó dacrón (una fibra textil sintética) cubierto con una capa de poliuretano. Luego se fabricaron otros modelos de diferentes tamaños y capacidades. Los servicios forestales de Estados Unidos y de Canadá, al igual que varias empresas forestales privadas de esos países, usan actualmente estos globos en algunas regiones donde no es posible o no está permitido sacar madera por otros métodos. En la Argentina no se utilizan globos para sacar madera del monte. Existen varias configuraciones de sistemas de extracción por medio de globos, de los cuales los más conocidos son: (a) *highlead*, (b) *skyline* invertido y (c) *yo-yo*. Sin embargo, se considera que la forma convencional es la configuración tipo *highlead*, muy similar al sistema homónimo descrito con anterioridad. En éste, el globo lleno con He proporciona la capacidad de elevación de las trozas. La Fig. 19 muestra los elementos característicos de este sistema, que se describe en los párrafos siguientes.

**Figura 19.** Sistema de extracción con globo aerostático.



Fuente: U.S.D.A., 1980.

Un cabrestante de dos tambores interconectados suministra la fuerza motriz necesaria para mover la línea de tracción y la línea de retorno. Básicamente, el sistema funciona como si hubiese una sola línea continua

sinfín, pero los dos extremos del cable se enrollan en dos tambores diferentes que giran en forma sincronizada en sentidos opuestos. La línea principal (25-29 mm de diámetro) va del cabrestante a los cabos de enlace, donde hay una serie de ganchos, cadenas y eslabones, y ahí comienza la línea de retorno. Ésta pasa primero por una polea que fuerza al cable a bajar (polea de sujeción), luego por las poleas de cola, por las poleas de ángulo (o esquineras) y finalmente se enrolla en el otro tambor del malacate. Un cable de 100-200 m, denominado línea de enganche o *tether line*, conecta la parte inferior del globo con los cabos de enlace; éstos, a su vez, se conectan con el cable de izamiento (*tag line*), de 30-60 m de longitud, que termina en un gancho grande, al cual se acoplan las lingas que están atadas a las trozas que se van a extraer. Esta línea permite la extracción lateral a lo largo de una faja a ambos lados del cable de tracción. En este sistema existen dos poleas de cola: una delantera y una trasera. La primera va cambiando de posición a medida que avanza la operación, para situar la línea de izamiento y las lingas cerca de cada grupo de trozas a extraer, en tanto que la última está al final de cada faja o vía de saca. El sistema se usa mayormente para sacar madera cuesta abajo en cortas a tala rasa, comenzando en la parte más alta de la unidad de aprovechamiento y avanzando hacia abajo a lo largo de la vía de saca, faja o corredor.

*El ciclo de extracción.* El ciclo de trabajo comienza con el globo y los cabos de enlace cerca del cabrestante. Se afloja la línea principal permitiendo que el globo ascienda y levante la línea de izamiento del suelo. Cuando el globo se encuentra suspendido, se acciona la línea de retorno para mover el globo y los cabos de enlace hacia el área donde están las trozas que se van a sacar. Una vez allí, se debe posicionar la línea de izamiento cerca de las trozas. Para eso se frena la línea principal y se tensiona la línea de retorno, haciendo descender el globo. Gracias a una polea colocada para ese fin, la tensión en esa línea hace que los cabos de enlace bajen hasta el suelo, venciendo la fuerza ascensional del globo, de manera que se puedan enganchar las lingas. El operador del malacate y los lingadores se comunican por radio.

Enganchadas las trozas a la línea de izamiento, se invierte el trabajo: se libera la línea de retorno y se pone tensión en el cable tractor (se lo enrolla). Como la masa del globo es mucho mayor que la de las trozas, éste se eleva bruscamente en el aire. A partir de ese momento, los dos tambores del malacate quedan interconectados para mantener constante la tensión de las líneas y permitir que la carga se mueva a la altura deseada. Cuando las trozas llegan al canchón, el maquinista frena la línea de retorno, mientras la línea de tracción, todavía tensionada, tira el globo hacia abajo hasta que las trozas llegan al suelo. Recién entonces el cable de izamiento está flojo para que se puedan desenganchar las lingas. Finalmente, se enrolla la línea de retorno para que el conjunto vuelva al monte a sacar más

madera, iniciando así un nuevo ciclo. A medida que avanza la operación a lo largo de una faja, se va moviendo cuesta abajo la polea que guía a la línea de retorno para bajar la línea de izamiento; o sea, se va cambiando de lugar dicha polea hasta que quede al alcance del siguiente grupo de trozas a extraer. Antes de cambiar la posición de la polea de cola y de la polea que tira el cable hacia abajo, generalmente se extrae madera en una faja de 50-100 m de ancho y 1 km de largo (5-10 ha) y recién se empieza a trabajar en una nueva faja o vía de saca.

La capacidad de elevación estática de un globo de 25 m de diámetro, con 7.000 m<sup>3</sup> de helio, es de 5.000 kg para una distancia de extracción de 1.500 m, pero varía con la altitud y la temperatura del aire. Dependiendo del peso de los cables y el conjunto de accesorios, este globo puede levantar y mover grupos de trozas que pesen entre 2.200 y 4.000 kg. A medida que aumenta la distancia horizontal del globo al cabrestante, disminuye la capacidad neta del sistema. La distancia económica de extracción varía entre 900 y 1.200 m, aunque se considera que la distancia óptima es de 1.000 m.

Para poder emplear este sistema, se necesita un cabrestante con dos tambores de gran capacidad, dotados de un mecanismo de interconexión entre ellos, una cargadora de trozas situada en el canchón, un tráiler con el tanque que contiene el gas He, y un vehículo especial para el traslado del globo. Dependiendo de la distancia máxima de extracción, se precisan 1.700 m de cable de acero de 25 mm de diámetro para la línea principal y 2.100 m de cable para la línea de retorno. También se requiere de un espacio abierto de 0,5 ha como mínimo para guardar (estacionar) el globo cuando no se lo usa, por medio de una serie de cuerdas o cables (cables de amarre) que lo anclan firmemente al suelo o a tocones. Este espacio, que debe estar protegido del viento, sirve para el inflado inicial del globo, para protegerlo y guardarlo, y para tareas de mantenimiento y reparaciones.

La implementación de un sistema como el descrito implica una inversión inicial considerable. Según estimaciones de la FAO (1996), el costo total aproximado es de alrededor de US\$ 600.000, incluyendo el cabrestante, el globo, el helio, los cables y todos los accesorios. El equipo de trabajo está compuesto por 6-7 personas.

El ciclo de extracción, para una distancia de 1 km, es de 10 min. Del tiempo total que consume la operación, el 30 % corresponde a preparación y enganche de las trozas, 30 % al cambio de posición de las poleas y algunas demoras, y sólo un 20 % es la duración real de la extracción. La productividad depende de la distancia de extracción. Tolosana *et al.* (2004) reportan un rendimiento medio de 35 m<sup>3</sup>/h para una distancia de desembosque de 1 km.

Estos valores se podrían mejorar de varias maneras; por ejemplo, sacando trozas más grandes, preparando mejor las trozas que se van a sacar, usando dos líneas de izamiento y entrenando mejor a los operarios. To-

mando como base una utilización (tiempo operativo teórico o programado) de 1.600 h/año, el costo horario varía entre US\$ 190 y US\$ 255/h, de los cuales el 30 % representa el costo de mano de obra.

### *Ventajas y desventajas de la extracción con globos aerostáticos*

#### **Ventajas**

- Se pueden aprovechar bosques situados en lugares de muy difícil acceso donde sería imposible usar otros métodos de extracción.
- Se reducen al mínimo los daños al suelo y a la regeneración.
- Se dañan menos las trozas que con otros métodos.
- Disminuye la densidad de caminos y, por ende, el costo de construcción de caminos.
- Mejoran las condiciones de seguridad para los trabajadores.

#### **Desventajas**

- Se requiere una elevada inversión inicial.
- El globo es sensible a los vientos y las altas temperaturas.
- Existe el potencial peligro de incendio.
- La instalación del sistema demanda mucho tiempo.
- Se necesita un espacio grande para estacionar el globo.
- Se requiere un gran volumen de madera por hectárea para que el sistema resulte económico.

### **EXTRACCIÓN CON HELICÓPTEROS**

Al igual que los globos aerostáticos, los helicópteros ofrecen soluciones alternativas para algunas situaciones difíciles que se presentan en el aprovechamiento de bosques situados en lugares inaccesibles para los métodos por cables aéreos, o donde sea necesario evitar o minimizar los daños al ecosistema, o reducir los elevados costos de construcción de caminos. No obstante, el empleo de helicópteros raramente es una alternativa factible desde el punto de vista económico, aun cuando su uso signifique causar un impacto ambiental menor.

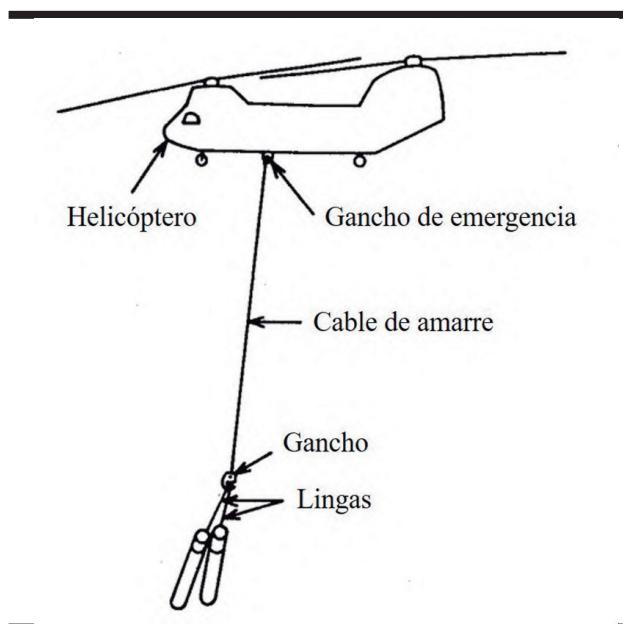
La extracción por medio de helicópteros se caracteriza por la capacidad del sistema de sacar las trozas por el aire, llevándolas desde la zona de corta hasta un canchón o cargadero; es decir, las trozas que se extraen están completamente suspendidas en el aire, sin ningún contacto con el suelo. Además, las distancias de extracción son mayores que con los métodos convencionales.

Varios autores presentan reseñas sobre la evolución histórica del uso de helicópteros para sacar madera del monte. El lector puede consultar

los detalles en Conway (1976), Stenzel *et al.* (1985) y Tolosana *et al.* (2004). Actualmente se emplean helicópteros para extraer madera en Estados Unidos, particularmente en bosques situados en regiones montañosas de difícil acceso, como algunos estados del Noroeste y Alaska, en Louisiana, para sacar rollos de ciprés calvo (*Taxodium distichum*) en zonas pantanosas, y en la provincia de Columbia Británica, en Canadá. También se han utilizado en Alemania, Austria, Suiza y Sudáfrica. Las marcas más conocidas de helicópteros empleados con fines forestales son: Sikorsky, Bell y Columbia.

*El ciclo de extracción.* El sistema consta de: helicóptero, cable de amarre, un gancho de emergencia y un gancho al que se acoplan las lingas (Fig. 20).

**Figura 20.** Elementos de un sistema de extracción con helicóptero.



Fuente: Stenzel *et al.*, 1985.

El helicóptero vuela desde el cargadero hasta el punto donde se encuentran las trozas listas para ser recogidas; una vez allí, permanece suspendido sobre ese punto por un tiempo corto. En ese momento, un operario (el "enganchador") conecta las trozas prelingadas a un gancho que cuelga del

extremo del cable de amarre (*tag line*), que está acoplado a la estructura de la aeronave. Este cable normalmente tiene 30-45 m de longitud, pero en el caso de cortas parciales, donde se deben proteger los árboles remanentes, llega a ser de 60-75 m (Conway, 1976). El piloto y el enganchador se comunican por radio. En cuanto las trozas están enganchadas y el operario está fuera de la zona de peligro, el helicóptero se eleva en dirección vertical, manteniendo la carga suspendida, y vuela hacia el cargadero. Al llegar allí, el piloto hace descender la aeronave y la posiciona a una distancia del suelo aproximadamente igual a la longitud del cable de amarre. Luego, coloca la carga en el suelo y, mediante un control remoto, abre el gancho eléctricamente y libera la carga; es decir, la desengancha. Inmediatamente inicia el vuelo de regreso hacia el bosque a buscar la próxima carga de trozas. El cable de amarre posee un sensor que monitorea el peso de la carga y le indica al piloto, mediante una señal lumínica en el tablero de comandos, si detecta un exceso de peso.

Debido al gran volumen de madera que se saca diariamente, el cargadero debe ocupar un espacio grande, adecuado para acumular dicho volumen. Por ello es conveniente disponer en ese lugar de una cargadora autopropulsada, sobre ruedas, que lleve las trozas a una cancha de acopio o al lugar donde serán cargadas en camiones para su transporte posterior (Fig. 21).

**Figura 21.** Extracción con helicóptero.



Fuente: Humphries, B., Forest Resource Consultants, Inc., 2004.

El ciclo de extracción consta de cuatro elementos:

1. Enganche de las trozas: 60-90 segundos.
2. Extracción hacia el cargadero.
3. Desenganche de las trozas: 15-30 segundos.
4. Viaje de regreso al bosque.

Los tiempos de enganche y desenganche de la carga son prácticamente constantes, en tanto que los de extracción y de regreso dependen de la distancia. Según Tolosana *et al.* (2004), las distancias más comunes son cortas: entre 500 y 1.000 m. Para Conway (1976), en cambio, la distancia económica de extracción varía entre 2 y 5 km. Más allá de los 5 km, aumenta el tiempo total del ciclo, suponiendo que la aeronave vuela a velocidad constante. Típicamente, el ciclo total varía entre uno y tres minutos para una distancia óptima de 750 a 1200 m, según Stenzel *et al.* (1985). El tiempo de extracción también depende de la pendiente y la velocidad crucero del helicóptero, además de la distancia. Cuando aumenta la distancia, el piloto puede aumentar la velocidad, en función de la capacidad de carga de la máquina, para que el tiempo de extracción se mantenga constante (mínimo). Por su parte, el tiempo de enganche depende del tamaño de las trozas, de la composición de la carga y de las condiciones del terreno. Los lingadores y el enganchador deben preparar una mezcla de trozas de tamaño apropiado para lograr que en cada viaje el helicóptero saque la máxima carga posible, la que aumenta gradualmente a medida que va disminuyendo el peso del combustible. Finalmente, el tiempo de regreso (vacío) es más corto que el de extracción pues la aeronave viaje a la velocidad máxima.

El tiempo productivo de un helicóptero es de 50-70 % del tiempo programado; es decir, sólo durante 30-40 minutos de cada hora, la máquina realiza trabajo efectivo. Las pérdidas debidas a condiciones meteorológicas, mantenimiento y otras causas llegan al 30-50 %. La recarga de combustible demanda 4-5 minutos y se efectúa cada cuarenta y cinco minutos aproximadamente.

En terrenos con pendientes suaves de hasta un 20 %, la máxima velocidad crucero del helicóptero es de 130-160 km/h. A medida que aumenta la pendiente (35-40 %), se debe disminuir la velocidad a 65-100 km/h.

Dependiendo del tamaño y el peso de las trozas y de la capacidad de la aeronave, se pueden enganchar al cable de amarre de una a cinco lingas con sus respectivas trozas para sacar en cada viaje. Como la productividad es directamente proporcional al volumen por viaje, es importante mantener la carga máxima en cada ciclo de extracción. Sin embargo, no se debe sobrecargar a la máquina ya que eso aumenta el desgaste y los costos de mantenimiento. El sensor del cable de amarre cumple una función importante en ese sentido.

La capacidad de carga de un helicóptero varía entre 2 y 13 t, dependiendo de la marca y el modelo (Tolosana *et al.*, 2004). Dado que el ciclo de extracción es tan corto, es importante que los obreros que trabajan en el terreno tengan trozada y lingada con bastante anticipación la madera que van a enganchar al cable de amarre en cada viaje, para que el helicóptero pueda recoger y llevar un paquete de trozas al cargadero en un

tiempo mínimo, evitando superar la capacidad de carga de la máquina. De ahí la importancia de contar con personal suficientemente capacitado.

La productividad de una operación de extracción con helicóptero se ve afectada por varios factores, entre los que se pueden mencionar: la altitud, las condiciones meteorológicas (en particular, la temperatura del aire, la velocidad del viento, y la presencia de lluvia, nieve o niebla), la pendiente y el volumen de madera extraído por viaje. Esto último, a su vez, depende del tamaño de las trozas, de la densidad de la madera y de la capacidad de la aeronave. Como ejemplo histórico, se puede citar que un helicóptero Sikorsky S-64 Skycrane producía entre 100 y 125 m<sup>3</sup>/h (Conway, 1976).

### *Organización del equipo de trabajo*

La extracción eficiente con helicóptero exige prestar mucha atención a todas las fases del aprovechamiento y, por lo tanto, a la conformación y al buen funcionamiento del numeroso equipo de trabajo que interviene, puesto que se trata de una operación muy costosa. Si bien el número de personas depende del conjunto de máquinas que constituyen el sistema, según Conway (1976), se necesitan entre dieciséis y veinte operarios: tres a cinco motosierristas, tres o cuatro lingadores y uno o dos enganchadores en el bosque, dos o 3 desenganchadores y un operador de grúa (cargadora) en el canchón, cuatro o cinco pilotos, tres a cinco personas para recargar combustible y realizar el mantenimiento del helicóptero, y un supervisor. Además del personal, la extracción con helicóptero requiere de un equipamiento auxiliar consistente en: motosierras (en el canchón), un ómnibus o combi para el traslado del personal, un camión cisterna para el combustible, el equipo de lucha contra incendios, un camión con agua, un vehículo tipo combi que sirva como taller rodante, provisto de repuestos, lingas, etc. Hasta puede ser necesario contar con un grupo electrógeno para poner en marcha la aeronave. Dicho equipamiento puede llegar a representar una inversión del 15-20 % del precio del helicóptero.

### *Costos de la extracción con helicópteros*

La extracción con helicópteros es una operación extremadamente cara. En la década de 1980, la inversión inicial para la compra de la aeronave variaba entre US\$ 800.000 y US\$ 6.000.000 (Stenzel *et al.*, 1985), dependiendo de la marca y del modelo. A eso hay que agregarle el costo de adquisición del equipamiento auxiliar: entre US\$ 120.000 y US\$ 1.200.000. Tomando como base 1.800 horas-máquina por año, el costo operativo promedio se ubica entre US\$ 208/h (para una carga de 2 t) y US\$ 1.200/h (para una carga de 8 t). Como el tiempo productivo es el 50-70 % de esa cifra, el costo ope-

rativo resulta ser mucho mayor (Conway, 1976). En operaciones de extracción con helicópteros en bosques de ciprés calvo en el estado de Luisiana, Estados Unidos, el costo horario variaba entre US\$ 1.500 y US\$ 2.200/h (Brinker, 1988; comunicación personal).

Por su parte, Tolosana *et al.* (2004) señalan que el número de horas anuales de vuelo oscila entre 800 y 2.800 h/año pues el número de horas diarias de vuelo varía con la altitud y con la época del año. En consecuencia, la productividad puede variar entre 40 y 350 t/h, dependiendo del tipo de madera extraída. Indican, además, costos unitarios de US\$ 70/m<sup>3</sup> para distancias de 3 km.

El aprovechamiento con helicópteros sólo es factible bajo ciertas condiciones. Su uso se justifica cuando la madera que se va a sacar es muy valiosa, el costo de construcción de caminos es muy elevado y el terreno es muy sensible a otros métodos de extracción.

La capacidad de producción de un sistema de extracción con helicópteros, en condiciones favorables, excede a la de cualquier otro sistema existente. Sin embargo, pocas empresas utilizan helicópteros para sacar madera, la mayoría de América del Norte. Esto se debe, como ya se dijo, a la enorme inversión inicial y a los altos costos operativos. A pesar del impacto favorable sobre el ecosistema, su uso no resulta económicamente factible para muchas empresas forestales. Se debe analizar cuidadosamente la relación costo-beneficio antes de tomar cualquier decisión que podría provocar un desastre financiero.

### *Ventajas y desventajas de la extracción con helicópteros*

#### Ventajas

- El sistema se puede instalar en forma rápida y relativamente fácil.
- El helicóptero puede volar prácticamente sobre todo tipo de terreno.
- Se pueden extraer grandes volúmenes de madera en poco tiempo.
- Disminuye considerablemente el costo de construcción de caminos.

#### Desventajas

- Se requiere una gran inversión inicial si se va a comprar la aeronave.
- El costo operativo es muy elevado.
- La altura, la temperatura del aire y otras variables meteorológicas influyen negativamente sobre la productividad del helicóptero.
- Se necesita un gran volumen de madera por hectárea, preferentemente de alto valor, para justificar el empleo del sistema.
- El apeo y trozado de los árboles, así como el lingado de las trozas, se deben realizar con mucha antelación.

## Otros métodos de extracción

Se pueden encontrar en la bibliografía otros métodos para sacar madera del monte, además de los que se han presentado hasta aquí. De ellos, vamos a hacer sólo una breve referencia a la “rodeada” y a la extracción por medio de un sulky o arco de madereo.

### RODEADA

La típica extracción de rollizos, postes y leña en la Región del Parque Chaqueño Seco se conoce localmente como “rodeada”. Se realiza por medio de un pequeño carro de dos ruedas, llamado “zorra”, tirado por una mula, que puede cargar hasta una tonelada (Fig. 22). Las trozas se colocan a mano sobre la plataforma de la zorra y se las traslada desde el pie del tocón hasta el borde de una vía de saca, o “picada”, recorriendo distancias medias de 250 m. Cuando se sacan rollizos para la producción de durmientes o tablas, se emplean hasta cuatro hombres en esta tarea. En cambio, la extracción de leña o de postes sólo requiere de dos “rodeadores”. En estos casos, al final de cada ciclo, los obreros descargan la zorra desenganchando los arneses y dejando caer la carga, de modo que el material leñoso queda acumulado al borde de la picada o del camino en forma de montones irregulares. La productividad de la rodeada varía entre 750 kg (leña) y 800 kg (postes) por viaje, aunque excepcionalmente suele llegar a 900 kg cuando se extraen rollizos (Turc y Mazzucco, 1998).

**Figura 22.** Extracción de leña de quebracho blanco con “zorra”.



Fuente: Turc y Mazzucco, 1998.

#### EXTRACCIÓN CON SULKY O ARCO DE MADEREO

En varios países se han empleado diversos dispositivos basados en principios básicos de la física, como la palanca, la rueda y el plano inclinado. Uno de los más conocidos es el denominado *sulky* o arco de madereo, una máquina manual, de tecnología sencilla, que permite levantar trozas de tamaño pequeño y trasladarlas desde el pie del tocón hasta una cancha de acopio. Su principal característica es la capacidad de levantar la troza del suelo, al menos parcialmente (si no se lo puede hacer en forma total) para reducir la fricción y los daños al suelo y la madera extraída.

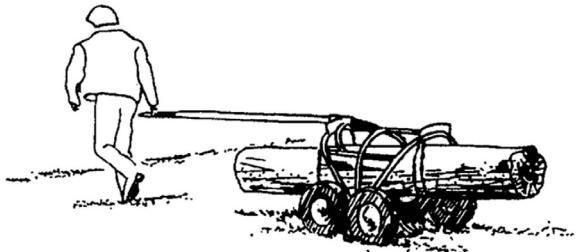
Consta de un bastidor metálico en forma de arco, o una estructura rígida en forma de H, con una rueda en cada extremo, provisto de un gancho y una cadena para ligar la troza, con una barra longitudinal (lanza) que termina en una agarradera. La madera se saca tirando manualmente de la agarradera.

Existen dos tipos de sulky para uso forestal: el de dos ruedas y el de cuatro ruedas, con dos ejes en tandem tipo *boggie*. El primero es más sencillo y barato, y se lo puede construir en cualquier taller bien equipado. En cambio, el de eje doble, desarrollado por un técnico finlandés, es un poco más complicado y caro para fabricar, pero permite sacar trozas de mayor tamaño (Heikkilä, 1988). Además, el eje *boggie* tiene la ventaja de poder sortear obstáculos como tocones, ramas, piedras y pozos en la vía de saca.

El modelo de sulky finlandés se ha usado en Costa Rica, Tanzania y Perú (F.T.P. International Ltd., 1996). Por otra parte, una adaptación de ese

modelo, llamado “carro de arrime”, se ha empleado satisfactoriamente para extraer trozas de pino en México (Acevedo, 1997), como se ilustra en la Fig. 23. En la Patagonia Argentina se ha utilizado un arco de madereo de dos ruedas, en combinación con una yunta de bueyes, para extraer rollos de lenga, ciprés de la cordillera y pino (Pantaenius, 2010).

**Figura 23.** Extracción de la troza utilizando el carro de arrime.



Fuente: Acevedo, 1997.

## Bibliografía

- Acevedo, A. 1997. Desarrollo de un carro de arrime manual para trocería. In *Actas de la Conferencia Internacional “Sistemas de producción forestal: análisis, cuantificación y sustentabilidad.”* Depto. de Producción Forestal, Universidad de Talca, Talca, Chile. 15-18 Julio 1997. p. 29-36.
- Anaya, H. y P. Christiansen. 1986. *Aprovechamiento forestal: Análisis de apeo y transporte.* Instituto Interamericano de Ciencias Agrarias, San José, Costa Rica.
- Campbell, A. 2007. Cable Skidder [Imagen]. Flickr. [https://www.flickr.com/photos/aaron\\_c/387431392](https://www.flickr.com/photos/aaron_c/387431392).
- Conway, S. 1982. *Logging practices.* Miller Freeman Publications, San Francisco, USA.
- Eroglu, H., H.H. Acar, M.S. Ozkaya, and F. Tilki. 2007. Using plastic chutes for extracting small logs and short pieces of wood from forests in Artvin, Turkey. *Building and Environment* 42(10):3461-3465. Elsevier Ltd., Amsterdam, The Netherlands.

- F.A.O. 1974. La explotación maderera y el transporte de trozas en el monte alto tropical. FAO: Cuadernos de fomento forestal N.º 18, FAO, Roma.
- F.A.O. 1983. Tecnología básica en operaciones forestales. Estudios FAO: Montes N.º 36, FAO, Roma.
- F.A.O. 1985. Logging and transport in steep terrain. FAO Forestry Paper N° 14, Rev. 1, FAO, Rome.
- F.A.O. 1996. Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal. FAO, Roma.
- F.T.P. International Ltd. 1996. The sulky. APPRODEV Reference Manual, Part 3. National Board of Education Group, Helsinki, Finland.
- Gasser, D.P. and B.R. Hartsough. 1988. Smallwood skidding using plastic chutes. In International Mountain Logging and Pacific Northwest Symposium, Oregon State University-IUFRO, Portland, Oregon, USA, 12-16 December 1988. p. 23-26.
- Hannu, A. 2014. Ponsse Bison S15 [Imagen]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/96907775@N04/15887419461>.
- Heikkilä, T.A. 1988. Manual del carro de arrastre de trozas (sulky). FinnIDA (Agencia Finlandesa Internacional de Desarrollo), Helsinki, Finlandia.
- Humphries, B., Forest Resource Consultants, Inc. 2004. Helicopter logging in Idaho [Imagen]. Forestry Images. <https://www.forestryimages.org/browse/image/1450070>.
- I.F.I.E. (Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias). 1968. Terminología forestal. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Montes, Caza, y Pesca Fluvial. Madrid.
- MacDhòmhnaill, M. 2013. John Deere 1410D Eco III [Imagen]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/martainn/10369303594/in/photostream>.
- MacDhòmhnaill, M. 2020. Ponsse Elephant [Imagen]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/martainn/49895830992>.
- McGraw, W.E. and R.M. Hallett. 1970. Studies on the productivity of skidding tractors. Department of Fisheries and Forestry, Canadian Forestry Service Publication No. 1282. The Queen's Press, Ottawa. [Citado por Conway (1976)].
- Pantaenius, P.M. 2004. Extracción con bueyes en yunta o individual en primer raleo de pino en la Región Andino-Patagónica. PIA 42/98. Investigación Forestal al Servicio de la Producción. SAGPyA, Buenos Aires.
- Pantaenius, P. 2010. *Manual de aprovechamiento forestal*. CIEFAP, Manual N.º 10, Esquel, Chubut, Argentina.
- Pantaenius, P.M. 2011. *Sistemas de aprovechamiento forestal y temas relacionados*. Rúcula Libros, Buenos Aires.
- Simmons, F. 1979. *Handbook for Eastern timber harvesting*. U.S. Forest Service, Broomall, Pennsylvania, USA.

- Skogsstyrelsen (Dirección Nacional de Bosques de Suecia). 1986. *Transporte de madera con tractor agrícola*. Jönköping, Suecia.
- Sorge, F. 1997. Extracción por suspensión. Seminario presentado ante la Cátedra de Aprovechamiento Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina. 11 p.
- Stenzel, G., T.A Walbridge, and J.K. Pearce. 1985. *Logging and pulpwood production*. John Wiley & Sons, New York.
- Tolosana, E., V.M. González y S. Vignote Peña. 2004. *El Aprovechamiento Maderero*. Ediciones Mundi Prensa, Madrid.
- Turc, C.O. y R.V. Mazzucco. 1997. Aprovechamiento Forestal en la República Argentina. In Actas de la Conferencia Internacional "Sistemas de producción forestal: análisis, cuantificación y sustentabilidad." Depto. de Producción Forestal, Universidad de Talca, Talca, Chile. 15-18 Julio 1997. p. 113-128.
- Turc, C.O. y R.V. Mazzucco. 1998. Caracterización de los sistemas de aprovechamiento forestal utilizados en los montes santiagueños. *Quebracho* 6:59-68.
- United States Department of Agriculture. 1980. Logging systems guide. USDA Forest Service, Alaska Region, Series No. R10-21, Juneau, Alaska, U.S.A.
- United States Department of Agriculture, Forest Service. 2013. A grapple skidder pulling a load of transpirationally dried loblolly pine tree [Imagen]. Forestry Images. <https://www.forestryimages.org/browse/image/5501395>.
- Vignote Peña, S., J. Martos Collado y M.A. González Álvarez. 1993. *Los tractores en la explotación forestal*. Ediciones Mundi Prensa, Madrid.
- Wikimedia Commons. 2010. FMC 210 Skidder [Imagen]. Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FMC\\_210\\_Skidder.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FMC_210_Skidder.jpg).
- Wikimedia Commons. 2013. Skidder mit Kran Klemmbank und Frontpolter [Imagen]. Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skidder\\_mit\\_Kran\\_Klemmbank\\_und\\_Frontpolter\\_0471.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skidder_mit_Kran_Klemmbank_und_Frontpolter_0471.jpg).
- Winer, H.I. 1967. Skidding productivity study's first report. *Pulpwood Annual, Pulp & Paper* (April 3):68. [Citado por Conway (1976)].



## Capítulo 9

# Carga y descarga de la materia prima forestal

La carga es una de las fases principales en una operación de aprovechamiento forestal. Constituye además una de las cuatro componentes de un sistema de aprovechamiento, excepto cuando se realiza el “chipeado” o astillado de la materia prima en el monte. Por ejemplo, en un sistema de aprovechamiento de fuste limpio, tenemos:

CORTA → EXTRACCIÓN → CARGA → TRANSPORTE

Una vez que se han extraído los fustes hasta el canchón, se los troza según las especificaciones del comprador, y luego se procede a colocar las trozas sobre un vehículo con ruedas para su transporte posterior. Generalmente se las carga sobre un camión con acoplado o semirremolque y se las traslada a su destino final o hasta un punto intermedio (playa de acopio o punto de transferencia). La carga resulta ser, entonces, el nexo entre las operaciones en el monte y el transporte de la materia prima.

La productividad y los costos de un sistema de aprovechamiento forestal están determinados a menudo por la eficiencia de esta tercera componente y por la capacidad de su equipo de carga. Según Bromley (1976), el tiempo que demanda cargar un camión con madera corta para pasta celulósica representa hasta un 45 % del total de las horas-hombre utilizadas dentro de un sistema de aprovechamiento y un 33 % del costo unitario total. Estas cifras dan una idea del tiempo y el costo que implica la carga en sí misma. Además, la ejecución de esta componente está asociada con una alta frecuencia de accidentes. En consecuencia, es preciso equilibrar el número de camiones con la capacidad de la máquina cargadora a fin de evitar demoras durante la carga y lograr así una operación eficiente, económica y segura.

## Métodos de carga

Los métodos de carga se pueden clasificar en estacionarios o fijos y móviles. Algunos de los que se describen a continuación se utilizan en la actualidad, en tanto que otros ya son obsoletos y sólo revisten interés histórico.

### MÉTODOS ESTACIONARIOS

El equipo de carga debe ser armado e instalado en cada punto de carga o canchón y desmantelado una vez que termina la carga. Los métodos estacionarios se usan en lugares donde la mano de obra es barata y los productores o contratistas poseen equipos muy rudimentarios, con inversiones de capital muy pequeñas, o con bajos volúmenes de producción. En los países desarrollados, estos métodos no se utilizan más.

- Carga manual. Es la modalidad de trabajo usada casi en forma exclusiva para cargar postes, leña y rollos en los montes santiagueños, dentro de la Región Chaqueña de la Argentina (Fig. 1). El número de operarios que intervienen en esta ardua tarea depende del tamaño de la pieza de madera a mover. En muchos otros países con escaso desarrollo tecnológico, especialmente en operaciones de pequeña escala donde la mano de obra es abundante y barata, la carga se realiza en forma manual.

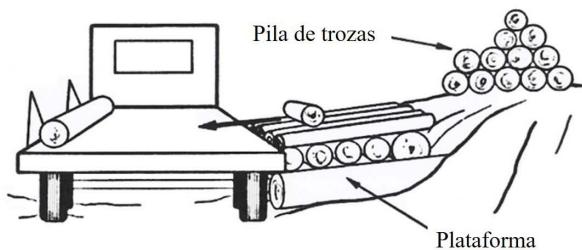
**Figura 1.** Carga de trozas sobre un acoplado tirado por un tractor agrícola



Fuente: fotografía propia.

- a. Rodado manual. Consiste en hacer rodar los rollos o trozas hacia un remolque, acoplado o vagón con la ayuda de una palanca. Se construye con troncos una especie de plataforma en plano inclinado, ubicada a una altura superior a la del vehículo a cargar. Se coloca las trozas en la parte más alta de la plataforma y se las hace rodar hacia el vehículo, como se ilustra en la Fig. 2. Este método, muy lento y laborioso, casi no se usa.

**Figura 2.** Esquema del funcionamiento del rodado manual.



Fuente: Conway, 1982.

- Carga lateral. Consiste en jalar las trozas haciéndolas rodar o deslizar de modo ascendente hacia la caja o plataforma de un vehículo de carga por medio de un plano inclinado (a modo de rampa) formado por dos postes (preferentemente con corteza lisa), o tablones, y un par de cables, cadenas o sogas que envuelve a la troza por debajo. El extremo libre del cable está unido a una fuente de fuerza ubicada al otro lado del vehículo. Dicha fuerza puede ser suministrada por animales de tiro, por la barra de tiro de un tractor, o por un guinche o malacate. Se tira el extremo del cable y la troza rueda hacia arriba, por el plano inclinado, hasta caer en la plataforma del vehículo (Fig. 3). Cuando se carga madera larga, las trozas se colocan en sentido longitudinal; en cambio, las trozas cortas ( $\leq 2,50$  m) se cargan en sentido transversal al eje del camión (Fig. 4). En algunos lugares del Parque Chaqueño Seco y en la Región de la Yungas se emplea el término *lisas* para referirse al par de tablas o postes inclinados que facilitan el rodado o deslizamiento ascendente de los rollos o las trozas hacia la plataforma del camión o del acoplado.

**Figura 3.** Carga de trozas aplicando el método de carga lateral.



Fuente: Wackerman, 1966.

**Figura 4.** Carga de trozas por medio de un plano inclinado.



Fuente: Sánchez-Vidaña *et al.*, 2018.  
Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

- Grúa de mástil. Está formada por un poste o un árbol, de 10 a 15 m de altura, asegurado por tres cables tensores, y ligeramente inclinado de manera tal que la polea de carga, que cuelga de la parte superior de la grúa, quede directamente sobre el camión o vehículo a cargar.

La troza es levantada por medio de un cable de acero o de una cadena, en cuyo extremo hay un par de tenazas iniciales que se cierran y “agarran” a la troza cuando se ejerce tensión en la línea de carga. Dicha línea está accionada por un malacate o guinche conectado a la toma de fuerza o enganchado en la barra de tiro de un tractor, como se puede apreciar en la Fig. 5.

**Figura 5.** Trozas cargadas con una grúa de mástil.



Fuente: USDA Forest Service, 2004.

- Cabria en A. También llamada bastidor en A, esta grúa está formada por dos postes o vigas, separados en la base (para lograr estabilidad lateral), anclados al suelo, y atados en su extremo superior con cables o cadenas. Un tensor en dirección opuesta a la inclinación de la cabria completa los requisitos de estabilidad de esta máquina simple. La cabria está inclinada hacia adelante de modo tal que el extremo superior, del cual pende una polea, queda centrado sobre el vehículo a cargar (Fig. 6). Se la puede instalar en el suelo o montar sobre un camión. Al igual que en la grúa de mástil, el cable tractor está propulsado por la toma de fuerza o la barra de tiro de un tractor a través de un malacate. El cable también puede estar accionado por un motor o por tracción a sangre. A la troza se la carga levantándola por medio de tenazas iniciales que la toman por su baricentro, o mediante ganchos que se clavan en los extremos, con la ayuda de un cable auxiliar que mueve a la troza suspendida y facilita su ubicación sobre el vehículo.

**Figura 6.** Carga de trozas utilizando una cabria en A instalada en el suelo.



Fuente: Wackerman, 1966.

- Carga por medio de tensores. Hay dos métodos que usan los cables tensores de algunos sistemas de extracción por suspensión, ya sea cables de tiro alto (*highlead*) o cablecarriles (*skylines*) para cargar trozas sobre camiones o vagones de ferrocarril. Los vientos que sujetan al mástil de amarre sostienen a la polea de carga y la sitúan sobre el vehículo de transporte. Uno de los métodos usa un cable, una polea de carga y un par de tenazas iniciales; el otro, llamado *duplex*, duplica todos los elementos del sistema.
- Carga con pluma. Existen algunos métodos, prácticamente en desuso, cuyo diseño también está asociado con ciertos sistemas de ex-

tracción por suspensión. En ellos se emplea una pluma o aguilón que posiciona las tenazas iniciales sobre la troza y luego gira para moverla y colocarla sobre la plataforma del camión.

## MÉTODOS MÓVILES

Nos referiremos aquí a las cargadoras móviles, que son las máquinas utilizadas actualmente en la mayoría de las operaciones de carga. Las cargadoras pueden ser remolcadas o autopropulsadas, y casi todas hoy en día están montadas sobre ruedas de goma. Son de instalación sencilla, pueden moverse independientemente y comenzar a cargar ni bien las trozas estén a su alcance. El empleo de cargadoras móviles implica una gran inversión de capital (e.g., US\$ 250.000 por una de alta capacidad), pero su costo operativo por unidad de volumen es bajo, se necesita menos personal y se logra mayor seguridad en el trabajo. Algunas máquinas montadas sobre orugas provienen de la modificación de máquinas viales, como una retroexcavadora, por ejemplo.

En los párrafos siguientes se presentan brevemente las características de las máquinas móviles más conocidas: la cargadora de pluma fija, el tractor-grúa, la cargadora frontal, la cargadora de brazo articulado, el trineumático Bell y el camión autocargador.

- Cargadora de pluma fija. Máquina sencilla, ampliamente usada en la carga de madera para pasta celulósica en el Sur de los Estados Unidos, donde recibe el nombre de big-stick loader (Fig. 7). (En Entre Ríos se la denomina chimango.) Por su diseño simple y su bajo costo, es muy común y popular entre los pequeños productores pues se la puede fabricar en forma casera. Consta de:
- Una pluma o aguilón horizontal de 1,00-1,50 m de longitud, montada sobre un eje vertical giratorio (puede girar hasta 360°) que forma parte de una estructura metálica rígida. Está instalada sobre un camión chasis con capacidad de 9-12 m<sup>3</sup>.
- Un malacate conectado a la toma de fuerza del camión.
- Un cable de acero de 8 mm que pasa por una roldana situada en la parte superior del eje y por otra en el extremo de la pluma.

El movimiento giratorio de la pluma puede ser manual o hidráulico, según el modelo. Se usan tenazas (para latifoliadas) o cables y ganchos (para pino), para cargar grupos o paquetes de trozas apiladas a unos 15-20 m del camino.

**Figura 7.** Bobtail truck provisto de un big stick loader.



Fuente: Simmons, 1979.

- Tractor grúa, o simplemente grúa. Proveniente de una máquina vial modificada, la grúa está formada por una estructura rígida, montada sobre una plataforma giratoria, donde están también la cabina, un motor diésel de gran potencia para accionar un sistema de malaquetes múltiples, y una serie de cables para cargar trozas por medio de tenazas, garras o ganchos (Fig. 8). En cuanto a su locomoción, el tractor grúa puede tener neumáticos u orugas y, a pesar de ser autopropulsado, generalmente se lo traslada en camión. Se usa principalmente para cargar madera de grandes dimensiones, una troza por vez. Su capacidad de carga varía entre quince y cuarenta toneladas, aunque hay modelos que llegan a cincuenta y cinco toneladas.

**Figura 8.** Grúa cargando trozas sobre el semirremolque del camión.



Fuente: Conway, 1982.

- Cargadora frontal. Máquina muy versátil montada sobre ruedas o sobre orugas, que posee un implemento tipo garra o abrazadera (llamado “horquilla” en la Argentina) para asir varias trozas a la vez, dependiendo del tamaño. Es muy pesada, tiene gran capacidad de carga, pero poca maniobrabilidad, por lo que no se utiliza mucho en el monte. En suelos húmedos o frágiles causa excesiva compactación y formación de huellas. Es conveniente usarla en la playa del aserradero o fábrica ya que allí dispone de suficiente espacio para maniobrar y de superficies firmes y bien mantenidas, como se puede apreciar en la Fig. 9.

**Figura 9.** Cargadora frontal.



Fuente: Freepik, 2010.

Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

- Cargadora de brazo articulado. Máquina desarrollada para fines forestales a partir de una retroexcavadora. Es el tipo de cargadora más común en las operaciones de aprovechamiento de gran escala. Consta de una pluma o brazo de tres segmentos articulados, provista de una garra hidráulica giratoria, capaz de cargar varias trozas o fustes por vez, como se muestra en la Fig. 10. Cuando la garra levanta la troza, uno de sus extremos es empujado hacia la parte inferior de la pluma, en una especie de movimiento de vaivén, sobre todo si la troza es muy larga. Esto puede provocar algún daño a las mangueiras hidráulicas, por lo cual algunos modelos de cargadoras vienen

equipados con un tope metálico para reducir ese efecto de bamboleo. Se la emplea para cargar tanto rollos para aserrar como madera para celulosa. Una ventaja importante de esta grúa es su velocidad de operación y su gran maniobrabilidad. Puede cargar un camión en 8-15 minutos y su cabina gira 360°; opera sin problemas en suelos húmedos. Dependiendo del modelo, su costo varía entre US\$ 50.000 y US\$ 250.000.

**Figura 10.** Cargadora de brazo articulado.



Fuente: USDA Forest Service - Forest Operations Research, 2012.

- Tractor trineumático. Desarrollado y fabricado en Sudáfrica a partir de una máquina para cosechar caña de azúcar, este vehículo con aspecto de triciclo se ha venido utilizando en varios lugares del mundo desde hace más de treinta años. En la década de 1980 comenzó a difundirse el uso del *feller-buncher* marca Bell, que logró buena aceptación y resultados satisfactorios en Estados Unidos, Brasil, Chile, Nueva Zelanda, Australia, Argentina y Sudáfrica, entre otros países. Este tractor robusto, construido sobre un chasis triangular posee un centro de gravedad muy bajo que prácticamente impide que la máquina vuelque. Tiene dos ruedas tractoras grandes en la parte delantera y una mucho más pequeña montada en horquilla libre sin tracción en la parte trasera, que rota en un plano horizontal acompañando el movimiento de las ruedas tractoras y completando el apoyo necesario para darle estabilidad a la máquina. Mediante el reemplazo del cabezal cortante (tipo motosierra) por una grúa terminada en una garra

accionada por un rotor, este tractor ha sido transformado en una cargadora ampliamente utilizada para cargar, descargar, apilar, acomodar y clasificar trozas en un canchón, al borde de un camino, o en la playa de un establecimiento industrial maderero (Fig. 11). Se lo conoce como cargador trineumático, *Bell logger*, o simplemente trineumático, y se caracteriza por su sencillez, versatilidad y gran maniobrabilidad en espacios reducidos, aun en zonas de montaña, donde uno de los autores lo ha observado clasificando y cargando trozas largas de *Pinus radiata* en una operación de extracción con cable aéreo. En la Argentina es bastante común el uso del tractor trineumático *Bell* para cargar y descargar trozas y también para clasificarlas y apilarlas. Dado que el brazo de la grúa está dotado de un rotor y una garra, esta máquina puede cargar indistintamente madera larga en forma longitudinal, o madera corta en forma transversal al eje del camión.

**Figura 11.** Trineumático *Bell*.



Fuente: Wikimedia Commons, 2014.  
Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

- Camión autocargador. Existen en el mercado una variedad de cargadoras hidráulicas montadas sobre camiones y accionadas por el motor a través de la toma de fuerza. Estos camiones especiales tienen una pluma que, al girar hasta 320°, permite cargar trozas (cortas o largas) a ambos lados del vehículo por medio de una garra hidráulica (Fig. 12). Un par de zapatas hidráulicas de apoyo a cada lado del

camión le dan la estabilidad necesaria y alivian el esfuerzo sobre los neumáticos y sobre el sistema de suspensión durante la operación de carga. Se requiere un solo operario para efectuar esta tarea, que, por lo general, se limita a superficies relativamente pequeñas con poco volumen de madera. Desde el punto de vista del sistema de aprovechamiento, el camión autocargador presenta el inconveniente de asignar el equipo de carga a un solo camión.

**Figura 12.** Camión autocargador.



Fuente: Powell, D., USDA Forest, Forest Service, Forest Operation Research, 2004.

### *Uso de pallets*

Una variante del sistema de aprovechamiento manual de madera corta para pasta celulósica (descrito en el Capítulo 4) implica el uso de *pallets*, modalidad que fue muy común en el Este y Sur de los Estados Unidos hasta la década de 1980. Un *pallet* es una plataforma portátil de tablas que sirve para manipular, almacenar y transportar mercancías y materiales diversos, muy comunes en galpones de depósito, fábricas, vehículos de transporte, etc. Los *pallets* que se utilizaban en Estados Unidos para sacar del monte madera corta para pasta celulósica, en cambio, no eran plataformas de tablas como las que conocemos, sino pequeños contenedores metálicos, construidos con hierros tubulares, con capacidad de 7-10 m<sup>3</sup>, dentro de los cuales se colocaban a mano las trozas resultantes de la corta manual (apeo, desramado medición, trozado, despuntado y apilado),

que se habían ido acumulando en forma de pequeñas pilas al lado de los tocones. Para sacar un *pallet* cargado con madera desde el monte hasta el borde del camino se usaba un tractor similar a un *forwarder*, denominado *pre-hauler*. Finalmente, por medio de grúas u otros dispositivos, se cargaban los *pallets* en camiones para su traslado hasta la fábrica o hasta un punto de transferencia (playa de ferrocarril o muelle), donde se efectuaba el trasbordo a otro vehículo. Esta modalidad de carga prácticamente no se usa en la actualidad.

### *Descarga*

Aunque no forma parte del sistema de aprovechamiento forestal, la descarga es la operación que vincula el transporte con otras actividades, tales como clasificación, almacenamiento, elaboración, o venta de las trozas. Puede llevarse a cabo en la playa de un aserradero o de una planta industrial, en un patio de acopio, o en un punto intermedio. Para realizar esta tarea se pueden usar: cargadoras frontales, descargadoras-apiladoras, camiones autocargadores, y grúas de diversos modelos.

Por su gran versatilidad, la cargadora frontal, descrita anteriormente, se usa en plantas industriales de todo tipo, incluso para descargar camiones cargados con paquetes o fardos de madera para pasta celulósica.

Las descargadoras-apiladoras (*stackers*, en inglés) son máquinas muy grandes que pueden descargar la carga completa de un camión (hasta 30 t) en una sola operación, gracias a sus mecanismos de uñas y garras hidráulicas de gran tamaño. Tanto las ruedas como el dispositivo para descargar están accionados por motores eléctricos independientes. Un generador eléctrico (parte de la máquina) impulsado por un enorme motor diésel produce la energía eléctrica necesaria para mover todos los mecanismos. Estas máquinas, usadas para alimentar grandes aserraderos o fábricas de papel, pueden apilar madera hasta 10 m de altura, pero, como son muy pesadas, requieren superficies firmes, preferiblemente pavimentadas, para operar adecuadamente. El precio de una máquina descargadora para 30 t es de alrededor de US\$ 400.000. Las grúas gigantes que se utilizan en muchas plantas industriales también pueden descargar toda la carga de madera contenida en un camión y apilar las trozas hasta alturas de 15 m, por medio de sus garras mecánicas, llegando a formar pilas de madera de 2.400 m<sup>3</sup>, como se puede apreciar en la Fig. 13. Algunos modelos de menor capacidad se emplean en fábricas cuyas necesidades de abastecimiento son menores. Existen grúas giratorias y de

tipo puente, montadas sobre rieles. El tratamiento de este tema excede los alcances de este libro.

**Figura 13.** Grúa descargando trozas de un camión.



Fuente: Wikimedia Commons, 2019.

## Bibliografía

- Bromley, W.S. 1976. *Pulpwood production*. Interstate Printers & Publishers, Danville, Illinois, USA.
- Conway, S. 1982. *Logging practices*. Miller Freeman Publications, San Francisco, USA.
- Freepik. 2010. *Cargadora frontal* [Imagen]. Freepik. [https://www.freepik.es/foto-gratis/fabrica-procesamiento-madera\\_1145865.htm#fromView=search&page=1&position=7&uuid=597e3cf4-dac5-4f55-bece-9d1e4e-798f8e&query=carga+madera](https://www.freepik.es/foto-gratis/fabrica-procesamiento-madera_1145865.htm#fromView=search&page=1&position=7&uuid=597e3cf4-dac5-4f55-bece-9d1e4e-798f8e&query=carga+madera).
- Powell, D., United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Operation Research. 2004. A loader machine loading poles/logs onto a truck [Imagen]. Forestry Images. <https://www.forestryimages.org/browse/image/1207019>.

- Sánchez-Vidaña, D., E. Valtierra-Pacheco, M. González-Guillén y A. León-Merino. 2018. Capital humano e innovación en el proceso de integración del aprovechamiento forestal maderable en el ejido Gómez Tepeteno, Tlatlauquitepec, Puebla. *Madera y bosques* 24(3), e2431654. Epub 01 de noviembre de 2018. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2431654>.
- Simmons, F. 1979. *Handbook for Eastern timber harvesting*. U.S. Forest Service, Broomall, Pennsylvania, USA.
- United States Department of Agriculture, Forest Service. 2004. *Log loading, Gunnison National Forest, Colorado* [Imagen]. Forestry Images. <https://www.forestryimages.org/browse/image/1442172>.
- United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Operation Research. 2012. *A loader operator loads poplar trees onto a waiting log truck at a plantation in Washington* [Imagen]. Forestry Images. <https://www.forestryimages.org/browse/image/5475412>.
- Wackerman, A. 1966. *Harvesting timber crops*. McGraw-Hill, New York, USA.
- Wikimedia Commons. 2014. *Bell Model 220 Ultra Logger* [Imagen]. Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bell\\_Model\\_220\\_Ultra\\_Logger\\_%2815359628970%29.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bell_Model_220_Ultra_Logger_%2815359628970%29.jpg).
- Wikimedia Commons. 2019. *Loading Timber at Corpach* [Imagen]. Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File>Loading\\_Timber\\_at\\_Corpach\\_\(geograph\\_6106778\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File>Loading_Timber_at_Corpach_(geograph_6106778).jpg).



## Capítulo 10

# Transporte de la materia prima forestal

Denominado también transporte secundario o final, el transporte es la cuarta y última componente<sup>1</sup> de un sistema de aprovechamiento forestal. En la práctica, es la última fase de cualquier operación de aprovechamiento. Por ejemplo, en un sistema de fuste limpio, las componentes y los elementos que intervienen son los siguientes:

APEO DESRAME Y DESPUNTADO EXTRACCIÓN  
CARGA TRANSPORTE

Algunos autores incluyen en un sistema de aprovechamiento forestal una quinta componente, la *descarga*. Para nosotros, en cambio, sólo existen las cuatro componentes que hemos considerado desde el Capítulo 4 de este libro: corta, extracción, carga y transporte.

Una vez que los fustes limpios (desramados y despuntados) han sido extraídos por una motoarrastradora hasta el canchón, se los carga sobre un vehículo, por medio de una cargadora, para su transporte posterior.

El transporte forestal implica, entonces, el movimiento de la materia prima (árboles enteros, fustes, trozas, o astillas) desde el bosque hasta un centro de transformación. Más ampliamente, podemos decir que transportar significa llevar la madera desde un canchón, una playa de acopio u otro punto de concentración hasta el lugar de entrega. Éste puede ser un aserradero, una fábrica, una planta industrial de transformación, o un punto de transferencia o trasbordo, como, por ejemplo, la playa del ferrocarril, o un embarcadero.

## Medios de transporte de materia prima forestal

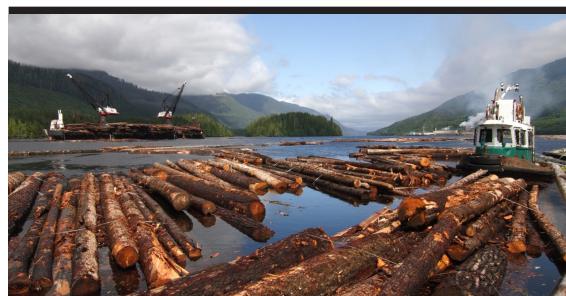
En general, la materia prima forestal se puede transportar del bosque a la fábrica ya sea por agua o por tierra. A su vez, el transporte terrestre puede efectuarse por ferrocarril o por camión.

### TRANSPORTE POR AGUA

Este es el método más antiguo de transporte de trozas, aunque su importancia ha disminuido considerablemente. En Alaska, Columbia Británica (Canadá) y el Noroeste de los Estados Unidos, durante décadas se transportó madera para aserrar por medio de jangadas o balsas (*rafts* en inglés). Una balsa es una especie de plataforma formada por rollos, maderos o palos unidos o atados entre sí, o sujetos dentro de un adobo, que permite que la madera flote y se la conduzca por flotación hacia su destino, que puede ser una planta industrial o un lugar de embarque, como se puede apreciar en las Figs. 1 y 2. En España recibe el nombre de almadía o maderada.

Las jangadas fueron un medio de transporte muy conocido para llevar rollos de especies nativas de la Selva Misionera (principalmente cedro y timbó colorado) hacia los aserraderos ubicados a lo largo de los ríos Paraná y Uruguay, como por ejemplo en Eldorado (Misiones) y Federación (Entre Ríos) y finalmente hasta las industrias y centros de consumo ubicados en ciudades como Rosario y Buenos Aires. También se llevaba madera de las zonas selváticas de Paraguay (aguas abajo de los ríos Paraguay y Bermejo) y del Sur de Brasil por medio de jangadas. Debido a la falta de caminos, la madera se transportó así durante gran parte del siglo XIX hasta mediados del siglo XX en Argentina, Paraguay y Brasil.

**Figura 1.** Transporte de madera por medio de jangadas.



Fuente: Province of British Columbia, 2008.  
Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

**Figura 2.** Transporte de madera por medio de jangadas.



Fuente: Hisgett, 2006.

Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

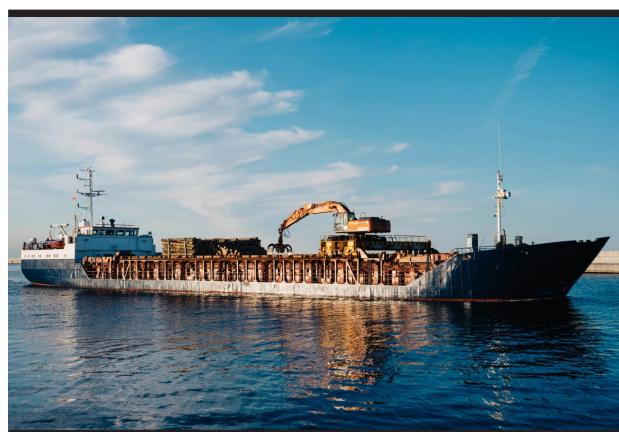
Por otra parte, la madera para pasta celulósica se transporta en chatas o barcazas (barges en inglés), como la que se muestra en la Fig. 3. Esta modalidad es muy común en el Sudeste de los Estados Unidos, en el Este de Canadá y en la región de los Grandes Lagos, por ser el método más económico de transporte de larga distancia. También se usan barcazas para mover trozas de diversos tamaños y para diferentes fines a lo largo del río Mississippi y sus tributarios, y en la Región del Delta de los ríos Paraná y Uruguay. Para distancias muy largas, el transporte acuático se realiza por barco (Fig. 4). Así se transporta madera descortezada de eucalipto para pasta celulósica, procedente de plantaciones en la provincia de Entre Ríos, desde el puerto de Rosario o Buenos Aires hacia Portugal, según lo ha podido observar personalmente uno de los autores.

**Figura 3.** Barcaza transportando trozas.



Fuente: Wikimedia Commons, 2020.  
Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

**Figura 4.** Transporte de madera larga por barco.



Fuente: Kowalik, 2019.

#### *Transporte por ferrocarril*

El ferrocarril es el medio de transporte terrestre más económico que existe, especialmente cuando la distancia del monte a la fábrica excede los 250 km. Se considera que ésta es la distancia económica de transporte por

camión. En los Estados Unidos, el transporte por tren es el método más usado cuando se mueve madera para aserrar (Fig. 5), pasta celulósica y astillas (*chips*) desde la playa del ferrocarril hasta la planta industrial. Sin embargo, se observa una tendencia cada vez mayor a transportar materia prima forestal en camiones para distancias de hasta 250 km.

Se usa extensivamente el ferrocarril para transportar madera y productos forestales en la India, Rusia, Finlandia, Canadá y algunos países de África. En la Argentina se transporta por tren parte de la madera procedente de los montes de la Región Chaqueña (Salta, Chaco y Santiago del Estero) hasta el puerto de Barranqueras (Resistencia, Chaco). El movimiento de durmientes y carbón vegetal a granel desde las zonas productoras hasta Buenos Aires también se efectúa por tren.

**Figura 5.** Transporte de trozas por ferrocarril.



Fuente: Xue, 2015.

Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

#### TRANSPORTE POR CAMIÓN

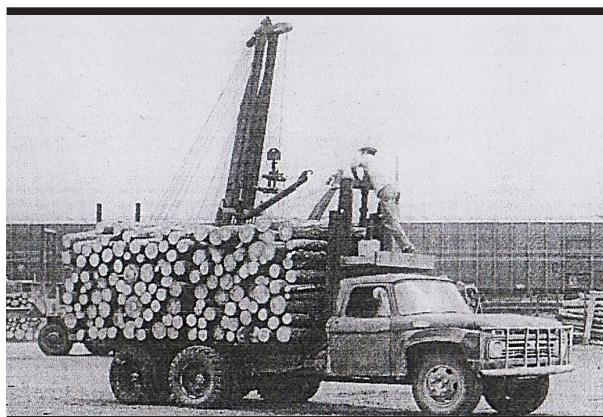
El camión es el medio más ampliamente usado para transportar madera desde el bosque hasta la fábrica. En muchos países, el uso creciente de camiones se debe fundamentalmente a su mayor flexibilidad en los horarios, aunque también se pueden señalar otras razones, tales como: sistema carretero bien desarrollado, inversión de capital relativamente

baja (en comparación con el ferrocarril) y mayor rapidez de entrega de la materia prima. Aun cuando el transporte se realice por agua o por tren, el movimiento de las trozas desde el cargadero hasta el punto de embarque o hasta la playa del ferrocarril se hace por medio de camiones. Por lo general, el productor o la empresa forestal que compra el monte en pie contrata los servicios de una empresa que lleva a cabo el aprovechamiento desde la corta hasta la carga. De manera similar, se contrata con un tercero el servicio de transporte desde el monte hasta la industria. La tercerización de los servicios ha sido la modalidad más común en las últimas décadas en la mayoría de los países, y el sector forestal no es la excepción.

Existe una amplia variedad de tipos, marcas y modelos de camiones que se utilizan para transportar madera, con diferentes características en cuanto a tamaño, potencia y capacidad de carga. La elección del tipo apropiado para una situación determinada depende de una serie de variables que se analizarán más adelante. En el transporte forestal se pueden encontrar desde vehículos chicos (el clásico camión chasis, camión rígido, o camión corto), con un eje tractor simple, motores cuya potencia varía entre 100 y 135 hp (75-100 kW), que pueden cargar 8-10 t (unos 10 m<sup>3</sup>, dependiendo de la especie de madera transportada), hasta camiones de gran tamaño, con ejes múltiples, impulsados por motores de 400-500 hp (300-370 kW), cuya capacidad de carga supera las 90 t, como los que se utilizan frecuentemente en la Columbia Británica (Canadá).

Un camión chasis, o camión corto, con un solo eje y una caja plana abierta no es un vehículo apto para transportar trozas; sin embargo, muchos pequeños productores lo usan comúnmente para transportar leña o palos para pasta, o para abastecer de madera corta a aserraderos pequeños, pues carecen de capacidad financiera para una inversión mayor. Un ejemplo de este tipo de vehículo (conocido como *bobtail truck* en inglés) se muestra en la Fig. 6.

**Figura 6.** Bobtail truck con una cargadora de pluma fija (big-stick loader).



Fuente: Conway, 1982.

En cambio, un vehículo diseñado y fabricado para un fin específico reúne las características adecuadas para realizar su trabajo en forma eficiente y económica. Así, los camiones que se utilizan para transportar grandes volúmenes de rollos o trozas de diversos tamaños constan de componentes estructurales y mecánicos que les confieren gran potencia y torque, robustez, buena capacidad de frenado, amortiguación y capacidad de carga apropiados para lograr transportar la madera a un costo mínimo por unidad de volumen y por kilómetro. Éstos son los vehículos que emplean las empresas forestales o los contratistas de transporte de mediano y gran tamaño, que sí pueden hacer inversiones importantes para contar con equipos adecuados y económicos, que respondan a las exigencias crecientes del mercado. Por lo general, cuentan con ejes traseros dobles o triples, en tandem, con tracción en cuatro o en seis ruedas, respectivamente, y pueden mover cargas de 7-11 t, como se puede apreciar en la Fig. 7. Los ejes traseros en tandem tienen ventajas importantes: aumentan la capacidad de carga de los camiones y transmiten la potencia a todas las ruedas. Además, se distribuyen de modo más uniforme la potencia tractora (torque) y el peso del camión. Si se refuerza la estructura del camión y se instalan elásticos y amortiguadores más fuertes, se puede llegar a duplicar la capacidad de carga del camión en forma segura, lo que mejora la performance del vehículo en condiciones desfavorables que afectan la tracción, como, por ejemplo, en períodos lluviosos o en trechos largos con pendiente muy pronunciada.

**Figura 7.** Camión con un tandem doble y un tandem triple.



Fuente: Forster, 2013.

Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com).

Dependiendo de las características de los caminos sobre los que transitarán los camiones cargados con madera, el transportista elegirá el tipo de vehículo que va a comprar. En este sentido, se reconocen dos tipos de camiones: (a) los que pueden circular sobre cualquier clase de caminos (primarios, secundarios, rutas nacionales o provinciales, caminos vecinales y autopistas) en buenas condiciones de transitabilidad, respetando la legislación vigente, y (b) los camiones forestales de gran tamaño y capacidad de carga, que sólo pueden circular por caminos privados donde el tráfico al público está restringido o prohibido, y que llevan la carga desde el canchón o cargadero hasta la fábrica, la playa del ferrocarril, un muelle, o un punto de transferencia. Conocidos como *off-highway trucks*, estos camiones todoterreno no tienen permitido circular por carreteras públicas pues exceden los límites legales de peso, longitud, ancho y altura de la carga. Su uso requiere caminos forestales de muy buena calidad, con carpetas rodantes aptas para soportar grandes cargas, lo que aumenta el costo de construcción y mantenimiento del camino. Sin embargo, la ventaja de poder transportar cargas superiores a las legales justifica plenamente la inversión adicional para comprar el vehículo y el mayor costo de construcción. Según reportan Stenzel *et al.* (1985), en Canadá, en la década de 1980, existían camiones forestales de 28 t de tara que transportan 23-28 m<sup>3</sup> de rollos de pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*), equivalentes a 12-14 t. En la actualidad, los camiones forestales transportan cargas de 40-45 t en casi todos los países que poseen caminos en buenas condiciones de transitabilidad.

Para que la madera sea transportada en forma segura, los camiones vienen equipados con varios travesaños (metálicos o de madera) y varales (también llamados pivotes o estaqueros) firmemente adosados a la estructura del vehículo. Los primeros están colocados en forma perpendicular al eje longitudinal del vehículo en tanto que las segundas están en el extremo de cada travesaño y permiten insertar dentro de ellas estacas de madera o hierro para sujetar la carga y evitar que parte de ésta se pierda durante el viaje. La disposición de los travesaños y estaqueros depende de que las trozas se carguen en forma longitudinal o transversal al eje del camión. Normalmente, los fustes y las trozas largas se acomodan en forma longitudinal y las trozas cortas van en sentido perpendicular. Los camiones forestales también deben contar, por ley, con algún dispositivo para asegurar la estiba de la carga y evitar cualquier caída desde el vehículo, disminuyendo así el riesgo de accidentes durante el transporte. Para ello se utilizan cinchas o correas de materiales textiles resistentes, cadenas, o cables de acero con los que se abraza y ajusta firmemente las trozas por medio de un mecanismo consistente en una rueda dentada y un trinquete (tipo *cricket*), llamado "carraca". Antes de partir con la carga, el camionero debe amarrar bien los elementos de sujeción a la estructura del equipo de transporte. El conductor es responsable en todo momento de la seguridad de su equipo, desde la carga hasta la entrega en su lugar de destino. Esto incluye sujetar de forma segura y adecuada la carga de su vehículo y cumplir cabalmente con la legislación vigente.

Cuando se transportan astillas o *chips* en camiones acondicionados para tal fin, la carga debe ir cubierta con una malla textil o metálica, o una lona, que evite que las partículas vuelen y lleguen a afectar a otros vehículos que usen la misma carretera. Para evitar problemas, la forma más adecuada de transportar *chips* es en contenedores cerrados, tipo furgón, cuya capacidad varía entre 12 y 30 m<sup>3</sup>, según se trate de un camión rígido o de uno con semirremolque, respectivamente. Estos furgones son cargados directamente por la tolva de la astilladora cuando se emplea el sistema de "chipeado" total en el monte (Fig. 8) y se los descarga utilizando un mecanismo de volquete o mediante el uso de pisos móviles accionados por cintas transportadoras.

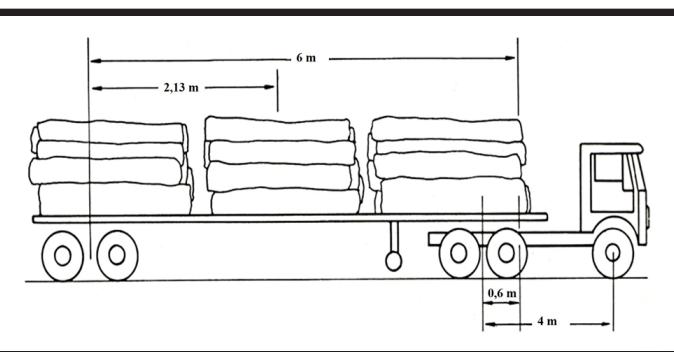
**Figura 8.** Furgón siendo cargado por la tolva de la astilladora en un canchón.



Fuente: USDA Forest Service - Forest Operations Research, 2013.

Los camiones poseen diferentes configuraciones en base a la disposición de los ejes, lo que a su vez se relaciona con la carga máxima que pueden llevar. La configuración se expresa con dos dígitos separados por una “x”: el primero se refiere al número de puntos de apoyo del vehículo sobre el terreno mientras que el segundo indica cuántos de éos son puntos de apoyo motrices o de tracción. Cabe aclarar que una rueda doble se considera como un solo punto de apoyo. Un camión chasis, por ejemplo, tiene una configuración 4x2; esto significa que tiene cuatro puntos de apoyo (ruedas) en el terreno y dos puntos de apoyo (ruedas) motrices o de tracción. En este caso, el eje delantero lleva las dos ruedas de dirección, o directrices, sin tracción, mientras que el eje trasero, constituido por dos ruedas dobles, o duales, (cuatro en total), es el que tracciona. Veamos otro ejemplo: una configuración 6x4 implica que el camión posee seis puntos de apoyo de los cuales cuatro son tractores; o sea, el eje delantero (que no tracciona) tiene dos ruedas directrices, y los dos ejes traseros (denominados “en tandem”), ambos con tracción, o motrices, tienen cuatro ruedas cada uno, lo que hace un total de diez ruedas, ocho de ellas con tracción. Las dos ruedas delanteras son sólo de dirección. El más común de los camiones forestales grandes tiene dieciocho ruedas en total: dos en el eje delantero (sin tracción), ocho en los dos ejes traseros del camión tractor y ocho en los dos ejes traseros del acoplado o semirremolque, como se puede apreciar en la Fig. 9. La configuración de los camiones que circulan por las rutas argentinas y del Mercosur se muestran en otra sección de este capítulo.

**Figura 9.** Configuración de un camión tipo semirremolque.



Fuente: Simmons, 1979.

Excepto en las operaciones de pequeña escala, el transporte de materia prima forestal en la Argentina se efectúa por equipos formados por un camión tractor más un acoplado o un semirremolque. Lo mismo ocurre en Brasil, Chile y muchos otros países donde el sector forestal es muy importante. En Canadá y Estados Unidos, los equipos de transporte de madera, diseñados y construidos para ese fin, constan normalmente de un camión tractor y un semirremolque de grandes dimensiones. También existen allí los llamados *pole trailer trucks*, que son los típicos camiones forestales en esos países. La unidad tractora (el camión) está equipada con un robusto dispositivo giratorio ubicado entre los dos ejes traseros en tandem (ambos con tracción), conocido como quinta rueda (*fifth wheel*), o “plato de enganche” en la Argentina, sobre el que se acopla y articula un semirremolque con dos ejes en tandem. (Se trata de una articulación horizontal.) El conjunto consta de dieciocho ruedas, de las cuales las dos delanteras son de dirección. El camión tractor está diseñado de manera tal que lleva parte del peso y de la carga del tráiler. A su vez, el tráiler puede constar de un solo eje o de un eje doble en tandem y se une al camión por medio de una barra metálica o pértiga de acople. El equipo de transporte de trozas largas o de fustes limpios más difundido actualmente en los países desarrollados desde el punto de vista forestal, consta de un camión tractor de dos ejes (uno con tracción) y un tráiler de tres ejes (Fig. 10), ambos dotados de travesaños y varales, con el que el camionero puede transportar la máxima carga legal permitida. En algunos modelos, el diseño del camión permite que, en el viaje de regreso (vacío), al tráiler se lo pueda desacoplar (con la ayuda de una grúa o un dispositivo de carga/

descarga), desenganchando la pertiga de acople, luego montarlo sobre la unidad tractora (estilo "a coccho") y llevarlo de vuelta al cargadero, disminuyendo de esa manera el desgaste del tráiler y de sus neumáticos. De ese modo también se les agrega peso a las ruedas tractoras del camión, con lo cual el vehículo vacío puede moverse más efectivamente cuesta arriba (dentro de ciertos límites) y se evita que el tráiler "rebote" sobre la superficie del camino (por estar sin carga). Con el tráiler así montado, el camión puede maniobrar más fácilmente y circular con mayor seguridad durante su viaje de regreso. Este tipo de camión forestal es muy común en Estados Unidos, donde se los denomina "*piggy-back trucks*" (Fig. 11).

**Figura 10.** Camión tractor de dos ejes y un tráiler de tres ejes.



Fuente: fotografía propia.

**Figura 11.** *Piggy-back truck* cargado con fustes.



Fuente: Billings, Texas A&M Forest Service, 2016.

Se puede lograr mayor eficiencia y productividad en el transporte si se realiza una especie de pre-carga mediante el uso de tráilers o semirremolques. Para ello se requiere disponer de un equipo de transporte que le permita al conductor desenganchar un tráiler vacío y enganchar uno ya cargado sin mayores dificultades mecánicas, lo cual se consigue gracias a un mecanismo hidráulico montado sobre el camión. Se debe contar con al menos un tráiler adicional que queda al borde del camino para ser cargado durante el tiempo que el equipo de transporte efectúa un viaje de ida y vuelta. Cuando regresa al monte, el camionero desengancha el tráiler vacío (que quedará allí, al borde del camino, para ser cargado nuevamente) y engancha el que ya está listo para ser transportado a la fábrica o hacia su destino final. En realidad, al regresar al monte, el chofer lleva el tráiler vacío y lo ubica cerca de la máquina cargadora; luego engancha el tráiler cargado y parte hacia el lugar donde entregará la materia prima. De esta manera es posible conseguir mayor flexibilidad y eficiencia en el uso del camión y reducir al mínimo el tiempo de espera en el monte. Sin embargo, se necesita tener espacio suficiente para hacer las maniobras (el canchón, un sobreancho del camino, la banquina, una vía de saca ancha, un cruce con otro camino, etc.) y contar con una logística especial; por ejemplo, un camión viejo, que permanece siempre en el lugar, para mover y posicionar convenientemente los tráilers.

### BITRENES

El desarrollo más reciente en materia de tecnología de transporte terrestre por camión lo constituyen los bitrenes. Un bitrén, también llamado tren de carretera, (*road train* en inglés) o B-doble, es una combinación de un camión tractor con dos semirremolques, diseñado para servir áreas remotas y trasladar cargas voluminosas en forma eficiente. Está formado por un camión tractor que arrastra dos o más semirremolques y se utiliza para transportar todo tipo de bienes o mercancías, incluyendo ganado, combustibles y madera (Fig. 12). El camión y los semirremolques se articulan entre sí mediante el sistema de enganche conocido como "quinta rueda". Un equipo constituido por una unidad tractora y dos semirremolques tiene una capacidad de 75 t y llega a medir 30 m de longitud. Según sus fabricantes (e.g., Scania, Volvo, Volkswagen), son vehículos muy seguros. Al llegar a las zonas urbanas, los bitrenes se desarmen y cada remolque se engancha individualmente a un camión común.

Si bien los más comunes constan de dos o tres remolques de carga, hay bitrenes en Australia que superan las cincuenta unidades arrastradas por

un solo camión tractor. En ese país se llegó a usar una de estas formaciones compuestas por 112 remolques y 1474 m de longitud (Wikipedia, agosto 2019). Este tipo de transporte se emplea en países de gran extensión territorial, como Estados Unidos, Canadá, Australia, Brasil y Sudáfrica, desde finales de la década de 1990. En la Argentina, llegaron en 2012 y se utilizan para transportar algunos productos agropecuarios (cereales y ganado) y de trozas de madera de diversos tamaños. Esta nueva tecnología de transporte terrestre se emplea en el sector forestal argentino en las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos. Para poder circular por rutas provinciales y nacionales de nuestro país, se debe conseguir primero la habilitación y la autorización correspondientes. Según la Asociación Forestal Argentina entre los beneficios del bitrén se destacan: aumento de la capacidad de carga de 78 %, 60 % de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> por tonelada transportada, disminución de la carga por eje a sólo 20 %, sistema de suspensión neumática integral (que se traduce en un aumento de 57 % en la vida útil de la calzada) y reducción de los costos de logística de un 30 % (El Cronista, 2018).

**Figura 12.** Bitrén transportando trozas largas.



Fuente: Ehuleteche - LA NACIÓN, 2017.  
Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com)

### Factores que influyen sobre la selección de los camiones

Una vez que ha decidido qué sistema de aprovechamiento va a usar en una situación determinada y, por ende, qué máquinas va a emplear para

ejecutar cada fase de la operación, el empresario tendrá que elegir qué medio de transporte será el más apropiado para que el conjunto de máquinas que componen el sistema funcione en forma armónica, eficiente y económica; es decir, para que el sistema esté en equilibrio. En el caso de que él decida transportar la materia prima por camión, deberá analizar cuidadosamente una serie de variables para poder seleccionar el tipo de camión que optimice el sistema. Al hacer dicho análisis, también deberá tomar en consideración los factores que afectan la productividad del vehículo que se va a utilizar. Para asegurar el flujo permanente de madera del monte a la fábrica, a un costo que justifique su inversión, el transportista debe conocer la performance de los diferentes tipos de camiones. En este sentido, el costo final por tonelada-kilómetro depende de la relación entre el tiempo total de carga y descarga y el tiempo de transporte propiamente dicho. A su vez esta relación está en función de la distancia entre el cargadero y el lugar de entrega.

Para elegir razonablemente la conformación del equipo de transporte, se deben tener en cuenta las siguientes variables:

- Sistema de aprovechamiento que se va a utilizar.
- Tipo de material que se transportará: madera corta para pasta celulósica, trozas para aserrar, fustes, astillas, biomasa (residuos de la corta), etc.
- Peso neto del material a transportar y peso total de la carga.
- Tipo de terreno sobre el que se hará el transporte: llano, ondulado, montañoso, escarpado, etc.
- Tipo de camino sobre el que se efectuará el transporte: de tierra, enripiado, consolidado, seco, encharcado, firme, blando, asfaltado, etc. El vehículo que se elija debe tener la capacidad de mover grandes volúmenes de madera sobre una amplia gama de caminos, desde los peores (caminos de tierra adyacentes al canchón o cargadero, con barro en épocas lluviosas) hasta los mejores (carreteras nacionales o autopistas en muy buenas condiciones).
- Limitaciones legales en cuanto a peso total, longitud, altura, velocidad, etc.
- Distancia media de transporte. Por ejemplo, en terreno llano, la distancia óptima en una dirección, con el camión cargado hasta su capacidad máxima, es de 80 km para camiones nafteros y 160 km para camiones con motores diésel. Como ya se indicó, la distancia económica máxima es de 250 km.
- Número de viajes por día. Esto depende de la duración del ciclo de transporte y del volumen transportado en cada viaje. En este sentido, el transporte de madera por camión es muy particular pues la mitad del tiempo el vehículo viaja vacío.

- Volumen total que se transportará periódicamente.
- Restricciones en el lugar de descarga: longitud máxima, peso máximo, maniobrabilidad, etc.
- Características del vehículo relacionadas con la seguridad.
- Otros factores: curvas, pendientes, visibilidad, puentes angostos, etc.

### Factores que afectan la productividad de los camiones

La producción diaria de los camiones depende de una serie de factores que están sujetos, en su mayoría, a variaciones horarias. Ellos son:

- Suministro adecuado de madera en el canchón o en el lugar de carga. A veces es necesario tener tráilers o acoplados de reserva al borde del camino.
- Eficiencia de la operación de carga. Ésta, a su vez, depende de la capacidad de la cargadora y del tamaño del área de carga. Se debe minimizar las demoras durante la carga.
- Evitar largas colas de camiones o demoras de cualquier tipo en el lugar de descarga (balanza o playa). Ésta es una variable propia de la fábrica o aserradero, que está fuera del control del camionero.
- Eficiencia de la operación de descarga, que depende de la capacidad de la fábrica o del aserradero.
- Mantenimiento preventivo de los camiones para minimizar roturas y desperfectos en el camino.
- Horario de atención del lugar de descarga; es decir, el número de horas por día durante las cuales funciona la balanza y/o el sitio de descarga en fábrica.

Varios autores (Wackerman *et al.*, 1966; Bromley, 1976; Conway, 1982; Stenzel *et al.*, 1985; Tolosana *et al.*, 2004) han analizado los factores que afectan la productividad de los camiones y de la componente transporte. Los citados con mayor frecuencia son:

- Pendiente del camino.
- Característica de la superficie rodante.
- Ancho de la calzada.
- Visibilidad.
- Radio de las curvas horizontales y verticales.
- Capacidad soporte de los puentes.

- Velocidades máximas permitidas.
- Condiciones del tráfico.
- Distancia recorrida sobre cada tipo de camino.
- Frecuencia de los viajes.
- Kilometraje anual.
- Peso de los ejes y neumáticos.
- Cargas, longitudes, anchos y alturas máximos permitidos por ley.
- Tolerancias especiales para ciertos productos forestales.
- Permisos especiales de transporte (excepciones).
- Estado físico y psicológico del conductor.
- Comodidad de la cabina.
- Modificaciones del camión: travesaños, varales, refuerzos.
- Relación peso/potencia efectiva.
- Suministro adecuado de materia prima.
- Métodos de carga y descarga.

## Planificación de transporte

El costo de transporte puede llegar a representar el 50 % del costo total de aprovechamiento. De ahí la importancia de realizar una cuidadosa planificación para optimizar la eficiencia y minimizar el costo del transporte de la materia prima forestal. Para ello es necesario:

1. Recolectar datos completos sobre el bosque que se va a aprovechar: ubicación geográfica, volumen/ha, red caminera existente, etc.
2. Saber qué tipo y qué volumen de material se va a transportar.
3. Determinar la distancia media de transporte en una dirección (de ida o de vuelta), discriminada por tipo de camino, o la distancia media y el tiempo promedio por viaje.
4. Conocer la capacidad de transporte del camión (t, m<sup>3</sup>, m estéreos, etc.).

## CAMIONES: CONFIGURACIONES Y TOLERANCIA DE CARGA

En la República Argentina, a partir del 29 de abril de 2008 está en vigencia la nueva *Ley de Tránsito y Seguridad Vial* N.º 26.363 mediante la cual se crea la Agencia Nacional de Seguridad Vial. Esta nueva ley modifica a la anterior (la N.º 24.449/95) y también a dos decretos reglamentarios (N.º 779/95 y N.º 79/98). En este sentido, la Provincia de Santiago del Estero se adhirió a la ley

nacional mediante la Ley Provincial N.º 6904 del 8 de Julio de 2008.

Algunos aspectos reglamentarios de la Ley Nacional N.º 26.363 se exponen a continuación:

1. *Dimensiones máximas admitidas*, incluyendo la carga (Fig. 13):

Ancho: 2,60 m

Altura: 4,10 m

Longitud, según su configuración:

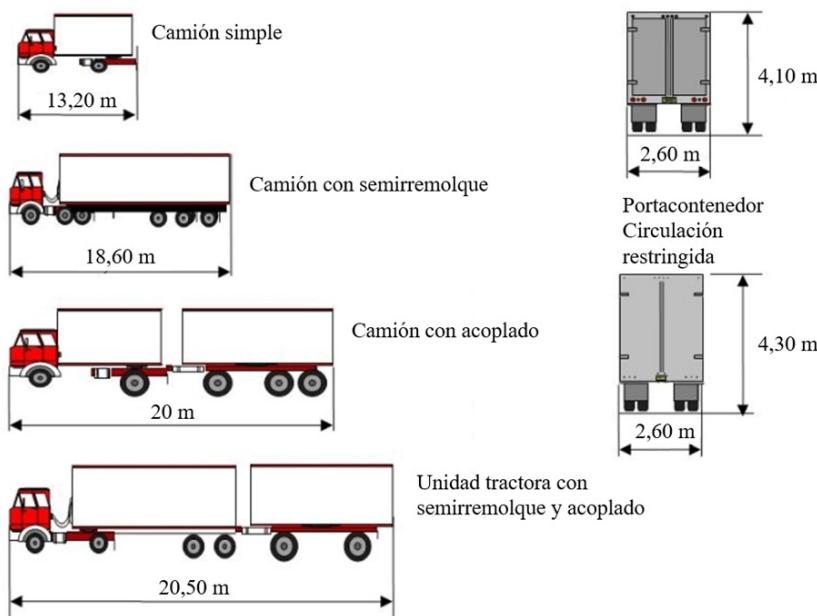
Camión simple: 13,20 m

Camión con acoplado: 20 m

Camión con semirremolque: 18 m

Unidad tractora con semirremolque y acoplado: 20,50 m

**Figura 13.** Dimensiones máximas admitidas.



- Los vehículos especiales para transporte exclusivo de otros vehículos sobre sí son de circulación restringida. No les está permitido circular de noche ni con tormenta o niebla. Tampoco deben exceder las siguientes dimensiones:

Ancho: 2,60 m  
Altura: 4,30 m  
Longitud: 22,40 m

- Sólo en los casos de cargas indivisibles, los vehículos que excedan estas dimensiones podrán solicitar un permiso especial de circulación a la Dirección Nacional de Vialidad.

#### *Peso máximo total*

Para una formación normal de vehículo: cuarenta y cinco toneladas.

#### *Peso máximo por eje*

El peso máximo permitido por eje o por conjunto de ejes se muestra en la Fig. 14. Para una mejor comprensión de dicha ilustración, es necesario aclarar previamente los siguientes términos:

- Se considera tandem doble de ejes al agrupamiento de dos ejes consecutivos pertenecientes al mismo vehículo, unidos por un dispositivo mecánico, neumático u otro, que permite repartir el peso entre ambos ejes, cuando la distancia (d) entre sus centros es mayor de 1,20 m y menor de 2,40 m. ( $1,20 < d < 2,40$ ).
- Se denomina tandem triple de ejes al agrupamiento de tres ejes consecutivos de un mismo vehículo, unidos por un dispositivo mecánico, neumático u otro, que permite la distribución del peso entre ellos, cuya distancia entre el centro de los ejes consecutivos debe ser superior a 1,20 m e inferior a 3,60 m, y cuya separación entre los ejes no continuos del tandem debe ser superior a 2,40 m e inferior a 4,80 m.
- Cubiertas super-anchas: solamente para usar en vehículos con suspensión neumática original de fábrica. No se pueden utilizar en ejes de tracción (eje motriz), excepto en maquinaria especial.

Figura 14. Peso máximo permitido por eje o por conjunto de ejes.

<b>PESOS MÁXIMOS ESTABLECIDOS POR LA LEY</b> CONFIGURACIONES VEHICULARES SEGÚN TRANSMISIÓN A CALZADA DECRETO 32/2018			
CONFIGURACIÓN		SUSPENSIÓN MECÁNICA [toneladas]	SUSPENSIÓN NEUMÁTICA [toneladas]
EJE SIMPLE. -Ruedas individuales, (neumáticos no superanchos)	H	6 SEIS	6,3 SEIS COMA TRES
EJE SIMPLE. -Ruedas superanchas	H	6 SEIS (8 ocho - maquinaria especial)	8 OCHO
EJE SIMPLE. -Ruedas dobles		10,5 DIEZ COMA CINCO	11 ONCE
CONJUNTO (TÁNDEM) DOBLE DE EJES. - Ruedas individuales		10 DIEZ (5 por eje)	10,5 DIEZ COMA CINCO (5,25 por eje)
CONJUNTO (TÁNDEM) DOBLE DE EJES. - Ruedas dobles		18 DIECIOCHO (9 por eje)	18,9 DIECIOCHO COMA NUEVE (9,45 por eje)
CONJUNTO (TÁNDEM) DOBLE DE EJES. - Ruedas superanchas y ruedas dobles		15 QUINCE (9 eje con ruedas doble y 6 eje de ruedas superanchas)	16,5 DIECISEIS COMA CINCO (9,45 eje con ruedas doble y 5,25 eje de ruedas individuales)
CONJUNTO (TÁNDEM) DOBLE DE EJES. - Ruedas individuales y ruedas dobles		14 CATORCE (9 eje con ruedas doble y 5 eje de ruedas individuales)	14,7 CATORCE COMA SIETE (9,45 eje con ruedas doble y 5,25 eje de ruedas individuales)
CONJUNTO (TÁNDEM) DOBLE DE EJES. - Ruedas superanchas.		12 DOCE (6 por eje)	14 CATORCE (7 por eje)
CONJUNTO (TÁNDEM) TRIPLE DE EJES. - Ruedas dobles.		25 VEINTICINCO COMA CINCO (8,5 por eje)	26,8 VEINTISEIS COMA OCHO (8,93 por eje)
CONJUNTO (TÁNDEM) TRIPLE DE EJES. - 2 ejes con ruedas dobles. - 1 eje con ruedas individuales		21 VEINTIUNO (8,5 ejes con ruedas doble y 4 eje de ruedas individuales)	22 VEINTIDOS (8,93 ejes con ruedas doble y 4,2 eje de ruedas individuales)
CONJUNTO (TÁNDEM) TRIPLE DE EJES. - Ruedas superanchas.		18 DIECIOCHO (6 por eje)	19,5 DIECINUEVE COMA CINCO

Fuente: [www.argentina.gob.ar](http://www.argentina.gob.ar).

### *Tolerancia en los pesos*

Para los pesos máximos indicados en el esquema titulado “Configuración de los camiones” se admiten las siguientes tolerancias:

- Hasta 500 kg en ejes simples
- Hasta 1.000 kg en tandem de ejes
- Hasta 1.000 kg en la sumatoria de excesos en una formación.

Estas tolerancias son válidas siempre y cuando no se supere el peso máximo total permitido. Esto implica que los excesos de peso en uno o más ejes deben ser compensados por la falta en otros.

### *Relación peso/potencia*

Ha comenzado a regir desde de mayo de 2016 una nueva normativa que establece una actualización en la relación peso/potencia para camiones que circulen por las rutas nacionales de nuestro país. Así se informó desde el Ministerio de Transporte a través de la Dirección Nacional de Vialidad. Según dicha norma, el sistema de pesaje será fiscalizado de acuerdo con el nuevo coeficiente, que deberá respetar la relación peso/potencia de 4,25 CV DIN. (Antes el coeficiente era 3,25.)

Esta nueva reglamentación concuerda con lo que ya estaba establecido en la ley anterior (N.º 24.449) y en sus decretos reglamentarios mediante los cuales se establecía cuáles son los pesos y las dimensiones que los vehículos de gran porte deben respetar para circular por los caminos de nuestro país.

$$\text{Carga máxima} = \frac{\text{Potencia efectiva al freno (CV)}}{4,25 \text{ CV/t}}$$

#### **EJEMPLO**

Un camión Mercedes Benz 1114 con un motor de 140 CV está cargando 30 a 33.000 kg. Si este vehículo se debe ajustar a lo que indica la ley, hay que dividir la potencia del motor (140 CV) por 4,25, lo que da como resultado 32.941 kg en bruto. A esto se le resta la tara (peso de la unidad tractora) de 12.000 kg, aproximadamente, con lo cual se obtiene 20.941 kg de carga para transportar con los mismos costos que antes. Cabe remarcar que en ningún caso se puede superar el límite de 45 t, independientemente de la potencia.

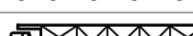
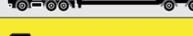
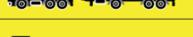
### Configuración de los camiones

**Figura 15.** Configuraciones autorizadas para el transporte automotor de cargas.

CONFIGURACIONES AUTORIZADAS PARA EL TRANSPORTE AUTOMOTOR DE CARGAS - ESCALABILIDAD																			
ART. 27 del DECRETO N° 32/18																			
La D.N.V. informa las nuevas configuraciones para el Transporte Automotor de Cargas y la reglamentación vigente para la circulación de Bitreves.																			
REFERENCIAS																			
 NUEVA CONFIGURACIÓN <table> <tr> <td>S1</td> <td>EJE CON RUEDAS INDIVIDUALES</td> <td>D1</td> <td>EJE CON RODADOS DOBLES</td> </tr> <tr> <td>S2</td> <td>DOS EJES CON RODADOS INDIVIDUALES</td> <td>D2</td> <td>DOS EJES CON RODADOS DOBLES</td> </tr> <tr> <td>S3</td> <td>TRÉS EJES CON RODADOS INDIVIDUALES</td> <td>D3</td> <td>TRÉS EJES CON RODADOS DOBLES</td> </tr> </table>								S1	EJE CON RUEDAS INDIVIDUALES	D1	EJE CON RODADOS DOBLES	S2	DOS EJES CON RODADOS INDIVIDUALES	D2	DOS EJES CON RODADOS DOBLES	S3	TRÉS EJES CON RODADOS INDIVIDUALES	D3	TRÉS EJES CON RODADOS DOBLES
S1	EJE CON RUEDAS INDIVIDUALES	D1	EJE CON RODADOS DOBLES																
S2	DOS EJES CON RODADOS INDIVIDUALES	D2	DOS EJES CON RODADOS DOBLES																
S3	TRÉS EJES CON RODADOS INDIVIDUALES	D3	TRÉS EJES CON RODADOS DOBLES																
VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE CARGAS QUE SON DE LIBRE CIRCULACIÓN EN RUTAS NACIONALES -																			
ART. N° 27 - APARTADO 2.3.1.																			
Nº	TIPO DE VEHÍCULO	CONFIGURACIÓN N° DE EJES	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	PESO MÁXIMO (t)	Relación POT/PESO (CV/t) min.												
1		S1- D1	13,20	2,60	4,30	16,50	4,25												
2		S1- D2	13,20	2,60	4,30	24,00	4,25												
3		S1- D3	13,20	2,60	4,30	31,50	4,25												
4		S2- D2	13,20	2,60	4,30	28,00	4,25												
5		S2- D3	13,20	2,60	4,30	35,50	4,25												
6		S1- S1- D2	13,20	2,60	4,30	30,00	4,25												
7		S1- S1- D3	13,20	2,60	4,30	37,50	4,25												
8		S1- D1- D1	18,60	2,60	4,30	27,00	4,25												
9		S1- D1- D2	18,60	2,60	4,30	34,50	4,25												
10		S1- D1- D3	18,60	2,60	4,30	42,00	4,25												
11		S1- D2- D2	18,60	2,60	4,30	42,00	4,25												
12		S1- D2- D1- D1	18,60	2,60	4,30	45,00	4,25												
13		S1- D2- D3	18,60	2,60	4,30	49,50	6,00												
14		S1- D1- D1- D2	18,60	2,60	4,30	45,00	4,25												

Fuente: [www.argentina.gob.ar](http://www.argentina.gob.ar).

**Figura 16.** Configuraciones autorizadas para el transporte automotor de cargas.

Nº	TIPO DE VEHÍCULO	CONFIGURACIÓN Nº DE EJES	DIMENSIONES MÁXIMAS			PESO MÁXIMO (t)	Relación POT/PESO (CV/t) mín.
			LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)		
15		S1 - D1 - D1 - D1 - D1	18,60	2,60	4,30	45,00	4,25
16		S1 - D1 - D1 - D1	20,00	2,60	4,30	37,50	4,25
17		S1 - D1 - D1 - D2	20,00	2,60	4,30	45,00	4,25
18		S1 - D2 - D1 - D1	20,00	2,60	4,30	45,00	4,25
19		S1 - D2 - D1 - D2	20,00	2,60	4,30	52,50	6,00
20		S1 - D1 - D2 - D2	20,00	2,60	4,30	52,50	6,00
21		S1 - D1 - D1 - D1 - D1	20,50	2,60	4,30	45,00	4,25
22		S1 - D2 - D2	22,40	2,60	4,30	42,00	4,25
23		S1 - D2 - D1 - D1	22,40	2,60	4,30	45,00	4,25
24		S1 - D2 - D1 - D2	18,60	2,60	4,30	52,50	6,00
25		S1 - D2 - D1 - D1 - D1	18,60	2,60	4,30	55,50	6,00
26		S1 - D2 - D2 - D2	20,50	2,60	4,30	60,00	6,75

Fuente: [www.argentina.gob.ar](http://www.argentina.gob.ar).

## Bibliografía

- Billings, R.F., Texas A&M Forest Service. 2016. Log trucks, Prince George, British Columbia, Canada [Imagen]. Forestry Images. <https://www.forestryimages.org/browse/image/2108066>.
- Bromley, W.S. 1976. *Pulpwood production*. Interstate Printers & Publishers, Danville, Illinois, USA.
- Conway, S. 1982. *Logging practices*. Miller Freeman Publications, San Francisco, USA.

- Ehuletche, A.B., LA NACION. 2017. Bitrén [Imagen]. Defensa y Desarrollo. <https://desarrolloydefensa.blogspot.com/2017/04/bitrenes-mas-carga-menos-tiempo-mas.html>.
- El Cronista. 2018. <https://www.cronista.com/transport-cargo/El-bitren-foretal-tuvouna-solida-presentacion-20180321-0004.html>
- Forster, R. 2013. *D&W Agri of Lockerbie's DAF XF timber truck, T20 DXW* [Imagen]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/94418464@N08/8945277753>.
- Hisgett, T. 2006. View Logs Vancouver [Imagen]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/hisgett/220279395/in/photolist-kHYjX-ksZoB>.
- Kowalik, K. 2019. *Gdynia, Poland* [Imagen]. Unsplash. <https://unsplash.com/es/fotos/barco-marron-y-negro--lFWY8rixqc>.
- Province of British Columbia. 2008. Port Alice [Imagen]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/bcgovphotos/15359865093>.
- Simmons, F. 1979. Handbook for Eastern timber harvesting. U.S. Forest Service, Broomall, Pennsylvania, USA.
- Stenzel, G., T.A. Walbridge, Jr., and J.K. Pearce. 1985. *Logging and pulpwood production*. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Tolosana, E., V.M. González y S. Vignote Peña. 2004. *El Aprovechamiento Maderero*. Ediciones Mundi Prensa, Madrid.
- United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Operation Research. 2013. *A loader operator feeds trees through a flail delimiter/debarker and into a disk chipper* [Imagen]. Forestry Images <https://www.forestryimages.org/browse/image/5501385>.
- Wackerman, A.E., W.D. Hagenstein, and A.S. Michell. 1966. *Harvesting timber crops*. McGraw-Hill Book Co., New York.
- Wikimedia Commons. 2020. Timber barge on the Mahakam River in East Kalimantan [Imagen]. Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Timber\\_barge\\_on\\_the\\_Mahakam\\_River\\_in\\_East\\_Kalimantan.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Timber_barge_on_the_Mahakam_River_in_East_Kalimantan.jpg).
- Wikipedia. 2019. [https://es.wikipedia.org/wiki/Tren\\_de\\_carretera#:~:text=Un%20tren%20de%20carretera%20\(road,cargas%20voluminosas%20de%20forma%20eficiente](https://es.wikipedia.org/wiki/Tren_de_carretera#:~:text=Un%20tren%20de%20carretera%20(road,cargas%20voluminosas%20de%20forma%20eficiente).
- Xue, S. 2015. *Wood train from Russia to China* [Imagen]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/87550627@N03/16988341921>.

## Capítulo 11

# Aprovechamiento forestal en la Argentina

Argentina no es un país forestal. Desde los comienzos de su historia, ha sido un país agrícola-ganadero por excelencia, generando sus ingresos más importantes a partir de sus exportaciones de carnes y cereales. Según la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS, 2005), en la Argentina existían 31.000.000 ha de montes nativos a mediados del año 2005, cifra que aún no se ha actualizado pues el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación está llevando a cabo, desde 2018, el Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos, que revelará la superficie ocupada en el presente por nuestras masas forestales autóctonas<sup>1</sup>. Por otra parte, las estadísticas de la Dirección Nacional de Desarrollo Foresto-Industrial (DNDFI, 2018) muestran que la Argentina cuenta en la actualidad con más de 1.300.000 ha de bosques cultivados con especies exóticas de crecimiento rápido, principalmente pinos, eucaliptos y salicáceas. Sin embargo, sólo un pequeño porcentaje del producto bruto interno (1,7 %) proviene del sector forestal, principalmente de la Región Mesopotámica, que posee más del 75 % de las forestaciones del país. Las exportaciones de los sectores celulósico-papelero y maderero fueron de unos 600 millones de dólares en 2017 (DNDFI, 2018), lo que representa una contribución insignificante a la balanza comercial.

Si bien se aprovechan tanto especies nativas como cultivadas, las plantaciones aportan el 70 % de las 15.000.000 t de materia prima que se extraen anualmente en la Argentina para abastecer al sector foresto-industrial. La provincia de Misiones sola contribuye con casi el 40 % de ese

---

<sup>1</sup> Dos meses antes de que la versión final de este libro fuese entregada a EDUNSE, se conocieron algunos resultados preliminares del 2º Inventario Nacional de Bosques Nativos, publicados en marzo de 2021, en los que figuran cifras diferentes a las que se consignan en este capítulo. El lector que desee contar con datos actualizados puede acceder libremente al sitio del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [nueva denominación] de la Nación.

volumen (DNDFI, 2018) y genera trabajo en más de 1000 establecimientos industriales de distinto tamaño, que incluyen fábricas de pasta celulósica y papel, aserraderos y carpinterías.

## Las operaciones de aprovechamiento forestal

La mayoría de las tareas de apeo se efectúan con motosierra, aunque se han venido generalizando las operaciones con *feller-bunchers* y *harvesters* en los últimos veinte años. Dependiendo de la topografía, de la capacidad económica de las empresas y los contratistas, y de las costumbres locales, las técnicas de extracción abarcan desde formas muy primitivas, como el uso de bueyes, mulas y pequeños carros, hasta otras más modernas como *skidders* y *forwarders*. Los primeros se emplean tanto en montes nativos como en plantaciones, mientras que los tractores autocargadores se utilizan preferentemente en plantaciones. Casi en todo el país la carga se lleva a cabo por medio de grúas o de máquinas cargadoras de diferente tipo, excepto en los montes chaqueños, donde aún hoy predomina la carga manual de trozas de todo tamaño. Para el transporte se utilizan normalmente camiones con acoplado o con semirremolque, pero en las regiones más pobres (e.g., Parque Chaqueño) lo más común es el uso de tractores agrícolas que tiran uno o dos acoplados rudimentarios de 10-12 t de capacidad cada uno.

### REGIÓN MESOPOTÁMICA

En el aprovechamiento de las valiosas especies de la Selva Misionera, el apeo y la elaboración (por lo general, descopado y trozado) se realizan con motosierra. Los rollizos o las trozas se sacan del monte con motoarrastradora de cable hasta una cancha de acopio (allí denominada “planchada”), donde luego se las “sanea”, clasifica y carga sobre la plataforma de un camión por medio de una grúa hidráulica (de brazo articulado o frontal) para su transporte posterior hasta la planta fabril. Para las diversas fases del aprovechamiento, se emplean mayormente contratistas, especialmente para el transporte. Sólo en operaciones de pequeña escala se pueden encontrar equipos propios con sus correspondientes cuadrillas de obreros forestales.

Entre las máquinas utilizadas se pueden mencionar: motoarrastradoras de 80 a 120 hp, tales como John Deere, Timberjack, Caterpillar, Zanello y Pollack (las dos últimas de fabricación nacional); grúas hidráulicas

montadas sobre camiones o tractores, tales como Barko, Prentice e Hydrogrubert; cargadoras frontales Caterpillar y Klia; y tractores agrícolas modificados que funcionan como un *forwarder* de fabricación casera adaptado a las condiciones locales de trabajo. Dado que en esas masas forestales nativas las cortas son selectivas, queda diseminada en el monte una gran cantidad de material leñoso en forma de desechos provenientes de la copa. En la actualidad prácticamente no se aprovechan los montes nativos de la provincia de Misiones pues la actividad forestal se centra en los montes implantados.

El volumen de madera que se aprovecha en las plantaciones de pino, araucaria y eucalipto, estimado en 5.400.000 t por año (DNDFI, 2018), se obtiene mediante tecnología más avanzada, que varía mucho de una empresa a la otra. A fines del siglo pasado, González (1996) y Kölln *et al.* (1996) publicaron reseñas interesantes sobre la evolución del aprovechamiento en los bosques de Misiones. Por ejemplo, una empresa dedicada a la producción de pulpa celulósica utilizaba en esa época un sistema semimecanizado de madera corta, con personal y equipo propio, que consistía en motosierras, un *forwarder* Bell y una grúa Prentice (Kölln *et al.*, 1996). El costo de la madera apilada variaba entre US\$ 10/m<sup>3</sup> en tala rasa y US\$ 12/m<sup>3</sup> en raleos.

La provincia de Corrientes cuenta en la actualidad con unas 474.000 ha de plantaciones de eucalipto y de pino (más de 1/3 de la superficie forestada de la Argentina), de las que se extraen casi 3.000.000 t por año (alrededor del 20 % del volumen total de madera extraída en el país), que se destinan a la producción de madera aserrada, tableros diversos, pasta celulósica y postes (de eucalipto) para líneas eléctricas. El aprovechamiento en esta provincia incluye operaciones manuales, semimecanizadas y totalmente mecanizadas. Se pueden encontrar faenas de apeo y elaboración con motosierras, seguidas de extracción con bueyes, en raleos de plantaciones de pino en terreno ligeramente ondulado. Sin embargo, se observa una tendencia creciente a la mecanización en las operaciones de mayor escala. Actualmente, muchos contratistas de cosecha forestal usan *feller-bunchers*, trabajando en conjunto con motoarrastradoras de garra, y *harvesters + forwarders*, que constituyen el sistema de trozas cortadas a medida (*cut-to-length*), tanto en cortas a tala rasa como en raleos. También se pueden observar tractores agrícolas modificados, que llevan adosado un “carretón” de fabricación casera, más una grúa, y que cumplen la función de un *forwarder*, sacando las trozas apiladas a lo largo de las filas que ya han sido cortadas. La carga se realiza en forma mecanizada, por medio de tractores trineumáticos Bell u otro tipo de grúa hidráulica, y el transporte a fábrica se efectúa en camiones con acoplado. Según información suministrada por un contratista que ejecuta tareas de cosecha forestal en Misiones y Corrientes, en la mayoría de las operaciones se emplea

actualmente el sistema *cut-to-length*, mientras que el sistema *full-tree*, antes muy común, tiende a ser rápidamente desplazado por aquél (De Dío, comunicación personal, 2021). Este mismo contratista nos informó recientemente que el precio de un *forwarder* en Misiones ronda los US\$ 400.000, en tanto que un trineumático Bell (importado desde Sudáfrica) cuesta entre 120.000 y 140.000 dólares, dependiendo de la potencia, y que también es posible conseguir estas últimas máquinas, usadas, cuyos precios varían entre 60.000 y 80.000 dólares.

Las 127.000 ha forestadas de la provincia de Entre Ríos producen dos millones de toneladas de madera de eucalipto y de pino. Allí se denomina “obraje” al lugar donde se lleva a cabo el aprovechamiento. Según el producto final que se obtenga, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) distingue tres tipos de obraje para eucalipto: (a) para pasta y tableros, (b) para aserradero y (c) para postes. El primero se caracteriza por la escasa mecanización e incluye: abatimiento, desramado y trozado con motosierra; descortezañado manual con hacha, machete o gancho; apilado manual de las trozas; y extracción hasta el cargadero con tractor agrícola o motoarrastradora. Luego se las carga con grúa o a mano y se las transporta en camión a la fábrica. Según datos oficiales de una agencia gubernamental, en la década de 1990, los rendimientos medios en la zona eran: abatimiento y trozado = 80-90 m<sup>3</sup>st/día, descortezañado = 10 m<sup>3</sup>st/día, extracción con motoarrastradora = 300-400 m<sup>3</sup>st/día, y carga con grúa = 350-500 m<sup>3</sup>st/día (INTA, 1995). El costo de la materia prima sobre camión variaba entre 4,5 y 5,5 US\$/ m<sup>3</sup>st.

## DELTA

En el delta del Paraná se cultivan salicáceas de crecimiento rápido para la producción de cajones (para frutas y verduras), pasta celulósica, tableros aglomerados y muebles rústicos. De un total de 83.000 ha forestadas con sauces y álamos, se extraen 364.000 t de madera por año (DNDFI, 2018). Allí se distinguen dos formas típicas de aprovechamiento: en las islas y en tierra firme. En el primer caso, la secuencia de tareas es la siguiente: abatimiento con motosierra, desramado con machete, trozado con motosierra, apilado manual, extracción a camino interior con motoarrastradora o tractor, carga con cargadora o con guinche, extracción hasta la costa con tractor y acoplado, carga sobre barcaza con grúa, transporte fluvial hasta un muelle cercano a la fábrica. Cuando se aprovecha álamo en tierra firme, se repite la secuencia hasta el apilado; luego se carga en el monte y se transporta con camión chasis, tractor y acoplado, o camión y acoplado hasta la fábrica.

Una empresa papelera que posee plantaciones en el delta introdujo el primer equipo de cosecha integral de la zona a mediados de la década de 1990. El sistema constaba de un tractor Komatsu PC-200 montado sobre orugas, con brazo articulado y un cabezal procesador Timberjack FMG-762 (Vivas, 1996). En ese momento los resultados se consideraban satisfactorios pues se había logrado elevar la productividad a 23,26 t/h y reducir los costos casi a la mitad: US\$ 3,50 por tonelada.

#### SELVA TUCUMANO-BOLIVIANA

El aprovechamiento de los montes nativos de esta región se reduce a la explotación selectiva de especies tales como cedro, nogal, lapacho y cebil colorado, todas con maderas muy valiosas y bien cotizadas en los mercados local y nacional. Las dificultades operativas que allí existen se deben a las características topográficas: terreno escabroso de difícil accesibilidad y pendientes muy pronunciadas.

Una típica operación de aprovechamiento consta de:

- Apeo, descopado y trozado con motosierra grande (Stihl o Echo) a cargo de un motosierrista y un ayudante.
- Extracción o “rodeada” con motoarrastradora de cable.
- Carga manual o parcialmente mecanizada por medio de “lisas”.
- Transporte con camión chasis de plataforma plana (“playo”).
- Descarga manual o mecanizada en la playa del aserradero.

Según Luccioni y de Bedia (1995), el abatimiento y la elaboración se realizan por medio de contratistas a quienes se les paga por  $m^3$  preparado para la extracción. Antes de efectuar el trozado, se procede a sanear (eliminar defectos) y medir la longitud del fuste. Luego se lo troza y se arrastran los rollizos hasta un canchón o cargadero, situado al costado de un camino, con una motoarrastradora Caterpillar. Allí se los cubica, midiendo sólo el diámetro menor (pues ya se conoce la longitud). Para sacar madera del monte, en esta región también se usan bueyes, tractores agrícolas y antiguos camiones militares 4x4 (tipo Chevrolet GMC o Mercedes Benz Unimog) con malacate. Según un estudio de la FAO, en la década de 1970 se usó en esta selva subtropical un sistema de extracción con cables aéreos (Overgaard, 1975). Ésta es la única referencia bibliográfica que hemos encontrado al respecto.

Las “lisas” son un par de varas o puntales de madera colocados en forma perpendicular a la dirección del transporte, apoyados sobre un lateral del camión y asegurados firmemente en el suelo, formando un plano in-

clinado que facilita la carga. Por debajo de los rollizos o las trozas se pasan cadenas o cables de acero y se tira del lado opuesto con motoarrastradora, bulldozer, tractor, o bueyes, haciendo rodar las trozas hacia arriba hasta la plataforma del camión.

El transporte entre el canchón y el aserradero se efectúa durante casi todo el año, pero también se mueve madera del monte hacia el aserradero durante el período de explotación, que se reduce a 5-6 meses debido a las lluvias intensas que se registran en la región. Se emplean camiones chasis (tipo Mercedes Benz 1114) con plataforma plana y una capacidad de 5 a 8 m<sup>3</sup>. Para trozas largas (> 7 m) se usan camiones provistos de un acoplado llamado “diablo”, que tiene un solo eje y puede maniobrar en espacios reducidos (Luccioni y de Bedia, 1995).

En lugares de muy difícil acceso y bajo volumen de madera por hectárea, existe una modalidad particular de aprovechamiento denominada “rayado”, que consiste en tablear las trozas en el monte. Una vez apeado y trozado el árbol, se coloca manualmente la troza sobre dos caballetes y, con ayuda de una guía o carril de madera, se la corta longitudinalmente con una motosierra. Por último, se procede a la extracción manual de las tablas así obtenidas hasta una vía de saca o un camino.

Para un estudio más completo sobre este tema en particular, el lector puede consultar el trabajo de Grulke y Brassiolo (2015). En esa publicación se consideran diversos aspectos del manejo sustentable de los bosques nativos de las Yungas, incluyendo silvicultura, planificación, construcción de caminos, aprovechamiento, gestión ambiental y productos forestales que se obtienen de dichos bosques.

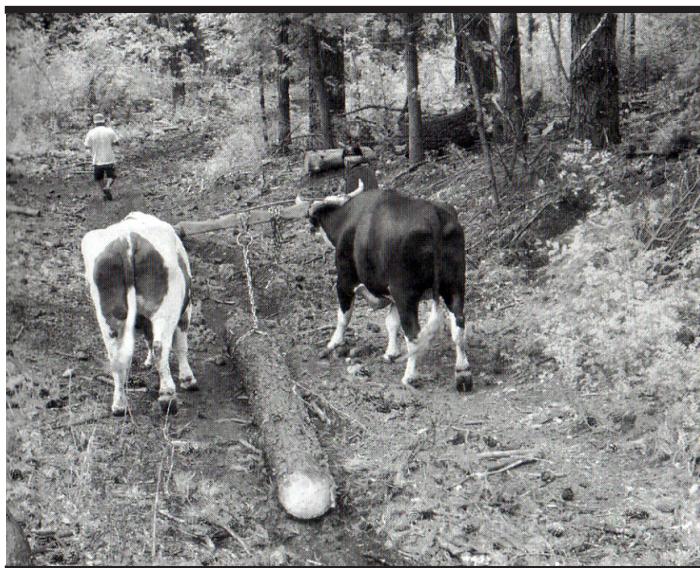
### BOSQUES ANDINO-PATAGÓNICOS

Situados al sur del paralelo 37°, estos bosques cubren 2.300.000 ha, equivalentes al 6 % del total de montes nativos de la Argentina (SAyDS, 2019). De ellos se obtiene principalmente madera de lenga y de ciprés de la cordillera, las que, en conjunto representan el 53 % de la madera que procesan los aserraderos patagónicos. Esta materia prima se destina casi exclusivamente a la industria del aserrado. Por su parte, las plantaciones de álamos y de coníferas exóticas aportan el 47 % de la madera que se extrae anualmente (DNDFI, 2018). A comienzos de la década de 1990, los aserraderos de la Patagonia consumían unos 45.000 m<sup>3</sup>/año de maderas de lenga, ciprés y pino (Pantaenius, 1993).

Se apea, desrama y troza en el monte con motosierra durante los meses invernales. La mitad del volumen de trozas que sale del monte se extrae por arrastre con bueyes durante el verano (estación seca), como se puede apre-

ciar en la Fig. 1. Según Pantaenius (2010), una yunta de bueyes, extrayendo rollos de ciprés, a una distancia de 100 m, tenía un rendimiento de 37 m<sup>3</sup>/día, trabajando 7 h/día, a un costo de US\$ 5,36/m<sup>3</sup>. La extracción también se realiza mediante una combinación de bueyes y tractor agrícola, con viejos camiones militares canadienses 4x4, o con motoarrastradora de cable Zanello. Si bien la carga es manual en el 60 % de los casos, también se usan cargadoras frontales antiguas y guinches de cabrestante montados sobre camiones militares. El movimiento final de la madera hasta los aserraderos generalmente se efectúa con camiones de poca capacidad (8 m<sup>3</sup>), que transportan rollizos de lenga durante el verano y de ciprés y pino durante todo el año.

**Figura 1.** Extracción con bueyes en los Bosques Andino-patagónicos.



Fuente: Pantaenius, 2011.

#### PARQUE CHAQUEÑO

El Parque Chaqueño, la región fitogeográfica más extensa de la Argentina, cubre una superficie de 22.000.000 ha y produce más de 3.400.000 t de materia prima forestal (83 % del total de madera extraída anualmente en el país), que sale de esos montes en forma de rollizos, postes, durmientes y leña (SAyDS, 2018). La isohieta de 750 mm define dos zonas: la orient-

tal, o Parque Chaqueño Húmedo, con precipitaciones que llegan a 1100 mm anuales, y la occidental, o Parque Chaqueño Seco, donde las lluvias disminuyen hacia el Oeste hasta un mínimo cercano a los 400 mm por año. Si bien cada una tiene una composición florística diferente, las especies principales objeto de aprovechamiento son comunes a ambas zonas. Los árboles típicos y más representativos son los quebrachos colorados y blanco y los algarrobos blanco y negro, distribuidos por toda la región.

En la zona oriental se aprovecha mayormente el quebracho colorado chaqueño destinado a la industria del tanino y, en menor escala, a la elaboración de durmientes y postes. En función de los volúmenes extraídos anualmente, siguen en importancia el algarrobo blanco, ampliamente utilizado para fabricar muebles, el quebracho blanco, el itín (*Prosopis kuntzei*), el guayaibí blanco (*Patagonula americana*) y el urunday (*Astronium balansae*). En cambio, en la zona occidental, más seca, los mayores volúmenes aprovechados son de quebracho colorado santiagueño (usado principalmente para postes y leña) y de quebracho blanco (para aserrado).

La manera de explotar el monte es similar en ambas zonas. El Chaco Oriental presenta un grado mínimo de mecanización, especialmente en las fases de extracción y carga, mientras que en el Chaco Seco casi todas las tareas se efectúan en forma manual y las condiciones de trabajo son verdaderamente primitivas y extenuantes. Se describen a continuación las actividades que caracterizan a la explotación forestal en esta última zona, con especial énfasis en los montes situados en la provincia de Santiago del Estero.

### **El Parque Chaqueño Seco**

También conocida como Chaco Semiárido, esta zona se caracteriza por terrenos llanos, veranos muy calurosos e inviernos moderados. Los suelos son de textura fina, lo que representa un problema para la extracción y el transporte durante la estación lluviosa (noviembre a marzo), pues la mayoría de los caminos en la zona forestal son de tierra y no reciben el debido mantenimiento. Las especies arbóreas principales están acompañadas por un sotobosque denso y espinoso de latifoliadas semi-xerofíticas. Información suministrada por la Dirección General de Bosques y Fauna de la provincia de Santiago del Estero en forma personal a uno de los autores revela que el volumen maderable, en promedio, varía entre 30 y 40 m<sup>3</sup>/ha, en tanto que el crecimiento volumétrico medio llega a 0,5 m<sup>3</sup>/año (Araujo, P.A., 2015). Por otra parte, los productos que se extraen son de escaso valor agregado. Por ejemplo, alrededor del 70 % de la producción

total de quebracho colorado se destina a leña y postes para alambrado, según la misma fuente. En contraste con eso, más del 95 % de la madera de quebracho blanco que se corta es transformada generalmente en madera aserrada para varillas, pallets y otros usos menores. Por su parte, el itín, usado casi exclusivamente para postes, ocupa el tercer lugar en cuanto a volumen extraído por año, seguido por el algarrobo blanco, cuya madera posee excelentes aptitudes tecnológicas para diversas aplicaciones. Lamentablemente, sólo parte de este recurso tan valioso se destina a la fabricación de muebles rústicos para el mercado local. La mayor parte se comercializa en forma de materia prima sin transformación industrial, como rollizos, postes y rodrigones para viñedos.

La tala indiscriminada de los bosques durante más de un siglo ha provocado una seria degradación de los recursos forestales de la provincia. Además de la dramática disminución de tan valiosa riqueza maderera, la explotación de las especies más importantes ha ocasionado serios daños a todo el ecosistema, dañando a los árboles en pie durante el apeo y la extracción, y favoreciendo la invasión de especies arbustivas que constituyen el llamado "fachinal". La ausencia de cobertura arbórea deja el suelo y los "renovales" (la regeneración natural) de las especies principales totalmente expuestos a la radiación solar, acelerando en muchos casos el proceso de desertificación.

#### APROVECHAMIENTO FORESTAL EN EL PARQUE CHAQUEÑO SECO

Los sistemas tradicionales de aprovechamiento en los montes santiagueños son rudimentarios e ineficientes y hacen uso intensivo y excesivo de la mano de obra. Aquí también se llama "obraje", o lote, al lugar donde se efectúa la explotación. Éste sería equivalente a la unidad de aprovechamiento en una planificación convencional adecuada. El empleo de herramientas y técnicas inadecuadas ocasiona una baja productividad de cada una de las tareas que se realizan en el monte. Por otra parte, el trabajo de los obreros forestales es extremadamente arduo y peligroso, lo que, año tras año, provoca numerosos accidentes, con daños físicos y lesiones de diversa gravedad, a veces irreparables, además de las enfermedades ocupacionales típicas de esta clase de actividad. Ante esta realidad, los que explotan los montes en el Chaco Semiárido (empresas u obrajeros particulares), deberían fijarse como objetivo mejorar las condiciones laborales en todas las tareas de aprovechamiento.

En base al producto a obtener, se distinguen tres sistemas básicos de trabajo: para producción de rollizos, de leña y de postes. A continuación, se presentan los resultados de estudios realizados por Turc y Mazzucco (1998).

### *Aprovechamiento para producción de rollizos*

En este sistema, la secuencia de trabajo es la siguiente:

- a. Apeo y trozado con motosierra de gran tamaño.
- b. Rodeada con zorra y mula.
- c. Carga manual sobre acoplado.
- d. Transporte con tractor agrícola y acoplado.
- e. Descarga manual en la playa del aserradero.

Una cuadrilla formada generalmente por un motosierrista y un ayudante, trabajando 7-8 horas diarias, abate un árbol, lo desrama, y mide y troza el fuste en menos de siete minutos (esto incluye la preparación para el apeo). En casi todos los casos se usaron motosierras Stihl 070, demasiado grandes y pesadas ( $\pm 15$  kg) para este tipo de trabajo, teniendo en cuenta que la mayoría de los árboles no superan los 60 cm de dap. Sólo en dos trabajos se observó el uso de máquinas más livianas: Stihl 08.

La extracción de rollizos, conocida localmente como “rodeada”, se realiza por medio de un pequeño carro de dos ruedas llamado “zorra”, tirado por una mula, que puede cargar hasta una tonelada. Esta tarea consiste en colocar las trozas, a mano, sobre la plataforma de la zorra y llevarlas desde el pie del tocón hasta el borde de una “picada” ancha, o de un camino forestal secundario, recorriendo distancias medias de 250 m. En forma excepcional, las trozas se sacan por arrastre con tractor agrícola y cables de acero o cadenas, desde el monte hasta un canchón o playa de acopio (Fig. 2).

Figura 2. Carga de trozas sobre un acoplado tirado por un tractor agrícola.



Fuente: Mazzucco y Turc, 2018.

Una cuadrilla de cinco hombres, incluido el tractorista, carga las trozas sobre un acoplado de plataforma plana, se traslada con ellas, y las descarga al llegar a destino. Si bien el acoplado típico de la zona tiene una capacidad de 20 t, la carga raramente supera las 10-12 t. Debido al mal estado de los caminos durante casi todo el año, ya sea a causa de las lluvias o de la sequía prolongada, en el Parque Chaqueño Seco no se usan camiones para transportar la madera. Todo el movimiento de la materia prima desde el borde de la picada hasta el aserradero se efectúa por medio de tractores agrícolas (generalmente muy viejos) que tiran uno o dos acoplados. Los camiones sólo se usan para transportar postes, carbón a granel y excepcionalmente leña trozada sobre caminos pavimentados (rutas provinciales o nacionales), a grandes distancias. El volumen comercial aprovechable puede llegar a 1 m<sup>3</sup> por árbol, siendo el promedio de  $\pm$  0,5 m<sup>3</sup> por árbol. En toda la región, la madera se pesa; no se cubica. Sólo cuando se mide la producción de leña, se usa el volumen aparente, expresado en metros cúbicos estéreo (m<sup>3</sup>st). Tomando como base el peso específico promedio de las maderas de las especies principales, se considera que 1 m<sup>3</sup> equivale a 1 t aproximadamente.

**Tabla 1.** Rendimientos medios de tareas de aprovechamiento forestal en el monte santiagueño para producción de rollizos de quebracho colorado. (Tiempos y producciones referidas a cada ciclo de trabajo).

Tarea	Cuadrilla [hombres]	Máquina-herramienta	Tiempo [min, seg]	Producción [m <sup>3</sup> ]	Rendimiento [m <sup>3</sup> /h]
Corta	2	Motosierra	6' 34"	0,45	4,11
Rodeada	4	Zorra	4' 30"	0,54	7,18
Extracción	3	Tractor	4' 21"	0,68	9,43
Carga	5	Manual	70'	20,00	17,14
Transporte	5	Tractor	39'	20,00	30,77
Descarga	5	Manual	24'	20,00	50,00

Fuente: Elaboración propia.

La corta incluye apeo, desramado y trozado; la rodeada, a su vez, se realiza con zorra y mula a una distancia media de 110 m. La extracción final se lleva a cabo por arrastre con tractor y cable, recorriendo una distancia promedio 45 m. Finalmente, se carga la madera sobre dos acoplados.

Al ritmo de trabajo de los obreros locales, el rendimiento en la componente corta es apenas superior a 4 m<sup>3</sup>/h (Fig. 3). En cuanto a la extracción, los resultados indican que lo más efectivo es el arrastre con tractor agrícola, con el que se logra una productividad 30 % superior a la del método tradicional: 9,43 vs. 7,18 m<sup>3</sup>/h. A pesar de esta notable ventaja, prácticamente en todas las operaciones observadas la madera se sacaba con zorra y mula. Como ya se señaló, cinco hombres llevan a cabo la durísima, casi inhumana, tarea de levantar a mano los rollizos de hasta una tonelada y colocarlos sobre la plataforma de un acoplado de 1,50-1,60 m de altura. Luego todos los miembros de la cuadrilla viajan con la carga (distancia media = 10 km) y descargan los rollos en la playa del aserradero. Cuando se usaron dos acoplados, los rendimientos resultaron ser de 17,14; 30,77 y 50,00 m<sup>3</sup>/h para la carga, transporte y descarga, respectivamente.

#### *Aprovechamiento para producción de leña*

Los mayores volúmenes de madera que se explotan en los montes de la provincia de Santiago del Estero y que se extraen en forma de leña tienen como destino la fabricación de carbón vegetal, que se comercializa en los centros urbanos para consumo doméstico (mayormente para asados). Hasta principios de la década de 1990, el carbón de quebracho colorado puro se utilizaba en la industria siderúrgica (en los llamados "altos hornos") como reductor del mineral de Fe, para obtener Fe metálico elemental a partir de la pirita (FeS). Ese mercado no existe más para nuestro carbón pues la planta industrial que estaba ubicada en la localidad de Zapla, Jujuy, ya no existe más.

Por otra parte, se cortan cantidades considerables de leña para consumo culinario local (dentro de la propia zona forestal), para calefacción domiciliaria, y como combustible para algunas panaderías y pizzerías en diversas ciudades del país. Esta última es la denominada "leña campana", proveniente de ejemplares de quebracho colorado muertos en pie. Una vez trozada esa madera seca (fustes y ramas) en un aserradero pequeño, se la transporta a granes hasta los grandes centros de consumo. En general, la leña que se saca de nuestros montes y que se utiliza para elaborar carbón está compuesta por diversas especies, excepto quebracho colorado, y se denomina "leña mezcla". Ésta está compuesta por quebracho blanco, algarrobo, itín, garabato, tusca, guayacán, vinal, brea, etc.

Según la Dirección General de Bosques y Fauna de la provincia de Santiago del Estero, en 2018 se trajeron de los montes santiagueños más de 1.000.000 t de leña, de las cuales el 95 % fue convertido en carbón. Esta cifra representa el 91 % del total de productos forestales extraídos ese año. Lamentablemente, la mayoría de los trabajos se dedica principalmente, aun hoy, a la producción de leña mezcla para carbón, un producto de bajo valor agregado con un rendimiento de 6 a 1; es decir, es necesario quemar unas 6 t de leña para obtener 1 t de carbón vegetal.

En una típica operación destinada a la obtención de leña para carbón, la secuencia de tareas es la siguiente:

- Apeo, desramado y trozado con motosierra grande.
- Apilado manual de la leña al pie del tocón.
- Rodeada con zorra y mula.
- Carga manual sobre acoplados.
- Transporte con tractor agrícola y uno o dos acoplados.
- Descarga manual en “batería” de hornos.

En el apeo y en la elaboración de la leña se emplea una motosierra demasiado pesada, lo que implica mayor esfuerzo y menor rendimiento por parte del obrero. La extracción la realizan dos “rodeadores” provistos de una zorra y una mula, lo que permite extraer unos 700 kg por ciclo, tras recorrer una distancia media de 250 m. Sin embargo, en muchas de las operaciones estudiadas, la distancia promedio observada fue de sólo 50 m y el ciclo de extracción, de cinco minutos. Al final de cada viaje, los operarios descargan la zorra desenganchando parte de los arneses y dejando caer la carga. De esa manera, la leña queda acumulada al borde de un camino o en un canchón pequeño, en forma de montones irregulares. Luego se la carga manualmente sobre uno o dos acoplados tirados por un tractor agrícola mediano ( $\pm$  80 hp) y se la transporta hasta el lugar donde será transformada en carbón. Este lugar, ubicado estratégicamente dentro del tramo de corta, consta de un número variable de hornos (desde 2-3 hasta 50), y recibe el nombre de “batería” de hornos. Cada acoplado transporta alrededor de 8 t por viaje, pero los contratistas y obreros forestales convierten esa cifra en 17-18 m<sup>3</sup> st, ya que la forma de pago se basa en esta unidad de volumen aparente (\$/m<sup>3</sup> st). La leña se descarga a mano y en forma desordenada muy cerca de la puerta de entrada de cada horno.

En las operaciones estudiadas, el trabajo era tan desordenado que resultó imposible cuantificar la producción de leña y cronometrar las tareas. Se observó un número excesivo de obreros, casi todos con motosierras de gran tamaño (y algunos con hachas), herramientas inadecuadas para realizar efectivamente la labor, una mala distribución de las cuadrillas en el

terreno, y técnicas y posturas de trabajo inapropiadas. En consecuencia, no se dispone de datos sobre apeo, desramado y trozado.

Independientemente del producto obtenido, las características de los equipos y herramientas empleados son iguales. Casi en toda la región se utilizan las mismas motosierras, las mismas zorras, y el mismo tipo de tractores y acoplados para el transporte.

Como no fue posible medir ni cronometrar los elementos de la componente corta, no se dispone de datos sobre esas tareas. La producción de leña mostró valores comprendidos entre 650 y 750 kg por viaje, lo que equivale a un rendimiento medio de 8,4 t/h (Tabla 2). Esta cifra puede variar en función de la especie, el diámetro y el estado sanitario de los árboles. El ciclo de transporte demanda poco más de 1,5 h. En ese tiempo se mueven 16,5 t de leña desde el borde del camino hasta la batería de hornos.

**Tabla 2.** Rendimientos medios de tareas de aprovechamiento forestal en el monte santiagueño para producción de leña para carbón.  
(Tiempos y producciones referidas a cada ciclo de trabajo).

Tarea	Cuadrilla [hombres]	Máquina-herramienta	Tiempo [min]	Producción [m <sup>3</sup> ]	Rendimiento [m <sup>3</sup> /h]
Corta	2	Motosierra	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Extracción	2	Zorra	5	0,70	8,40
Carga (dos acoplados)	5	Manual	50	16,50	19,80
Transporte	5	Tractor	23	16,50	43,04
Descarga	5	Manual	18	16,50	55,00

#### *Aprovechamiento para producción de postes*

Los postes para alambrado se obtienen a partir de ejemplares jóvenes de quebracho colorado, con fustes de 25-35 cm de dap. Esta explotación irracional atenta contra la regeneración natural del bosque y contribuye a su degradación, poniendo en peligro su producción futura.

El aprovechamiento de postes se realiza de la siguiente manera: apeo

y descopado con motosierra grande, desbastado y labrado con hacha, rodeada con zorra y mula, carga manual sobre acoplado o camión chasis, y transporte hasta una cancha de acopio y clasificación. Por lo general, dos personas diferentes llevan a cabo las tareas necesarias para obtener un poste: un motosierrista y un hachero. Un trabajador con motosierra abate y descopa el árbol; es decir, elimina la copa seccionando el fuste cerca del punto de inserción de la primera rama. Luego el otro obrero desbasta y labra con hacha. El desbastado consiste en eliminar toda la corteza y la albura del fuste apeado, mientras que el labrado implica darle a esa pieza de madera la forma y las dimensiones deseadas, que están establecidas por el mercado y las Normas IRAM para cada tipo de poste, cuya longitud comercial máxima es de 3 m.

Cortar un árbol para obtener un poste no es muy diferente a lo que se describió en el apartado correspondiente a la producción de rollizos. En el apeo el obrero pierde mucho tiempo caminando de un árbol a otro en busca del próximo ejemplar a cortar. Este tiempo se ve compensado por la rapidez con que efectúa los cortes ya que los diámetros son más pequeños. Además, como no se desrama el fuste ni se lo debe seccionar en trozos pues sólo se utiliza el fuste hasta antes de la primera rama, el ciclo de trabajo aquí resulta ser similar al de rollizos. Por ejemplo, el rendimiento de las tareas de abatimiento y descopado es ligeramente superior a  $4 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Un obrero experimentado tarda alrededor de cuarenta y cinco minutos para desbastar y labrar una pieza de quebracho colorado obtenida del fuste limpio. Si se toma el promedio para los dos tamaños más comunes de postes que se producen en la zona, el rendimiento de un buen labrador es de ocho a diez postes por día.

Dos hombres realizan la extracción de postes desde el monte hasta el borde del camino usando una zorra tirada por una mula. En los casos estudiados, el tiempo promedio de rodeada fue de veinte minutos recorriendo una distancia media de 338 m. Una zorra saca aproximadamente veinte postes por viaje; por lo tanto, la producción de la rodeada es inferior a 1 t/viaje de ida y vuelta. El rendimiento resulta ser entonces de 2,70 t/h.

Una cuadrilla de cinco hombres carga y descarga los postes sobre un acoplado en forma manual. Luego un tractor agrícola los transporta hasta un canchón o una playa de acopio situada cerca de un camino pavimentado, y allí se los clasifica y apila según dimensiones y calidades. En una hora la cuadrilla carga, en forma prolífica y ordenada, optimizando el espacio disponible en el acoplado, unas 22 t de postes de diversos tamaños. Cuando los caminos están en buenas condiciones y el canchón se halla en un lugar accesible y no muy lejano a una ruta provincial o nacional, los postes se cargan directamente sobre camiones para su transporte final.

## Conclusiones

Tras haber expuesto con cierto grado de detalle el aprovechamiento forestal en el Parque Chaqueño Seco, particularmente en tres departamentos de la provincia de Santiago del Estero, podemos elaborar algunas conclusiones de carácter general, que pasamos a enumerar:

- Los obreros forestales viven en condiciones primitivas y precarias; su ambiente laboral es extremadamente inseguro y peligroso. Casi nunca se tiene en consideración su salud ni su integridad física.
- La mayoría de las tareas son ineficientes pues no se planifica el trabajo y los obreros carecen de la capacitación apropiada. Pierden mucho tiempo, realizan movimientos innecesarios, adoptan posturas de trabajo peligrosas y se exponen permanentemente a riesgos de accidentes, mostrando que no tienen conciencia del peligro. Todo eso da como resultado una baja productividad de todas las tareas de aprovechamiento.
- El abatimiento, desramado y trozado se efectúan casi siempre con una motosierra demasiado grande y pesada, lo que implica un desgaste innecesario para el operario y genera una situación laboral peligrosa, que podría resultar grave si éste ingresa en el denominado "umbral de fatiga".
- Tanto su forma de trabajo como la típica actitud negativa del obrero de resistirse al cambio, se debe a factores culturales y familiares: como sus padres siempre han obtenido buenos resultados trabajando con ese tipo de máquina, no ven necesidad de reemplazarla por otra diferente, más nueva, o con mejor tecnología. Además, para ellos, manejar una máquina pesada es sinónimo de fortaleza y resistencia.
- Por otra parte, la realidad muestra que ya no quedan árboles de gran diámetro que justifiquen el uso de esas máquinas. Existen hoy en el mercado motosierras más livianas de gran potencia que darían excelente resultado en el monte santiagueño.
- Si bien la extracción se realiza generalmente con zorra, se han constatado rendimientos mayores cuando se utiliza tractor y cable. De esa manera se elimina el esfuerzo de mover y levantar rollizos y postes en forma manual y se cuida la integridad física del obrero.
- La operación de carga es siempre manual. Rollos de hasta 1 t son cargados por 6-8 operarios sobre acoplados cuya plataforma está a 1,50 m del suelo. Este enorme esfuerzo podría evitarse usando una grúa sencilla a cable, accionada por la toma de fuerza del tractor. Con esta modificación técnica de bajo costo se obtendrían mejores

- rendimientos, disminuirían los accidentes y se preservaría la salud de los obreros. Otra alternativa sumamente económica sería recurrir al uso de un plano inclinado (“lisas”) para hacer rodar los rollizos y hacerlos subir al acoplado mediante un cable tirado por el tractor. Además, se debería evitar transportar a toda la cuadrilla desde el monte hasta la playa y emplear sólo dos operarios para descargar.
- Si el sector forestal se fijara como objetivo mejorar la eficiencia de las tareas y aumentar la productividad del aprovechamiento, debería centrar su atención en el principal protagonista del trabajo de monte: el obrero forestal. Esto sólo se podrá lograr mediante la debida capacitación y el uso de métodos y técnicas tendientes a humanizar el trabajo y mejorar las condiciones de vida de los obreros.

## Bibliografía

- Araujo, P.A. 2015. Comunicación personal. Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- De Dío, A. 2021. Comunicación personal. INDUFOR S.R.L., Puerto Rico, Misiones.
- DNDFI. 2018. Intercambio comercial argentino de productos forestales, 2018. Dirección Nacional de Desarrollo Foresto-Industrial (DNDFI), Secretaría de Agroindustria de la Nación, Buenos Aires.
- González, R.A. 1996. Explotación de los aprovechamientos forestales en Misiones. In Actas del Primer Seminario de Actualización sobre Sistemas de Cosecha y Transporte Forestal; Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones; Eldorado, Misiones, Argentina, 21-22 noviembre 1996. p. 21-26.
- Kölln, R.F., N. Kelsey y W. Wendnagel. 1996. Sistemas de aprovechamiento en Alto Paraná S.A. In Actas del Primer Seminario de Actualización sobre Sistemas de Cosecha y Transporte Forestal; Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones; Eldorado, Misiones, Argentina, 21-22 noviembre 1996.
- Grulke, M. y M. Brassiolo. 2015. Manejo de bosques nativos de las Yungas. Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- INTA. 1995. *Manual para productores de eucaliptos de la Mesopotamia Argentina*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina. 162 p.

- Luccioni, L.F. y G.R. de Bedia. 1995. Aprovechamiento Forestal en la Selva Tucumano-boliviana. Seminario (inédito) presentado ante la Cátedra de Aprovechamiento Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Julio 1995. 5 p.
- Mazzucco, R.V. y C.O. Turc. 2018. Manual de prácticas de aprovechamiento forestal. Serie didáctica N.º 39. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Overgaard, J. 1975. Aprovechamiento y transporte forestal en el Noroeste Argentino. Proyecto UNDP-FAO-ARG/70/536, Documento de Trabajo N.º 18, Salta, Argentina. 89 p.
- Pantaenius, P.M. 1993. Introducción y desarrollo de nuevas técnicas de aprovechamiento forestal en el bosque patagónico argentino. In *Anales del CIEFAP*, vol. 1; Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino- Patagónico, Esquel, Chubut, Argentina. p. 296-304.
- Pantaenius, P.M. 2010. Manual de aprovechamiento forestal. CIEFAP Manual N.º 10, Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino-Patagónico, Esquel, Chubut, Argentina.
- Pantaenius, P.M. 2011. *Sistemas de aprovechamiento forestal y temas relacionados*. Rúcula Libros, Buenos Aires.
- SAyDS. 2005. Primer inventario Nacional de Bosques Nativos. Proyecto “Bosques Nativos y Áreas Protegidas”, Préstamo BIRF 4085-AR, 1998-2005. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación, Buenos Aires.
- SAyDS. 2018. Informe del estado del ambiente. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), Buenos Aires.
- SAyDS. 2019. Monitoreo de la superficie de bosque nativo de la República Argentina. Región forestal Bosque Andino Patagónico. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), Esquel, Chubut, Argentina.
- Turc, C.O. y R.V. Mazzucco. 1998. Caracterización de los sistemas de aprovechamiento forestal utilizados en los montes santiagueños. Quebracho 6:59-68.
- Vivas, P.N. 1996. Introducción y adaptación del *harvester* en las plantaciones forestales de Papel Prensa. In *Actas del Primer Seminario de Actualización sobre Sistemas de Cosecha y Transporte Forestal*; Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones; Eldorado, Misiones, Argentina, 21-22 noviembre 1996. p. 27-36.

## Capítulo 12

# Productividad y costos de aprovechamiento forestal

En el primer capítulo de este libro dijimos que el aprovechamiento forestal es una parte del negocio forestal cuya finalidad es el abastecimiento de materia prima para la industria de transformación de la madera. A su vez, toda empresa que esté en el negocio forestal tiene como objetivos principales maximizar sus ganancias o beneficios y/o minimizar sus costos. Para alcanzar dichos objetivos, se debe manejar el negocio con una amplia visión empresarial que involucra conocer tanto los aspectos técnicos y operacionales como los económicos y financieros. Este concepto se aplica tanto a una empresa forestal de gran magnitud, con muchos empleados, como a un pequeño contratista, con pocos empleados, que se dedica a cortar y sacar madera del bosque.

En el Capítulo 4 se presentaron varios sistemas de aprovechamiento forestal, cuyo funcionamiento involucra insumos tales como árboles, personas y máquinas. Más adelante, en los capítulos 8, 9 y 10, se describieron desde el punto de vista técnico y operacional las diversas actividades que se llevan a cabo para aprovechar un bosque. Allí se discutieron las técnicas de trabajo y algunas cuestiones relacionadas con la seguridad de las operaciones de corta, extracción, carga y transporte, mencionándose también la eficiencia de las tareas para lograr la máxima *productividad* y el mínimo *costo* de producción. Pero hasta este punto no hemos definido esas dos palabras ni explicado por qué son importantes. En los párrafos siguientes se abordarán estos dos conceptos básicos dentro de la producción forestal y se presentará un método para calcular el costo horario de una máquina forestal. Para que una máquina pueda efectuar una tarea dada, o para que un sistema sea el apropiado para cosechar un monte determinado, no sólo se debe tener en cuenta la factibilidad técnica sino también la productividad y los costos. Toda actividad debe ser rentable; de lo contrario no se la debe ejecutar. Por otra parte, se necesita dinero para que una máquina o un sistema funcione, pues cualquier actividad que se realice implica costos; y éstos

están relacionados inevitablemente con la producción y la productividad. Por ello resulta imprescindible estudiar la productividad de la máquina y/o del sistema para determinar previamente su factibilidad económica.

### Concepto de productividad

Todo productor o fabricante de un bien, independientemente de la magnitud de su empresa, quiere saber cuánto produce por hora, por día, por semana y cuánto le cuesta cada hora de trabajo de cada una de las máquinas utilizadas en su proceso productivo. También le importa saber cuál es su costo para producir cada unidad de su bien o producto. Existen varios métodos, basados en observaciones, mediciones y cálculos, para encontrar la respuesta a cada uno de estos interrogantes. Recurramos a un ejemplo para ilustrar este punto. Cuando un contratista cuya actividad implica cortar y sacar la madera del monte tiene interés en conocer cuántos m<sup>3</sup> de madera afea, desrama, troza y saca del monte su cuadrilla de trabajo, compuesta por cuatro obreros, él deberá determinar la productividad en forma empírica, observando y midiendo *in situ* la producción de cada tarea que constituye el trabajo para el cual fue contratado; es decir, qué volumen de madera abatió la cuadrilla y cuánto logró extraer del monte en una hora o durante la jornada laboral. Esos estudios se efectúan aplicando las técnicas de cronometría del trabajo forestal y midiendo la producción en el período de tiempo elegido.

Vale la pena poner énfasis en la idea expresada en el primer párrafo: por lo general, toda empresa tiene como objetivo principal maximizar sus beneficios y/o minimizar sus costos. En el caso particular de una empresa forestal, independientemente de su tamaño, el costo de producción (de plantas, trozas, tablas, etc.) afecta directamente sus ganancias. Se puede aumentar las ganancias produciendo más o reduciendo los costos. Para ello, el productor o el empresario debe conocer cuál es la productividad de las actividades o tareas que componen el proceso de producción. Intentemos ahora una definición de productividad.

En Economía se denomina *productividad* a la relación entre la producción obtenida y los recursos o insumos utilizados para obtenerla. Esta relación se puede expresar así:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{producción}}{\text{insumos}} = \frac{\text{output}}{\text{inputs}} = \frac{\text{beneficio}}{\text{inversión}}$$

También se define *productividad* como “capacidad o nivel de producción por unidad de trabajo, superficie de tierra cultivada, equipo industrial, etc.” (Diccionario de la Lengua Española, 23<sup>a</sup> Edición, 2014). La segunda acepción de este término indica: “relación entre lo producido y los medios empleados, como la mano de obra, materiales, energía, etc.” A menudo se emplea el término *rendimiento* como sinónimo de productividad. Según el mismo diccionario, rendimiento es el “producto o utilidad que da alguien o algo”, y también la “proporción entre el producto o resultado obtenido y los medios utilizados”.

### IMPORTANCIA DE LA PRODUCTIVIDAD

Si una empresa aspira a crecer y mejorar la calidad de vida de todas las personas que dependen directa o indirectamente de ella, debe optimizar el rendimiento de sus recursos; es decir, debe utilizarlos en forma eficiente y eficaz. Una forma de lograrlo es aumentando la productividad de la mano de obra, para lo cual se puede recurrir a numerosas técnicas de manejo. Esto implica la aplicación de procedimientos sistemáticos de investigación, planificación y control a problemas de manejo de actividades humanas.

### La productividad en el sector forestal

En el sector forestal, generalmente expresamos la productividad en unidades de producción con respecto al tiempo; por ejemplo:  $m^3/h$ ,  $m^3/día$ ,  $t/h$ ,  $t/día$ ,  $t/mes$ ,  $km/día$ ,  $ha/h$ ,  $ha/día$ , etc. También se la puede expresar en:  $m^3/hombre$ ,  $n.^o$  de trozas/viaje,  $n.^o$  de árboles/h-hombre,  $m^3/ha$ ,  $km/h-máquina$ ,  $n.^o$  de plantas tratadas por día, etc.

Los recursos o insumos son los factores de la producción; es decir: tierra, materia prima, capital (instalaciones, maquinaria, equipos), energía, información y recursos humanos (mano de obra y gerencia). Normalmente se afirma que los costos son los intereses de la tierra y del capital, más los salarios o jornales. Sin embargo, veremos más adelante que la palabra “costo” entraña mucho más que eso.

El término *productividad* puede referirse a la mano de obra o a las máquinas. La productividad de la mano de obra depende de la calidad de la planificación, del cumplimiento de los planes de trabajo, de la capacitación y el entrenamiento de los obreros u operarios y de sus condiciones físicas, de la duración de la jornada de trabajo, de la forma de pago, y de

factores climáticos, sociales y culturales. A su vez, la productividad de una máquina está afectada por la capacidad y eficiencia de los operarios, el cumplimiento de los planes de trabajo, el uso y mantenimiento adecuados de la máquina, la compatibilidad entre la máquina y la tarea que con ella se realiza, las condiciones de operación de la máquina y la metodología de trabajo empleada. La utilización que se hace de todos los factores de la producción determina la productividad de la empresa.

Las condiciones que afectan la productividad generalmente inciden también sobre los costos. En las operaciones de aprovechamiento forestal, por ejemplo, cada máquina y cada sistema está afectado por una serie de factores que, a su vez, influyen sobre los costos.

Varios autores han estudiado el efecto de diversas variables sobre la productividad de la maquinaria y sobre los costos. Conway (1982), refiriéndose concretamente al aprovechamiento forestal, subraya que el objetivo fundamental del productor o del contratista es minimizar el costo total del sistema. Además de discutir los efectos de algunas variables sobre la productividad y los costos, Conway presenta algunas técnicas comúnmente empleadas para medir la productividad. Por su parte, Anaya y Christiansen (1986) han analizado numerosos factores que influyen sobre la producción de un sistema de aprovechamiento forestal, clasificándolos en tres grupos, según su importancia y facilidad de medición. A su vez, Stenzel *et al.* (1985) describen brevemente tres métodos para recolectar y analizar los datos necesarios para estimar la productividad y los costos de una determinada actividad dentro de un sistema de aprovechamiento forestal.

Un estudio de la productividad requiere contar con mucha información y datos fidedignos sobre numerosas variables para poder responder una serie de interrogantes sobre la situación particular de que se trate. Por ejemplo, la productividad de la máquina o del sistema que se pretende utilizar podría verse afectada por el tamaño de los árboles a cortar, la densidad del rodal, la pendiente del terreno, el clima, u otros factores. Para dilucidar esas cuestiones se debe medir el tiempo que tarda la máquina para efectuar cada tarea y determinar la cantidad de materia prima producida por unidad de tiempo en diferentes escenarios. De esa manera se podrá estimar el efecto de cada una de esas variables sobre la producción.

### CÓMO MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

La gerencia de una empresa debe procurar en todo momento coordinar y utilizar sus recursos de la mejor manera posible para alcanzar la máxima productividad. Esto es válido para cualquier clase de actividad económica: una empresa minera, una compañía de seguros, un productor de plantas

en un vivero, o un contratista de cosecha forestal. Uno de los instrumentos más eficaces y más ampliamente usados para mejorar la productividad es el *Estudio del Trabajo*. De las varias definiciones que existen en la bibliografía, las dos más difundidas son: (1) la del Instituto Británico de Estándares (British Standards Institution, 1992) y (2) la de la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2000).

*Definición 1.* El *Estudio del Trabajo* es un conjunto de técnicas que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos, y que conducen sistemáticamente a la investigación de los factores que afectan la eficiencia y la economía de una tarea, a fin de mejorar la productividad.

*Definición 2.* El *Estudio del Trabajo* es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando.

El Estudio del Trabajo es una herramienta muy útil para la dirección de cualquier organización pues investiga los problemas en el lugar de trabajo y les busca la solución. Este objetivo se logra mediante la aplicación de diversas técnicas, de las cuales las más conocidas son: (a) Estudio de Métodos y (b) Medición del Trabajo, cuyas respectivas definiciones se presentan a continuación (British Standards Institution, 1992):

- **Estudio de Métodos.** Registro sistemático y examen crítico de las maneras (existentes y propuestas) de realizar una tarea con el fin de desarrollar y aplicar métodos más fáciles y efectivos y de reducir los costos. Apunta a la reducción del contenido de trabajo de la tarea, eliminando movimientos o esfuerzos innecesarios. Busca simplificar la tarea y establecer formas más económicas para ejecutarla.
- **Medición del Trabajo.** Aplicación de técnicas específicas destinadas a establecer el tiempo que tarda un trabajador calificado para ejecutar una tarea determinada tomando como base un nivel definido de rendimiento. Se centra en la reducción del tiempo improductivo y procura establecer estándares de tiempo para dicha tarea cuando se la efectúa en forma mejorada, según los resultados del estudio de métodos. Busca determinar cuánto tiempo se necesita para ejecutarla.

## TÉCNICAS DE MEDICIÓN DEL TRABAJO

Existen varias técnicas que se pueden utilizar para medir el trabajo, entre las que se puede mencionar: estudio de tiempos, estimación analítica, estimación comparativa, muestreo de actividades, regresión múltiple, etc. De ellas, una de las más importantes es el estudio de tiempos, que se aplica ampliamente en el sector forestal, particularmente en las actividades relacionadas con la cosecha forestal.

### ESTUDIO DE TIEMPOS O CRONOMETRÍA DEL TRABAJO

Definición 1. Tomando como base las normas británicas, el *Estudio de Tiempos* es una técnica de medición del trabajo que sirve para determinar, con la mayor exactitud posible, a partir de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para que un trabajador calificado ejecute una tarea determinada sobre la base de un estándar de rendimiento predefinido (British Standards Institution, 1992). En este sentido, se denomina trabajador calificado a alguien “que tiene la experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para realizar la tarea según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad”.

Definición 2. Según la OIT (2000), el *Estudio de Tiempos* es una técnica de medición del trabajo que se emplea para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea específica, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de obtener el tiempo necesario para efectuar la tarea tomando como base un nivel de ejecución predefinido.

#### *¿Por qué realizar un estudio de tiempos?*

Cuando los directivos de una empresa o de cualquier institución detectan ineficiencias dentro de sus procesos de producción o del funcionamiento de la organización, pueden recurrir al estudio de tiempos para investigar las causas de dichas ineficiencias o de los tiempos improductivos. En el largo plazo, el principal beneficio para la empresa que decide realizar tal investigación será la fijación de tiempos estándar con miras a mejorar la productividad.

### *¿Cómo se lleva a cabo un estudio de tiempos?*

En primer lugar, la persona que realiza el estudio (llamada investigador, observador o analista) recopila toda la información posible acerca de la tarea y del operario que interesa. Luego debe observar la tarea durante un tiempo lo suficientemente largo como para familiarizarse con ella. Después la descompone en unidades pequeñas llamadas elementos. Este estudio previo, o pre-estudio, apunta a que el investigador tenga un conocimiento cabal y detallado de todo el proceso laboral antes de comenzar el estudio. Finalmente, mide el tiempo empleado para ejecutar cada elemento de la tarea.

Un elemento es una parte bien definida y delimitada de una tarea específica que se selecciona por conveniencia para facilitar la observación, la medición y el análisis. La cantidad y la disposición de los elementos que se toman en una tarea determinada dependen de los objetivos del estudio y del grado de precisión deseado. Un número grande de elementos brinda mayores posibilidades de evaluación, pero también requiere mayor esfuerzo, implica mayores costos y puede ocasionar más problemas.

Por otra parte, se denomina ciclo de trabajo a la secuencia de elementos necesarios para ejecutar una tarea o producir una unidad de producto. Un ciclo empieza al comienzo del primer elemento de la tarea o actividad y continúa hasta llegar hasta el mismo punto, en forma repetitiva. Este punto es el fin del primer ciclo y el comienzo del segundo.

Cada elemento de un ciclo de trabajo debe ser fácil de identificar y estar claramente definido, sin dudas: con un comienzo bien definido y un fin bien definido. Una vez establecido, el observador debe poder reconocer reiteradamente al elemento. Cada elemento empieza con una acción o un hecho específico y finaliza con otra acción u otro hecho específico. La acción final de un elemento es la acción inicial del siguiente elemento. Éste es precisamente el punto (llamado “punto crítico”, o *breakpoint*) en el que se efectúa la medición del tiempo. Para evitar subjetividades, se deben definir los puntos críticos con mucha precisión y no se los debe modificar mientras dure el estudio.

Durante el desarrollo del estudio, también se debe medir la producción de la máquina por unidad de tiempo. De las numerosas observaciones efectuadas surgirán las demoras o los tiempos muertos en que incurre el trabajador, que pueden ser “normales” o extraños al proceso. Dichas demoras pueden ser atribuibles al operario (necesidades personales), a la máquina (rotura, falla, por espera de repuestos, etc.), o a otras situaciones inesperadas (accidente, incendio, etc.). En cada caso se deben investigar y analizar a fondo las causas de las demoras para luego intentar hacer las correcciones o los ajustes necesarios que conduzcan a mejorar la produc-

tividad. Es importante registrar todos los factores que afectan o pueden afectar el desempeño y, por tanto, la productividad de la máquina, tales como: distancia media de arrastre (cuando se estudia la extracción), época del año, tipo de suelo, humedad del suelo, pendiente, obstáculos diversos, volumen por hectárea del bosque que se va a cosechar, especificaciones técnicas de la máquina y experiencia del maquinista, entre otros. Alguno/s de ellos influyen de diversas maneras sobre la producción, ya sea en forma aislada o combinada (por interacción). Cada una de estas variables podría ayudar a explicar la variación en la productividad de la máquina o del sistema que se está estudiando. Para ello habrá que analizar los datos, determinar si existen relaciones entre las variables y efectuar algún tipo de análisis estadístico que permita realizar inferencias o predicciones a partir de los datos registrados.

### *Selección de la tarea a estudiar*

El primer paso en un estudio de tiempos es seleccionar la tarea que se va a estudiar. Por lo general, existen razones por las cuales se debe centrar la atención en una tarea en particular y llevar a cabo el estudio de tiempos. Algunas de esas razones pueden ser:

- Se trata de una tarea nueva que no ha sido estudiada previamente; e.g., un nuevo producto, componente, operación o conjunto de actividades.
- Se ha efectuado un cambio de materiales o de método de trabajo, y se necesita establecer un nuevo tiempo estándar para la tarea.
- Se han recibido quejas de los trabajadores o de sus representantes (gremios) acerca del tiempo estándar para una determinada tarea.
- Una tarea en particular se ha convertido en el “cuello de botella” que retrasa las actividades subsiguientes y posiblemente afecta también las actividades anteriores por acumulación de trabajo en una fase previa de todo el proceso.
- Se requiere fijar tiempos estándar antes de adoptar un sistema de incentivos remunerativos (e.g., por productividad o por calidad).
- Es necesario investigar las causas del bajo rendimiento o los excesivos tiempos muertos de alguna tarea o máquina.
- Se desea comparar la eficiencia de dos métodos alternativos.
- El costo de una tarea en particular parece excesivo.

### *Elementos necesarios para efectuar un estudio de tiempos*

Para llevar a cabo un estudio de tiempos, el investigador debe contar siempre con los siguientes elementos de trabajo:

- Cronómetro.
- Tablero anotador.
- Planillas o formularios especiales.

En diferentes momentos de su estudio, ya sea en el terreno o en su oficina, el investigador también puede necesitar usar: calculadora, computadora portátil, cinta métrica, cinta diamétrica, forcípula, balanza, termómetro, reloj de precisión, filmadora o cámara de vídeo, equipos de radio, teléfono celular, etc.

#### *Cronómetros*

Durante décadas se emplearon diversos modelos de cronómetros mecánicos, pero hoy están en desuso. En la actualidad se utilizan cronómetros electrónicos para medir los tiempos que insumen los diversos elementos que conforman una tarea. En la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, durante la ejecución de un proyecto titulado *Estimación de rendimientos y costos de actividades forestales en Santiago del Estero* (2008-2011), se usaron dos cronómetros electrónicos digitales para cronometrar las tareas estudiadas: un Casio modelo HS-20 y un Modena MS-101P. En un estudio anterior sobre productividad de la mano de obra, titulado “Cómo incrementar la productividad en el Parque Chaqueño Seco” (Turc y Mazzucco, 1998), también se utilizó el mismo modelo de cronómetro.

#### *Métodos de medición de tiempos*

Una vez definidos y descritos los elementos que forman un ciclo, se pueden empezar a medir los tiempos, empleando uno de los dos métodos (o modalidades) conocidas de cronometría o cronometraje: continuo y con vuelta a cero.

- Cronometraje **continuo** o acumulativo. El cronómetro, en modo *SPLIT*, funciona en forma ininterrumpida durante todo el estudio. Se lo pone en marcha al principio del primer elemento del primer

ciclo y se lo detiene recién cuando termina el estudio (fin del último elemento del último ciclo). Al comenzar, el observador mira la hora de inicio del estudio (en un reloj pulsera o de pared) y la apunta en la planilla. Luego va registrando, en orden cronológico, los elementos y sus respectivos tiempos, a medida que van ocurriendo. Es decir, al final de cada elemento se anota el tiempo que marca el cronómetro, en horas, minutos, segundos y centésimas de segundo. Aquí se incluyen tanto los tiempos productivos como los improductivos y los denominados tiempos “muertos”.

Debe tenerse en cuenta que el final de un elemento coincide con el comienzo del próximo. Como ya se mencionó al definir el ciclo de trabajo, esto se denomina “punto crítico”, o *breakpoint*. Una vez que se ha medido y apuntado el último elemento del último ciclo, se detiene el cronómetro y se anota la lectura correspondiente. Este registro representa el tiempo acumulativo; o sea, el tiempo total transcurrido durante el estudio. El observador mira además su reloj, o un reloj de su oficina de trabajo, y anota la hora de finalización del estudio.

A cada ciclo se le asigna un número de orden, y dentro de él se incluyen los tiempos correspondientes a cada elemento de ese ciclo. Los tiempos individuales de cada elemento se obtienen restando dos lecturas sucesivas. Cada valor individual así obtenido representa el tiempo de duración de cada elemento. La suma de estos tiempos elementales debe coincidir con el tiempo transcurrido durante todo el estudio, que se obtiene restando la hora de finalización menos la hora inicio. Esto sirve como verificación.

- Cronometraje con vuelta a cero, o medición de tiempos parciales. El observador pone en marcha el cronómetro, en modo *LAP*, al comienzo del primer elemento del primer ciclo. Al finalizar el primer elemento, pulsa un botón y efectúa la lectura del tiempo insumido por dicho elemento. Al pulsar el botón, el segundero vuelve automáticamente a cero, con lo cual pone nuevamente en marcha el cronómetro para medir la duración del elemento siguiente. Todo esto ocurre sin que el instrumento se detenga en ningún momento. De esta manera, la duración de cada elemento se obtiene directamente, en forma individual, como valor absoluto, en minutos, segundos y centésimas de segundo.

El cronometraje continuo tiene una importante ventaja: el tiempo total no cambia si se omite un elemento o no se registra alguna actividad esporádica. Además, es más exacto para trabajos de elementos cortos y ciclos breves. La OIT (2000) enumera una serie de razones por las cuales recomienda usar esta modalidad, que es también la preferida por la mayoría de los sindicatos.

## APLICACIONES DEL ESTUDIO DE TIEMPOS EN EL SECTOR FORESTAL

A continuación, se presentan tres ejemplos de tareas típicas del sector forestal en las que se pueden medir los tiempos de ejecución de cada elemento:

- a. Siembra manual de semillas de un clon de algarrobo en envases de plástico colocados en canteros dentro de un vivero.

Tarea: siembra manual de semillas de algarrobo.

Elementos: llenado de envases, hoyado, siembra, tapado, riego de asiento, cobertura. Estas actividades implican: llenar cada envase (maceta de polietileno negro), hacer el agujero con un palito, colocar la semilla en el agujero, esparcir sustrato sobre cada envase hasta cubrir la semilla, regar con aspersor manual fabricado *in situ*, y cubrir cada cantero con plástico transparente.

- b. Abatimiento con motosierra en un monte nativo, compuesto por árboles distribuidos irregularmente en el terreno.

Tarea: abatimiento manual con motosierra.

Elementos: caminar hasta el árbol, limpiar la maleza, evaluar la situación del árbol y decidir la dirección de caída, efectuar el corte direccional, realizar el corte de abatimiento, retroceder mientras el árbol cae y caminar hasta el próximo árbol.

Esta secuencia de elementos constituye un ciclo completo. Si se desea mayor grado de detalle, también se pueden definir sub-elementos.

- c. Extracción de trozas largas desde el pie del tocón hasta el canchón con una motoarrastradora de garra.

Tarea: extracción por arrastre con motoarrastradora.

Elementos: Viaje vacío, agarrar trozas, viaje cargado, soltar trozas.

**Tabla 1.** Elementos y puntos iniciales y finales del ciclo.

Elementos del ciclo	Puntos inicial y final
Viaje vacío	Máquina comienza a moverse hacia el bosque
	Garra se abre para agarrar las trozas
Agarrar trozas	Garra se abre para agarrar las trozas
	Máquina comienza a moverse hacia el canchón

Elementos del ciclo	Puntos inicial y final
Viaje cargado	Máquina comienza a moverse hacia el canchón
	Máquina abre la garra y suelta la carga
Soltar trozas	Máquina abre la garra y suelta la carga
	Máquina comienza a moverse hacia el bosque

Fuente: Elaboración propia.

En el caso particular del proyecto *Estimación de rendimientos y costos de actividades forestales en Santiago del Estero*, se han estudiado y cronometrado diversas tareas que se realizan en el sector forestal, tales como: llenado de macetas en un vivero, preparación del sitio para forestación, establecimiento de plantines en el terreno, cuidados culturales (control de hormigas, desmalezado, aplicación de herbicidas), apeo y extracción de árboles en monte nativo y aserrado de trozas. El estudio incluye la cuidadosa observación, identificación, definición y descripción detallada de los elementos que componen un ciclo de trabajo, la medición o estimación de la producción, y el cronometraje de cada elemento. La selección de tareas se basa en la primera de las ocho razones enunciadas con anterioridad: se trata de nuevas tareas que no han sido estudiadas previamente.

#### *Utilidad del estudio de tiempos*

Los resultados de un estudio de tiempos pueden ser utilizados para diversos fines, tales como:

- Planificación: presupuestar el número de trabajadores necesarios o el equipamiento requerido para realizar una determinada tarea, balancear o distribuir convenientemente el trabajo entre los miembros de un equipo o cuadrilla, comparar la eficiencia de dos o más métodos alternativos.
- Orientación: fijar pautas organizacionales para la utilización de máquinas, programar las operaciones, elaborar el cronograma de producción, cumplir con los plazos de entrega, etc., optimizando la capacidad de producción.
- Control: efectuar nuevos cálculos para comprobar el efecto de un cambio de máquina o de método sobre la productividad y los costos.
- Fijación de tiempos estándar: determinar la remuneración (a desti-

jo o por hora), las bonificaciones y los incentivos laborales; negociar jornales y salarios entre gremios y empresas.

Para llegar a establecer tiempos estándar para cada tarea estudiada, se requiere de un gran número de observaciones, durante un tiempo largo. De lo contrario, los tiempos registrados constituyen sólo una primera aproximación. No obstante, los resultados así obtenidos permiten al investigador caracterizar las tareas objeto de estudio y constituyen una herramienta valiosa para estimar la productividad de cada tarea.

#### COSTOS DE APROVECHAMIENTO FORESTAL

Por lo general, a un productor, un contratista o una empresa le importa conocer el costo unitario de la producción. Para llegar a determinar dicho costo, es necesario calcular previamente el costo de las máquinas que componen el sistema y el costo de la mano de obra, a lo que finalmente se le suman los costos de administración.

En los últimos cincuenta años, las operaciones de aprovechamiento forestal han experimentado un notable nivel de mecanización en casi todo el mundo. Desde una simple motosierra hasta una sofisticada cosechadora forestal, hoy las máquinas son el común denominador en el aprovechamiento de bosques nativos y, especialmente, de plantaciones en la mayoría de los países donde el sector forestal es importante. Con el rápido avance de la tecnología, en particular la electrónica, la informática y la robótica, cada vez se fabrican máquinas multifuncionales más complejas para cosechar y procesar árboles, lo que obliga a las empresas y demás usuarios a actualizarse permanentemente, a capacitar a su personal y a evaluar las nuevas máquinas que aparecen en el mercado tanto en el aspecto productivo como en el económico, para minimizar sus costos de producción y poder comparar máquinas y sistemas antes de tomar decisiones referentes a su adquisición o sustitución. Si desea hacer una buena evaluación, la empresa debe contar con registros confiables de varios años (sobre sus máquinas) y disponer de profesionales capaces de estimar los costos esperados que le permitan comparar máquinas alternativas y tomar decisiones racionales y bien fundamentadas. Para seleccionar la máquina adecuada para una situación particular y utilizarla en forma rentable, el empresario debe saber cómo calcular sus costos.

De las diversas metodologías que existen en la bibliografía, elegiremos el Método de Miyata (1980), desarrollado por un ingeniero del Servicio Fo-

restal de los Estados Unidos, que se usa ampliamente en Estados Unidos y Canadá. Con ligeras modificaciones, este método también ha sido utilizado por la FAO (1992).

#### *Cálculo del costo horario de una máquina forestal. Método de Miyata*

Durante el proceso de planificación se analizó la influencia que tienen diversos factores o variables sobre la productividad y los costos. Al comienzo de este capítulo se discutió la importancia de la productividad y se presentaron técnicas de medición del trabajo que sirven para determinar la productividad y mejorarla. Corresponde ahora estudiar alguna manera de estimar o calcular los costos mencionados. Cuando dispone de información completa y confiable sobre estos dos aspectos fundamentales de toda actividad económica, la empresa se encuentra en un punto crucial. Es en ese momento cuando puede tomar decisiones sobre la factibilidad o conveniencia económica de una operación de aprovechamiento. Para ello, quien toma las decisiones debe comparar los ingresos que se espera recibir como resultado de la venta de la materia prima con los costos en que se incurría si se llevara a cabo dicha operación. Ésa es una decisión de tipo gerencial (por lo general referente a aspectos económicos o financieros), que requiere del aporte de conocimientos relacionados con aspectos operativos y tecnológicos.

Cuando un técnico, ingeniero u otra persona dentro de una empresa forestal debe elegir cuál máquina comprar de entre varias alternativas, puede recurrir a diversas técnicas conocidas para tomar decisiones. En el caso particular del aprovechamiento forestal, se puede decidir sobre la adquisición de una máquina (nueva o usada), o sobre el reemplazo de una máquina que ha llegado al límite de su vida útil económica, mediante la aplicación del método desarrollado por Miyata (1980) para determinar el costo horario de una máquina. Un análisis cuidadoso y el conocimiento cabal de la productividad y de los costos de la maquinaria y de los sistemas empleados pueden significar la diferencia entre seguir en el negocio forestal o quedar fuera de él, si la empresa no se adapta a los cambios tecnológicos. Un empresario exitoso debe procurar siempre aumentar la productividad y disminuir los costos de sus operaciones forestales.

Para calcular cuánto cuesta ser dueño de una máquina y hacerla funcionar durante una hora, en el Método de Miyata se consideran tres clases de costos: fijos, operativos y de mano de obra (ambos variables). Cuando se quieren calcular los costos horarios de varias máquinas, es recomendable usar una hoja de cálculo (tipo Excel) para visualizar, analizar y comparar más fácilmente los resultados.

En relación con el aprovechamiento forestal, a partir de esta sección del presente capítulo se utilizará casi siempre el costo horario, o costo por unidad de tiempo, expresado en \$/h (aunque a veces se emplea \$/día, \$/turno, o \$/año). Más adelante, al referirnos a la producción, usaremos el costo unitario, expresado en \$/unidad de volumen o en \$/unidad de peso.

## DEFINICIONES

Antes de explicar el procedimiento de cálculo, es necesario definir ciertos términos empleados en el método y conocer algunos datos técnicos de la máquina que se va a evaluar, como, por ejemplo: tipo de máquina, marca y modelo, potencia del motor, capacidad del cárter, tiempo transcurrido entre dos cambios de aceite y otras especificaciones útiles. Estos datos se pueden conseguir en el concesionario de la máquina, en la cartilla de especificaciones técnicas, o en el manual del dueño.

- Precio de compra de la máquina (P)

Denominado “valor a nuevo” por los contadores, P es el precio real que se paga en el momento de adquirir la máquina más el implemento original de fábrica. Se deduce del precio real de adquisición el precio de los neumáticos, o de las orugas, que son partes reemplazables cuya vida útil es menor que la de máquina. El valor de P incluye: impuesto al valor agregado (IVA), otros impuestos, flete, accesorios optativos, e instalación, montaje o adaptación (en caso de ser necesario).

- Valor Residual (R)

El valor residual es el precio de mercado de la máquina en el momento en que se decide venderla para deshacerse de ella y reemplazarla por otra. Su valor depende de la habilidad de negociación del comprador y del vendedor, de la demanda del mercado y de las condiciones o del estado de conservación en que se encuentra la máquina. Como valor estimativo de usa un 20 % del precio de compra.

- Vida útil (N)

La vida útil es el período de tiempo durante el cual la máquina funciona a un nivel aceptable de productividad y de costos. El valor de N normalmente se expresa en años, horas, o kilómetros (en el caso de camiones y acoplados). La vida útil de una máquina depende de su grado de deterioro o menoscabo físico o funcional, como consecuencia del uso normal y apropiado, del abuso o uso inapropiado, del mantenimiento inadecuado o de la falta de mantenimiento, de condiciones ambientales extremas, del desgaste por abrasión, corrosión, golpes, descomposición causada por agentes químicos, o por el simple paso del tiempo. Una máquina también llega al fin de su vida

útil cuando no puede adaptarse a condiciones operativas diferentes (e.g., diámetros mayores, especies distintas, terreno escabroso), a un cambio de sistema de aprovechamiento, o cuando se torna obsoleta desde el punto de vista económico o tecnológico.

No es fácil estimar *a priori* la vida útil real de una máquina. La experiencia personal del operario, del contratista, o del dueño con máquinas similares es una buena aproximación cuando se desea hacer una estimación del costo horario antes de comprar la máquina. Por otra parte, es importante saber cuándo una máquina ha llegado al final de su vida útil después de cierto tiempo de utilización; es decir, cuándo conviene darle de baja y reemplazarla por otra (nueva o usada). La bibliografía indica que el contratista (normalmente, el dueño) decide vender su máquina y comprar otra cuando los tiempos muertos de esa máquina son excesivos y afectan a todo el sistema. Otro criterio empleado es el costo de la producción no realizada; cuando éste es superior al costo fijo de una nueva máquina, entonces ha llegado el momento de sustituir la máquina vieja por una nueva. Ante la falta de experiencia o de registros confiables, el dueño puede solicitar información a concesionarios de máquinas, fabricantes, asociaciones de productores u organizaciones similares. En la bibliografía (Warren, 1977; Miyata, 1980) es posible encontrar valores empíricos de vida útil de algunas máquinas, que se pueden usar para estimar el costo horario, aunque la información es incompleta y desactualizada. Con fines ilustrativos, se muestran algunos valores de N en la Fig. 2.

**Tabla 2.** Vida útil y tasa de utilización de algunas máquinas forestales.

Máquina	Vida útil (N) (años)	Tasa de Utilización (U) (%)
Motosierra	1	50
Feller-buncher	5	65
Motoarrastradora (cable o garra)	3	67
Forwarder	4	64

Máquina	Vida útil (N) (años)	Tasa de Utilización (U) (%)
Cargadora hidráulica	4	64
Cargadora frontal	5	60
<i>Big stick loader</i> (cargadora)	5	90
“Chipeadora” (astilladora)	5	75
Tronzadora mecánica	3	67

Fuente: Adaptación de Miyata, 1980

- Tiempo Operativo Teórico (TOT)

Se denomina Tiempo Operativo Teórico al número de horas anuales durante las cuales se planea usar la máquina para realizar trabajo productivo. Las demoras predeterminadas, tales como mantenimiento preventivo programado, y las pausas laborales están consideradas dentro del TOT. Se excluye el tiempo durante el cual la máquina se encuentra en *stand-by* (a la espera); es decir, cuando el motor está funcionando, o la máquina se está moviendo, pero sin efectuar trabajo productivo.

- Tiempo Productivo (TP)

Es el número de horas durante las cuales la máquina realiza trabajo efectivo (productivo). Esto implica que está cumpliendo con su función dentro del sistema; o sea, está haciendo el trabajo que le corresponde; no otro. Por ejemplo, una *feller-buncher* que, después de apear los árboles, realiza una serie de maniobras y los acomoda para facilitar la extracción, no está efectuando trabajo productivo pues ésa no es su función. Ese elemento (“acomodar árboles apeados”) no forma parte del ciclo de trabajo de la máquina.

Para obtener el valor del TP, se resta del TOT las horas empleadas para solucionar problemas mecánicos imprevistos y las horas en que no se trabajó por razones meteorológicas o por enfermedad del operario. La suma del tiempo productivo más el improductivo es igual al TOT. Es prácticamente imposible que el TOT sea igual al TP pues siempre surgen demoras debidas a problemas mecánicos, meteorológicos o humanos.

- Tasa de Utilización (U)

Se conoce como Tasa de Utilización, o disponibilidad, de una máquina a la relación entre el Tiempo Productivo y el Tiempo Operativo Teórico; esto es:

$$U = \frac{TP}{TOT}$$

El valor de U normalmente se expresa de manera porcentual. Indica qué porción del TOT usa la máquina para hacer trabajo productivo, dentro de su función específica en el sistema. En base a numerosas observaciones de campo, algunos autores han publicado valores empíricos de U, como lo muestra la Tabla 1.

## COSTOS FIJOS

Los costos fijos no dependen del número de horas de funcionamiento de la máquina ni del nivel de producción logrado por ésta. El solo hecho de poseer una máquina ya genera costos fijos, independientemente de que se la use o no. Un contratista podría comprar una máquina y guardarla en un galpón por varios meses, sin siquiera encender el motor. Aun en esa situación, él estaría incurriendo en costos fijos todos los meses. Por eso, estos costos se conocen también como costos de propiedad (*ownership costs* en inglés). Sólo por ser propietario de la máquina se incurre en estos costos.

El procedimiento que se presenta a continuación se puede utilizar para estimar costos a priori o calcular costos históricos. Así, si una empresa quisiera estimar cuáles serían sus costos fijos antes de tomar la decisión de comprar una máquina, podría usar satisfactoriamente esta metodología. También podría recurrir a ella para calcular cuáles fueron los costos en los que ya incurrió durante un período de tiempo determinado (normalmente un año) para tratar de detectar qué ajustes serían posibles con el fin de reducir sus costos.

Dentro de los costos fijos se incluyen: amortización, intereses, seguros e impuestos.

### Amortización (A)

Con el transcurso del tiempo, una máquina va perdiendo valor; es decir, se deprecia. Al final de su vida útil, o cuando el dueño toma la decisión de venderla y reemplazarla por otra, la máquina sólo tiene un valor residual, que ya fue definido anteriormente. Se llama amortización al monto anual de dinero que le permite al dueño compensar cada año la depreciación de la máquina (pérdida de va-

lor por uso, desgaste u obsolescencia) a lo largo de su vida útil. La idea es ir separando y guardando anualmente una cierta cantidad de dinero, que constituye el “fondo de amortización”. Con ese dinero acumulado, se puede reemplazar la máquina al final de su vida útil, o en el momento en que el dueño así lo decida.

Existen varios métodos para calcular la cuota anual de amortización. De ellos, el más simple y el más utilizado es el método de amortización lineal:

$$A = \frac{(P - R)}{N}$$

donde:

A = amortización anual [\$/año],

P = precio de compra [\$],

R = valor residual [\$],

N = vida útil [años].

### *Interés (Int)*

El interés es el costo del dinero. Es lo que un banco o un prestamista le cobraría a una empresa o a una persona por prestarle el dinero necesario para comprar una máquina; o lo que una agencia de venta de maquinaria le cobraría por financiarle la compra de dicha máquina. En otras palabras, es lo que una empresa o una persona debe pagar por usar cierta cantidad de dinero ajeno en un período de tiempo determinado. Si la empresa debe pedir prestado el dinero al banco, para el cálculo del costo anual de interés, en este método, se utiliza la tasa anual de interés (*i*) que normalmente aplica el banco en préstamos de esta índole. Si la empresa o el contratista usa fondos propios, provenientes de sus ahorros, por ejemplo, entonces se aplica el concepto de *costo de oportunidad*. Esto significa que en el cálculo del costo anual de interés se utilizará como tasa de interés la tasa que generaría ese dinero si se lo invirtiera de otra manera; por ejemplo, en un depósito a plazo fijo, una cuenta de ahorro, bonos del gobierno, acciones en la Bolsa de Valores, o en la compra de moneda extranjera. El valor de la tasa de interés (*i*) que aplican los bancos es muy variable y depende de una serie de factores que están fuera del control de la persona que solicita el préstamo. En la Argentina, por ejemplo, a fines de 2019 la tasa anual de interés para préstamos en dólares para el sector agropecuario era de 6-7 %, mientras que para préstamos en pesos superaba el 70 %.

*Seguros (Seg)*

Dependiendo de la situación en que le toque realizar el aprovechamiento, el dueño de una máquina debe contar con seguros contra incendios, daños diversos, vandalismo, desastres naturales y responsabilidad civil, entre otros. El costo anual de los seguros depende de la máquina asegurada, y varía mucho de un lugar a otro y entre las compañías aseguradoras. Dentro de lo posible, se recomienda usar para el cálculo el monto real desembolsado por año, o la cotización suministrada por una compañía de seguros. Algunos autores han utilizado un porcentaje del precio de compra (P) de la máquina para calcular el costo de los seguros (Werblow and Cubbage, 1986; Brinker *et al.*, 1989), aplicando 5 % para una motoarrastradora y 1,5 % para una cargadora, por ejemplo.

*Impuestos (Imp)*

Si la máquina debe abonar algún tipo de impuesto (municipal, provincial o nacional), basado en la valuación fiscal, éste debe incluirse en el cálculo de los costos fijos anuales. En algunos lugares se paga un impuesto (llamado "patente") para inscribir la máquina en un registro automotor oficial, y otro para obtener la licencia apropiada para operarla, que es una licencia especial. En España también existe el denominado "impuesto de circulación".

**CONCEPTO DE INVERSIÓN MEDIA ANUAL (IMA)**

La IMA está relacionada con el precio de compra de la máquina (P), la vida útil (N) y el valor residual (R). La adquisición de la máquina se considera una inversión pues se trata de un bien de capital. La IMA representa el promedio de dicha inversión a lo largo de la vida útil, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IMA} = \frac{(P - R)(N + 1)}{2N} + R$$

En el Método de Miyata se usa este valor auxiliar como base para calcular el interés, los seguros y los impuestos. Es importante destacar que la IMA no es un costo fijo; sólo es un valor que sirve de base para el cálculo. Representa el promedio de los \$ P que se pagó por la máquina, distribuidos durante N años, al final de los cuales la máquina se venderá por \$ R.

Parece lógico emplear el valor de IMA en lugar de P para calcular los costos fijos Int, Seg e Imp. Normalmente, cuando se abonan las cuotas mensuales de un préstamo bancario, el monto del interés es decreciente mientras que el capital va aumentando con el correr de los meses. Esto depende de las condiciones impuestas por la entidad bancaria y de las características del préstamo. Por eso no parece justo ni lógico aplicar la tasa de interés sobre el precio de compra de la máquina sino sobre un valor intermedio entre P y R, que es precisamente la IMA. Lo mismo sucede con los seguros: una máquina nueva paga un seguro más caro que una usada o más vieja. Algo similar ocurre con el pago de la "patente", impuesto que se paga anualmente en concepto de matrícula o inscripción en el Registro de la Propiedad Automotor.

Para calcular esos tres componentes de los costos fijos con el Método de Miyata, se aplican los respectivos porcentajes al valor auxiliar IMA, a menos que se conozcan los montos anuales abonados en concepto de intereses, seguros e impuestos. En otras palabras, dichos costos se obtienen a partir de la IMA.

Una vez que se han calculado los costos de amortización, interés, seguros e impuestos, se determina el costo fijo total anual (CFT):

$$CFT = A + Int + Seg + Imp$$

Esta es la cantidad de dinero que gastará anualmente el dueño de la máquina para cubrir sus costos fijos, aun cuando no la utilice. Como el método que aquí estamos presentando tiene como finalidad determinar el costo horario, se debe dividir el resultado anterior por el tiempo productivo (TP) para obtener el valor buscado:

$$CFHT = CFT / TP$$

En la fórmula precedente, CFHT representa el Costo Fijo Horario Total. Esto significa que, por el mero hecho de comprar la máquina en cuestión, el dueño deberá pagar \$ CFHT por hora en concepto de costos fijos. Nótese que el costo fijo por hora está referido al tiempo durante el cual la máquina está real y efectivamente trabajando, realizando trabajo productivo. Si en el denominador se empleara TOT, el costo fijo horario total sería un valor menor, con lo cual se estaría subestimando el costo fijo pues el verdadero tiempo de trabajo efectivo es TP.

## COSTOS OPERATIVOS

Son costos variables que dependen del número de horas que trabaja la máquina y, por tanto, varían con el nivel de producción obtenido. Están

afectados por varios factores, algunos de los cuales pueden ser controlados por el operador o por el dueño de la máquina. Este rubro incluye los costos de combustibles, lubricantes, mantenimiento, reparaciones y neumáticos u orugas. Los valores están expresados en [\$/h].

*Costo de combustible ( $C_{comb}$ )*

El costo de combustible depende del consumo, y éste, a su vez, del tipo de motor.  $C_{comb}$  se expresa en \$/h y el consumo  $Q$ , en litros por hora (L/h). Los litros consumidos por hora varían con el tipo de motor (a nafta o diésel), aunque todas las máquinas actuales tienen motores diésel. El consumo depende del tamaño del motor, del factor de carga, de los hábitos del maquinista, del estado y diseño de la máquina y de las condiciones de trabajo. A continuación, se presentan dos fórmulas empíricas para calcular el consumo de un motor diésel (d) y de uno a nafta (n) en función de la potencia, ya sea en hp o en kW:

$$Q_d = 0,1390082 \times \text{hp} \approx 0,10 \text{ kW}$$

$$Q_n = 0,1883202 \times \text{hp} \approx 0,14 \text{ kW}$$

Para obtener el costo horario del combustible, se debe multiplicar el consumo por el precio unitario; es decir:

$$C_{comb} = Q \times \text{precio/litro} [\$/L]$$

*Costo de lubricantes ( $C_{lub}$ )*

Aquí se incluye: aceite de motor, aceite de transmisión, fluido hidráulico, grasas y filtros. El consumo de aceite, expresado en litros por hora (L/h) depende del tipo de motor, del diseño y estado de mantenimiento de la máquina y de las condiciones de trabajo, principalmente de la temperatura ambiente.

El consumo de aceite de motor se calcula en función de la potencia del motor (en hp o en kilovatios), la capacidad del cárter (c) y el tiempo transcurrido (t) entre dos cambios de aceite. La expresión matemática del consumo de aceite es:

$$K = 0,001995 \times \text{hp} + \frac{c}{t} \approx 0,0015 \times \text{kW} + \frac{c}{t}$$

El costo del aceite de motor ( $C_{oil}$ ) se obtiene multiplicando el consumo por el precio promedio del mercado; es decir:

$$C_{\text{oil}} = K \times \text{precio/litro [$/L]}$$

Para estimar el costo de los otros lubricantes ( $C_{\text{OL}}$ ), se usa la mitad del valor anterior.

$$C_{\text{OL}} = 0,5 \times C_{\text{oil}}$$

#### *Costo de mantenimiento y reparaciones ( $C_{\text{MyR}}$ )*

Este es el más impredecible de todos los costos. Las condiciones del terreno y del monte, los hábitos y la forma de trabajo del maquinista, el diseño y la calidad de la máquina y la política de la empresa en este aspecto son los principales factores que afectan al costo de mantenimiento y reparaciones. En este rubro se incluyen desde mantenimientos menores (cambio de mangas, correas, radiador, etc.) hasta reparaciones importantes como la de la transmisión, el embrague, los frenos y la rectificación del motor. También se considera aquí el mantenimiento preventivo, que implica revisar y limpiar el filtro de combustible y los inyectores tapados, reemplazar la batería cuando está sin carga, controlar el nivel del líquido refrigerante/anti-congelante, revisar y reparar las luces, el limpiaparabrisas, etc. En todos los casos se debe incluir el costo de mano de obra y los repuestos o partes de reemplazo.

Para estimar este costo se pueden usar registros propios (valores históricos) de la empresa, el manual de la máquina (llamado "Manual del propietario"), o datos suministrados por el concesionario de la máquina o por otro usuario con experiencia con el mismo tipo de máquinas trabajando en condiciones similares. Si no se dispone de esta información, Miyata (1980) recomienda usar un porcentaje de la amortización horaria; esto es, la amortización anual (A) expresada en función del tiempo productivo (TP). Estas cifras se encuentran tabuladas para diversas máquinas, como se muestra en la Fig. 3. Por lo tanto, el costo de mantenimiento y reparaciones, expresado en \$/h, resulta ser:

$$C_{\text{MyR}} = p\% \times \frac{A}{TP}$$

**Tabla 3.** Porcentaje de la amortización asignado a mantenimiento y reparaciones para algunas máquinas forestales

Máquina	% de Amortización horaria
Topadora	100
Tractor agrícola común	100
Motoarrastradora de cable	50
Motoarrastradora de garra	60
Cargadora hidráulica	50
Big stick loader (cargadora c/cable)	30
Feller-buncher	50
Motosierra	100

Fuente: adaptación de Warren, 1977.

#### *Costo de neumáticos u orugas ( $C_{NEUM}$ )*

Algunos autores incluyen este costo en el precio de compra de la máquina (P). En el Método de Miyata, sin embargo, se lo considera parte de los costos operativos pues tanto los neumáticos como las orugas se gastan sólo cuando se los usa; es decir, su desgaste y duración dependen del número de horas de uso. Además, tienen una vida útil menor que la de la máquina. El costo de los neumáticos depende de los hábitos de trabajo del maquinista, de las condiciones del terreno y del monte, de la alineación correcta de las ruedas y del mantenimiento que se les dé durante el tiempo que se los utilice. Para el cálculo se toma en cuenta el precio de compra de cada neumático ( $p_{neum}$ ) (o de cada oruga), los gastos por reparaciones, mantenimiento y recambios, incluyendo la mano de obra, y la vida útil del neumático, o de la oruga (n).

Si no se cuenta con los datos necesarios, el costo de cada neumático se estima mediante la siguiente expresión:

$$C_{neum} = (1,15 \times p_{neum}) / n$$

En esta fórmula, el coeficiente numérico incluye un 15 % adicional sobre el precio de compra de los neumáticos en concepto de mano de obra para reparar o reemplazar un neumático dañado o fuera de servicio. El precio de compra y la vida útil estimada del neumático se puede conseguir en el mercado local. El costo total de los neumáticos se obtiene mul-

tiplicando el valor arriba obtenido por el número de neumáticos que tiene la máquina que se está evaluando, que puede variar entre tres (para un trineumático) y ocho (en el caso de una *harvester* o un *forwarder*). Si la máquina está montada sobre orugas, normalmente se multiplica el valor estimado por dos.

Para completar los costos operativos, sólo se necesita sumar los costos horarios explicados en los párrafos precedentes:

$$COHT = C_{comb} + C_{Club} + C_{MyR} + C_{neum}$$

#### COSTOS DE MANO DE OBRA (Cm.o.)

Este es el costo total de tener al operario en el terreno realizando su trabajo. Incluye el salario propiamente dicho más las cargas sociales. El primero es un costo directo y representa la retribución que recibe el trabajador por su tarea. El salario se puede expresar como sueldo mensual, o como jornal diario u horario, o en función de la producción (“a destajo”), o una combinación; es decir, el sueldo o jornal más una bonificación por calidad o por producción adicional. A su vez, las cargas sociales están compuestas por:

- Los aportes patronales: cantidad de dinero que el empleador debe depositar mensual o periódicamente en cuentas específicas del estado, para cubrir rubros tales como: aporte jubilatorio, obra social, asignaciones familiares, ART (aseguradora de riesgos de trabajo) y seguro de vida obligatorio.
- Los beneficios sociales: erogaciones mensuales o periódicas del empleador; por ejemplo, ropa de trabajo, comida y vivienda. También incluye ítems tales como: aguinaldo, seguro de salud, vacaciones pagas, feriados pagos, licencia por enfermedad, seguro de salud, equipo de protección personal, bonificación por antigüedad, por presentismo y otros suplementos salariales, como vehículo o teléfono celular.
- En conjunto, las cargas sociales en la Argentina pueden representar entre 50 % y 85 % del valor del salario, dependiendo de la estructura de la empresa y de los beneficios que la misma ofrezca a sus empleados. Sintetizando:

$$Cm.o. = salario + cargas sociales$$

### IMPORTANCIA DEL COSTO HORARIO DE UNA MÁQUINA

Si sigue el mismo procedimiento para calcular el costo horario de dos o más máquinas similares o casi equivalentes, la persona que toma decisiones dentro de la empresa (un contratista o un productor) podrá seleccionar cuál máquina comprar de entre las diversas alternativas que ofrece el mercado, tomando como criterio sólo el costo horario de la máquina. Sin embargo, resulta oportuno hacer una advertencia con respecto al uso del Método de Miyata. Si bien el procedimiento que se utiliza para el cálculo es sencillo, está ampliamente difundido y puede ser empleado por cualquier usuario, se debe tener en cuenta que el método se basa en algunos supuestos que no siempre serán válidos para cualquier situación. Por ejemplo, la vida útil de la máquina varía mucho de una empresa a otra, dependiendo de varios factores que ya han sido analizados; el valor residual no siempre es un porcentaje del precio de compra; los costos de interés, impuestos y seguros no dependen sólo de la inversión media anual; la amortización no siempre es lineal; y el costo de mantenimiento y reparaciones varía considerablemente de una empresa a otra, o de un usuario a otro, y no es necesariamente un porcentaje de la amortización horaria. También las condiciones de trabajo, que influyen sobre las máquinas, son muy variables. Además, la situación económica o financiera y la política referente a mantenimiento, reparaciones, reemplazo y adquisición de maquinaria nueva pueden ser muy diferentes para cada empresa.

### COSTO TOTAL DEL SISTEMA

En todo proceso productivo es importante saber cuánto cuesta producir cada unidad de producto. Así, por ejemplo, el dueño de una fábrica de sillas quiere saber cuál es el costo de producción de cada silla; a los directivos de una empresa que posee una planta de pasta celulósica les interesa saber cuánto cuesta producir una tonelada de pasta; una persona que produce plantines de eucalipto necesita saber el costo de cada plantín listo para llevar al terreno. De la misma manera, para el jefe de abastecimiento de una empresa de aprovechamiento forestal, cuyo objetivo es abastecer de madera a un aserradero, por ejemplo, es importante conocer el costo de cada metro cúbico o de cada tonelada de la materia prima que entrega a su cliente industrial.

Los costos horarios calculados en la sección anterior sientan la base para determinar el costo unitario de la materia prima forestal. Para ello

es necesario introducir en el análisis otro factor, la productividad, que fue tratado al principio de este capítulo.

La productividad de una máquina está afectada por la capacidad y eficiencia de los operarios, el cumplimiento de los planes de trabajo, el uso y mantenimiento adecuados de la máquina, la compatibilidad entre la máquina y la tarea que con ella se realiza, las condiciones de operación de la máquina y la metodología de trabajo. Los factores que inciden sobre la productividad generalmente inciden también sobre los costos. Cada máquina y cada sistema están afectados por factores (únicos o comunes) que, a su vez, influyen sobre los costos.

Para calcular el costo unitario de un sistema de aprovechamiento, es necesario conocer la productividad de cada componente; es decir, la cantidad de madera producida por unidad de tiempo, expresada en  $m^3/h$ , o  $t/h$ , por ejemplo. Esto se determina en el terreno, midiendo la producción de cada componente y cronometrando cada tarea. Luego se calcula el costo unitario de cada componente como la razón entre el costo horario y la productividad:

$$CU_i = \frac{CH_i}{P_i}$$

Este costo unitario de la materia prima se expresa en \$/unidad de volumen o en \$/unidad de peso; por ejemplo: \$/ $m^3$  o \$/ $t$ . Cuando se incluyen todas las componentes del sistema, se denomina a este valor, costo unitario total del sistema, que se obtiene sumando los costos de cada componente. Dado que el sistema consta de cuatro componentes (representadas aquí por el subíndice  $i$ ), dicho total queda determinado por la siguiente expresión:

$$CUT_{sist} = \sum CU_i = \sum \frac{CH_i}{P_i} \quad \text{donde: } i = 1, 2, 3, 4.$$

Los subíndices 1, 2, 3 y 4 se refieren a cada una de las componentes: corta, extracción, carga y transporte, respectivamente. Es posible que una componente conste de más de una máquina, en cuyo caso se las deberá incluir en los cálculos.

Por otra parte, en una operación de aprovechamiento forestal, a menudo resulta necesario construir caminos forestales y mantenerlos durante el tiempo que dure el trabajo. Además, toda empresa necesita un lugar físico donde se llevan a cabo diversas tareas administrativas y empleados que las realizan, tales como recepcionistas, telefonistas, personal de maestranza, ingenieros, contadores, secretarias, etc. En consecuencia, la suma del costo unitario total del sistema ( $CUT$ ) más los costos de construcción y mantenimiento de caminos ( $C_{cam}$ ) y los costos de administración o gastos generales ( $C_{adm}$ ), da como resultado el costo unitario total de la producción:

$$CUT_{\text{prod}} = CUT_{\text{sist}} + C_{\text{cam}} + C_{\text{adm}}$$

Cuando se deben tomar decisiones sobre la factibilidad o conveniencia económica de una operación de aprovechamiento, se debe comparar los ingresos que se espera recibir como resultado de la venta de la materia prima con los costos en que se incurría si se lleva a cabo dicha operación. De este análisis depende en gran medida la posición económica de la empresa y su capacidad para permanecer dentro del mercado. Si el beneficio es superior a los costos y el margen de ganancia resulta aceptable, entonces el empresario decidirá en forma racional llevar adelante el aprovechamiento.

## Bibliografía

- Anaya, H. y P. Christiansen. 1986. Aprovechamiento forestal: Análisis de apeo y transporte. Instituto Interamericano de Ciencias Agrarias, San José, Costa Rica.
- Brinker, R.W., D. Miller, B.J. Stokes, and B.L. Lanford. 1989. Machines rates for selected forest harvesting machines. Alabama Agricultural Experiment Station Circular 296, Auburn University, Alabama, USA.
- British Standards Institution. 1992. *Glossary of Terms Used in Management Services*. BS 3138. The British Standards Institution, London.
- Conway, S. 1982. Logging practices. Miller Freeman Publications, San Francisco, USA.
- Diccionario de la Lengua Española, 24<sup>a</sup> edición, 2014. Real Academia Española, Madrid.
- F.A.O. 1992. Cost control in forest harvesting and road construction. FAO Forestry Paper N° 99. FAO, Rome.
- Miyata, E.S. 1980. Determining fixed and operating costs of logging equipment. USDA Forest Service Gen. Tech. Report NC-55, St. Paul, Minnesota, USA.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). 2000. *Introducción al Estudio del trabajo*, 4 ed., Editorial Limusa, México, D.F.
- Stenzel, G., T.A. Walbridge, Jr., and J.K. Pearce. 1985. *Logging and pulpwood production*. John Wiley & Sons, New York.
- Turc, C. O. y R. V. Mazzucco. 1998. Cómo incrementar la productividad en el Parque Chaqueño Seco. Informe final, proyecto de investigación CI-CyT-UNSE, 1994-1998.

- Warren, J. 1977. Analyzing logging equipment costs, in Logging cost and production analysis. Timber Harvesting Rep. Nº 4. Compiled by LSU/ MSU Logging and Forestry Operations Center, Bay St. Louis, MS, USA.
- Werblow, D.A. and F.W. Cubbage. 1986. Forest harvesting equipment ownership and operating costs in 1984. *South. Jour. of Appl. For.* 10(1):10-15.



## Capítulo 13

# Aspectos ecológicos del aprovechamiento forestal

Uno de los problemas más serios que ha venido enfrentando el sector forestal en las últimas décadas es cómo manejar y utilizar eficientemente los recursos forestales sin provocar consecuencias negativas en el ambiente. Por ello, uno de los objetivos importantes del aprovechamiento es minimizar los daños al ecosistema causados por las acciones humanas en el bosque.

El aprovechamiento es la herramienta de manejo más importante del ingeniero forestal. Mediante la aplicación de los métodos y sistemas apropiados, se puede producir materia prima para la industria y a la vez proteger el recurso. Para ello es necesario elegir las alternativas de cosecha que sean compatibles con el uso responsable del ecosistema forestal y que causen el mínimo impacto ambiental. Esa es la manera más efectiva de materializar y poner en práctica el concepto de manejo forestal sustentable o sostenible.

La forma en que se ejecuta el aprovechamiento forestal afecta de manera considerable al ecosistema en muchos aspectos: microclima, propiedades físicas y químicas del suelo (microbiología, disponibilidad de nutrientes), hidrología, actividad de insectos y hongos, y cualidades estéticas del bosque, entre otros. Los tratamientos silviculturales, los métodos de aprovechamiento y la posterior preparación del terreno para la reforestación influyen en conjunto sobre los atributos ambientales del sitio. Algunos efectos son evidentes, como, por ejemplo, la acumulación de residuos. En cambio, otros, como las consecuencias de las operaciones de cosecha sobre las características biológicas del ecosistema, son apenas perceptibles y a veces desconocidos.

De todas las actividades humanas, las operaciones de aprovechamiento forestal son las que causan los mayores daños al bosque. Sólo los desmontes, que se realizan para fines agrícolas o ganaderos, y los incendios forestales pueden provocar consecuencias más graves. En la discusión que

sigue se pondrá énfasis en los efectos nocivos de las diversas tareas relacionadas directa o indirectamente con el aprovechamiento de los montes.

En primer lugar, se debe mencionar la construcción de caminos y vías de saca. Como ya se describió, esta fase previa a la cosecha altera negativamente el ecosistema debido principalmente a su efecto sobre el suelo. La apertura de la masa para crear espacios destinados a los futuros caminos implica pérdidas de suelo, más o menos severas, como resultado de los desmontes (excavaciones) y de la construcción de terraplenes. Ese movimiento de suelos a menudo provoca la contaminación de cursos de agua, con las consecuencias nocivas sobre la fauna ictícola y la calidad del agua. El suelo así dañado por las máquinas (topadoras, retroexcavadoras, etc.) queda alterado en su estructura, lo que se traduce en una reducción de la capacidad productiva del monte. Desde el punto de vista estético, el movimiento de suelos para la construcción de caminos, al igual que el uso del método de tala rasa para cosechar un bosque, provoca un impacto visual desagradable.

En muchos países, los ciudadanos, las empresas y diversas instituciones gubernamentales han tomado conciencia de las consecuencias del manejo irracional de los recursos naturales y de los desastres que han ocurrido en el mundo a causa de las actividades humanas, en particular en los bosques tropicales, reservorios de oxígeno de la humanidad. En las últimas décadas, muchas empresas se han preocupado por mejorar su imagen ante la sociedad, y para ello se han esforzado en desarrollar programas tendientes a crear conciencia sobre la gravedad de los daños, mejorar las técnicas de trabajo y minimizar las consecuencias perniciosas de sus actividades sobre el ecosistema. Con esos objetivos en mente, realizan estudios de impacto ambiental e interactúan con la comunidad procurando dichos fines. Gracias a los conocimientos adquiridos y a las experiencias del pasado, muchos gobiernos han promulgado leyes para prevenir, minimizar, mitigar y corregir los daños que provoca la intervención humana en los bosques. Otras instituciones también han trabajado exitosamente en ese sentido. Por ejemplo, en la Universidad Austral de Chile se han elaborado guías de buenas prácticas forestales, destinadas a ingenieros, contratistas y operarios, para ejecutar correctamente las tareas de campo, reduciendo al mínimo los daños causados al ambiente (Gayoso y Acuña, 1999; Gayoso Aguilar y Gayoso Morelli, 2008). También existe un manual de buenas prácticas forestales para los bosques nativos de la Patagonia Argentina (Chauchard *et al.*, 2012) y un código nacional de buenas prácticas forestales para las plantaciones forestales de Uruguay (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2004).

La magnitud de los daños provocados por las actividades forestales depende de las características del sitio, la época del año, el tipo de maquinaria

empleada y el grado de cuidado que ponga el contratista al realizar el aprovechamiento. Por lo general, cuanto más intensa sea la intervención humana, más grandes serán las máquinas y mayor será el daño al ecosistema.

## Efectos ambientales

Cuando se planifica el aprovechamiento forestal, se deben tomar en cuenta numerosos efectos ambientales, en su mayoría negativos. Entre los más importantes se pueden mencionar: erosión y compactación del suelo, sedimentación de ríos y arroyos, disminución de la calidad del agua, alteración del ciclo de nutrientes, daño a los árboles remanentes y a la regeneración natural del bosque, y modificación o destrucción del hábitat de la fauna silvestre, que se desarrollarán en los párrafos siguientes. Además, en la planificación se deberá prever qué hacer con los restos de la corta; es decir, qué destino se le dará a todo el material que quede en el monte, en forma de residuos, una vez finalizado el aprovechamiento. Esto también puede considerarse una consecuencia negativa de la acción humana sobre el ecosistema forestal.

### EROSIÓN DEL SUELO

Si bien la erosión es un proceso geológico natural que ocurre aun en áreas boscosas sin intervención humana, las operaciones de aprovechamiento forestal agravan drásticamente este fenómeno debido al uso de diversas máquinas que perturban y dañan el suelo, provocando la remoción y el traslado de partículas de las capas superficiales. Como la cosecha forestal mecanizada es cada vez más común en muchos países, los daños al suelo son cada vez mayores.

Las motoarrastradoras (*skidders*) utilizadas en la extracción causan daños severos al suelo al remover la capa protectora y destruir la estructura del suelo, además de favorecer la absorción y aumentar la infiltración, especialmente durante la época de lluvias. Las máquinas montadas sobre orugas desgarran la cubierta vegetal, junto con los primeros horizontes, y exponen el suelo mineral tras pasar repetidas veces por un mismo lugar. Por su parte, las motoarrastradoras montadas sobre neumáticos, debido a la fuerza de tracción de las ruedas, producen un efecto de corte que arranca partículas de suelo y provoca huellas a lo largo de las vías de saca, como se muestra en la Fig. 1. La profundidad de las huellas depende de la capacidad soporte y del contenido de humedad del suelo, del tipo de

máquina utilizada (peso, tren rodante, capacidad de carga y su distribución sobre los ejes), del método de extracción, del número de pasadas de la máquina, y de la experiencia y destreza del maquinista. Además, los neumáticos causan una compactación del suelo mayor que los tractores a orugas. Los árboles y las trozas también aportan su cuota importante de daño al suelo durante la extracción por arrastre. Sin embargo, los trabajos asociados con la construcción de caminos son los que provocan el mayor impacto en este sentido, debido particularmente a las excavaciones y a los terraplenes. Una vez que el camino está en uso, también se produce erosión en la calzada, en los taludes de desmontes y terraplenes y en las cunetas, lo que aumenta el arrastre y la sedimentación de partículas de suelo hacia los cursos de agua.

La pendiente influye notablemente en la erosión de los suelos durante el aprovechamiento forestal. En terrenos con pendientes superiores al 20 %, el uso de tractores de arrastre ocasiona un aumento considerable de la superficie dañada, de la profundidad de las huellas y de la escorrentía superficial, además de acelerar los procesos erosivos.

**Figura 1.** Huellas causadas por una máquina forestal.



Fuente: Tolosana *et al.*, 2004.

### COMPACTACIÓN DEL SUELO

La compactación se manifiesta mediante cambios físicos en la estructura del suelo, tales como: aumento de la densidad aparente, mayor resistencia a la penetración, reducción de la permeabilidad y disminución de la porosidad y del intercambio gaseoso. Estos cambios tienen efectos negativos sobre el crecimiento de los árboles. En efecto, frenan el desarrollo de los sistemas radicales de las plantas, dificultan el intercambio de nutrientes y gases entre el suelo y las raíces, y reducen la infiltración, provocando, en consecuencia, el encharcamiento superficial, lo que a menudo impide o retrasa la ejecución del aprovechamiento.

Los factores que influyen sobre la compactación del suelo son: el contenido de humedad, la capacidad soporte, el método de extracción, el tipo de máquina utilizada, el número de pasadas, y la habilidad del maquinista (McKee *et al.*, 1985). Todas las máquinas causan compactación; no sólo los *skidders*. El grado de compactación disminuye cuando se usan tractores a oruga o con neumáticos de alta flotabilidad (más anchos), al aumentar la superficie de contacto con el suelo. El máximo efecto negativo ocurre cuando se extrae madera con *skidders*, pasando reiteradas veces sobre un suelo con baja capacidad soporte debido a un alto contenido de humedad. En este caso, la mayor compactación se debe al peso de la madera y al efecto de corte que produce el deslizamiento de la carga sobre el suelo. El daño es más grave en las vías de saca, en los canchones y en los caminos forestales secundarios.

La recuperación de las propiedades físicas de un suelo compactado por las máquinas puede demandar muchos años, dependiendo de diversos factores. En particular, la mayor densidad aparente resultante de la compactación es muy difícil de revertir o reducir.

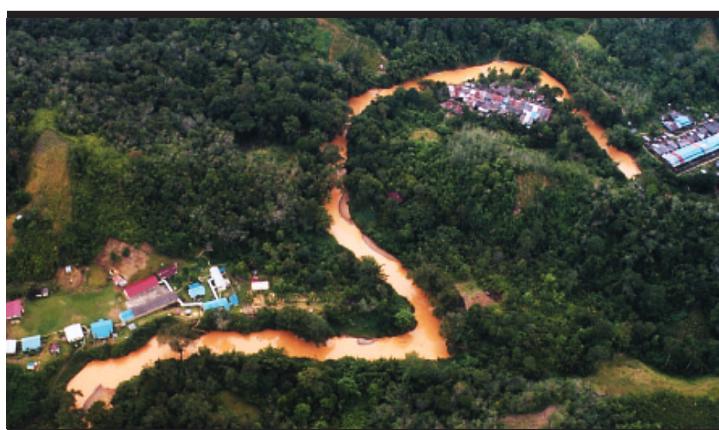
### CONTAMINACIÓN DE CURSOS DE AGUA

Durante las épocas de crecida se produce la erosión natural de las costas de ríos, arroyos y lagos debido a que el agua desborda y arrastra partículas de suelo que terminan contaminando otros cuerpos de agua. El aprovechamiento forestal acentúa este fenómeno de sedimentación como consecuencia de la erosión causada por las máquinas. Éstas arrastran árboles o trozas y atraviesan cursos de agua menores, provocando daños severos al suelo y contaminando las aguas con el material sólido removido y arrastrado junto con la madera que extraen (Fig. 2). Las partículas sólidas afectan negativamente la calidad del agua debido a que la enturbian, aumentan la temperatura y disminuyen la cantidad de oxígeno disuelto,

lo que altera el hábitat de la fauna ictícola y genera condiciones adversas para la práctica de deportes acuáticos (como la pesca) y de otras actividades recreativas.

La magnitud de la sedimentación, expresada en partes por millón (ppm), varía con la susceptibilidad del suelo a la erosión, la pendiente de la cuenca, el régimen de lluvias y la intensidad de las actividades humanas, incluido el aprovechamiento forestal.

**Figura 2.** Contaminación de un arroyo causado por malas prácticas forestales.



Fuente: International Tropical Timber Organization, 2001.

#### DAÑO A LOS ÁRBOLES REMANENTES

La compactación que sufre el suelo durante el aprovechamiento retarda el crecimiento de los árboles remanentes luego de un raleo o de cortas por aclareo sucesivo, especialmente en rodales jóvenes, como resultado del daño que sufren las raíces al ser pisoteadas y aplastadas en forma reiterada por las máquinas. Las pérdidas de crecimiento son mayores en los árboles más cercanos a las vías de saca. En general, el daño a las raíces es mayor cuando las máquinas pasan muy cerca de los árboles y cuanto mayor es el número de pasadas; es decir, cuando más profundas son las huellas. Las máquinas también producen daño mecánico en la zona basal de los árboles en pie, sobre todo cuando éstos presentan costillas o contrafuertes. En ambos casos, las heridas resultantes favorecen la infección

por hongos que causan podredumbres en las raíces y bases de los troncos, en especial las provocadas por *Heterobasidion annosum*, una de las enfermedades más destructivas que afecta a las coníferas, ocasionando pérdidas económicas millonarias todos los años debido al alto porcentaje de árboles afectados (Asiegbu *et al.*, 2008).

Cuanto más densa es la red de caminos y vías de saca, más numerosas y graves son las heridas que sufren los árboles. Por otra parte, la intensidad de los daños mecánicos depende de la densidad del rodal, el volumen de corta, la época del año, el sistema de aprovechamiento elegido y las máquinas utilizadas (Tolosana *et al.*, 2004). Con una planificación adecuada se pueden reducir los daños causados a los árboles residuales.

**Figura 3.** Daños causados por máquinas forestales a los árboles residuales.



Fuente: Kizha *et al.*, 2021.

#### REGENERACIÓN DEL BOSQUE

Los daños ocasionados a los árboles remanentes y a los briznales que ya ocupan parte del suelo ponen en peligro la habilidad del bosque para regenerarse naturalmente después del aprovechamiento parcial o total del mismo. Este efecto es grave cuando resultan lastimados o heridos los árboles que se seleccionan y dejan en el bosque para que sirvan como semilleros a partir de los cuales se regenerará una nueva masa forestal. Tras las heridas, se producen luego ataques de insectos o entrada de hongos y bacterias, que

resultan perjudiciales para la regeneración. Por otra parte, un suelo compactado no posee las condiciones satisfactorias para que germinen con éxito las semillas (Tolosana et al., 2004). Para agravar aún más la situación, las máquinas aplastan y dañan severamente una gran cantidad de briznas, lo que también retarda o impide la regeneración natural del bosque.

### PÉRDIDA DE NUTRIENTES

La salud y la productividad de un ecosistema forestal depende de un complejo proceso geoquímico y biológico llamado ciclo de nutrientes. Los nutrientes entran al ecosistema por las precipitaciones, por partículas sólidas transportadas por el viento, y por la meteorización de rocas y transformación de minerales, y salen del ecosistema por lixiviación, escorrentía y erosión superficial, y por volatilización. A su vez, las raíces toman nutrientes del suelo (principalmente sales minerales), que luego se transfieren a otras partes de la planta y finalmente vuelven al suelo cuando caen las hojas.

Los árboles de un bosque necesitan siempre nutrientes y agua para crecer. Cualquier fenómeno natural (e.g., un alud, una inundación, un terremoto) o acción antrópica que altere el ciclo de nutrientes puede tener un impacto significativo sobre el crecimiento de los árboles. Está comprobado que las actividades relacionadas con el aprovechamiento forestal afectan el ciclo de nutrientes del bosque y reducen la fertilidad del suelo pues, cuando se cortan y sacan árboles, se extraen los nutrientes contenidos en troncos y ramas, tales como N, P, K, Ca y Mg (Johnson et al., 1987). Las pérdidas de nutrientes pueden ser menores si se eligen turnos de corta más largos, que permitan la reposición gradual de los minerales extraídos. Lamentablemente, a nivel mundial, se vienen usando turnos cada vez más cortos, especialmente en montes implantados con especies de crecimiento rápido (Tolosana et al., 2004). Más aún, con la tendencia creciente a cosechar el árbol entero con el fin de aprovechar el fuste, las ramas y hasta las hojas para generar energía a partir de esa biomasa forestal, cabe esperar que aumente la pérdida de nutrientes dado que las copas (ramas y hojas) contienen mayores concentraciones de sustancias nutritivas que los troncos (Kimmins, 1977).

### MODIFICACIÓN O DESTRUCCIÓN DEL HÁBITAT DE LA FAUNA SILVESTRE

El aprovechamiento forestal y algunas prácticas silviculturales (raleos, podas, preparación del sitio, control de hormigas, etc.), pueden tener con-

secuencias a largo plazo sobre la fauna silvestre pues esas actividades modifican, destruyen, o producen cambios en las poblaciones de diversas especies. Tolosana y sus colaboradores (2004) afirman que dichas intervenciones humanas tienen efectos negativos sobre los sitios de guarida, refugio y nidificación, además de afectar la disponibilidad de alimentos para los animales y perturbar su tranquilidad (Fig. 4). Como se discutió en un párrafo anterior, la acumulación de sedimentos en ríos, arroyos y lagos también puede afectar gravemente el hábitat de la fauna acuática. Las consecuencias pueden llegar a durar muchos años hasta que se restablezcan las condiciones preexistentes (Gullion, 1982).

**Figura 4.** Koala desorientado tras la destrucción de su hábitat.



Fuente: Teertha, 2013.  
Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com)

Cuando se aprovecha un monte, la magnitud de la modificación depende del método de corta empleado. Generalmente, las cortas a tala rasa tienen un impacto muy fuerte sobre las poblaciones de animales del

bosque, cuya intensidad depende del tamaño y la forma de la superficie cortada y de la distribución de las unidades de aprovechamiento dentro del cuartel de corta. Numerosos estudios muestran que las cortas a tala rasa, así como las cortas parciales, a menudo producen efectos beneficiosos sobre la fauna silvestre, favoreciendo la disponibilidad de alimentos (Gullion, 1982). A pesar de la publicidad en contra, el aprovechamiento racional de los bosques, empleando el método adecuado de corta para cada situación, es la forma más satisfactoria para mantener la abundancia de muchas especies de la fauna silvestre (Gullion, 1982). En este sentido, las cortas selectivas por grupos son las más beneficiosas para muchas especies de aves y algunos cérvidos. Por su parte, las cortas por aclareos sucesivos, al permitir mayor entrada de luz, favorecen el crecimiento de pastos y de árboles y arbustos de menor tamaño, que sirven como forraje para animales herbívoros, y estimulan la mayor producción de frutos, de los que se alimentan diversas especies de mamíferos y pájaros. Para mantener hasta cierto punto la biodiversidad, los ecólogos aconsejan no cortar los árboles muertos, decrépitos o moribundos; es preferible dejarlos en pie para que en ellos se puedan alojar o guarecer algunas especies de aves y ardillas.

La diversidad de especies arbóreas y de edades entre los árboles del bosque son aspectos importantes que deben tenerse en cuenta si se procura proteger la fauna silvestre y mantenerla en estado saludable. Los monocultivos, en general, no ofrecen los elementos necesarios del hábitat (alimento y protección) para la mayoría de las especies animales. Siempre es deseable tener una mezcla de especies vegetales para lograr el máximo beneficio para la fauna. Por eso, si se planifica cuidadosamente el aprovechamiento a largo plazo aun en pequeñas parcelas de corta, es posible lograr una diversidad de árboles, tanto en especies como en edades, que favorezca el manejo apropiado de la fauna del bosque.

#### IMPACTOS SOBRE EL PAISAJE

Como consecuencia de su impacto visual desagradable, el aprovechamiento forestal siempre ha recibido críticas y reacciones adversas por parte de la sociedad debido a las notables formas geométricas de las áreas cortadas, en especial luego de una tala rasa (Stenzel *et al.*, 1985). Históricamente, poco les ha importado a las empresas o a los obreros forestales cómo quedaba el paisaje luego de efectuadas las cortas y extraída la madera. En las últimas décadas, sin embargo, se ha tomado conciencia de la importancia de preservar el aspecto natural del bosque, causando la menor alteración visual posible.

La calidad visual del paisaje forestal, al igual que las diversas oportunidades recreativas, constituye un servicio ecosistémico valioso que brinda el bosque; por eso, en la planificación también se deben considerar los valores estéticos del recurso forestal y tratar de lograr cierta armonía entre las operaciones de aprovechamiento y el paisaje, para evitar situaciones como la que se ve en la Fig. 5. En ese sentido, son preferibles las cortas en forma de fajas o en bloques relativamente pequeños pues resultan estéticamente más agradables y aceptables que una tala rasa en una superficie grande. Si es necesario, las áreas cortadas se deben enmascarar de la vista del público (especialmente de los turistas) que utiliza los caminos cercanos o adyacentes al bosque. La distribución espacial de dichos bloques o fajas es importante; se debe procurar no alterar la belleza natural del paisaje (Stenzel *et al.*, 1985; Tolosana *et al.*, 2004; Gayoso y Acuña, 1999; Gayoso Aguilar y Gayoso Morelli, 2008). Como resultado del trabajo conjunto entre ingenieros forestales, ecólogos y arquitectos paisajistas, en muchos países existen hoy guías de buenas prácticas forestales que tienen en cuenta la calidad visual del paisaje. Esas consideraciones forman parte del plan de manejo.

**Figura 5.** Impacto paisajístico negativo del aprovechamiento en una ladera.



Fuente: Wikimedia Commons, 2009.  
Foto con permiso de reutilización según [www.google.com](http://www.google.com)

### DISMINUCIÓN DE LA FIJACIÓN DE CO<sub>2</sub>

Los ecosistemas forestales actúan como sumideros de carbono y desempeñan un papel crucial en la absorción de gases de efecto invernadero. A través del proceso conocido como secuestro de carbono, los árboles absorben CO<sub>2</sub> de la atmósfera, reduciendo así su elevada concentración en el aire. Mediante la fotosíntesis, los árboles utilizan ese CO<sub>2</sub>, almacenan, en la madera y en otras partes de la estructura vegetal (ramas, hojas, flores, frutos y raíces), parte del C absorbido, y devuelven O<sub>2</sub> a la atmósfera. Por ello, la eliminación parcial o total de la cubierta arbórea como resultado del aprovechamiento forestal tienen un efecto negativo, aunque mínimo, sobre la fijación de CO<sub>2</sub>, contribuyendo en parte al calentamiento global del planeta.

No debe confundirse aprovechamiento forestal con deforestación. La deforestación es responsable de la pérdida y destrucción de miles de hectáreas de bosques mediante la eliminación de los árboles para destinar el suelo a otras actividades como agricultura intensiva, ganadería, expansión de áreas urbanas, construcción de caminos y autopistas, o minería. Estas acciones humanas devastadoras disminuyen drásticamente la capacidad de absorción de CO<sub>2</sub> de los bosques, aumentan las emisiones de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera como consecuencia de las quemas e incendios provocados para lograr los objetivos señalados, y provocan el desplazamiento de poblaciones indígenas y comunidades rurales, además de destruir el hábitat de animales y plantas, ocasionando la extinción de miles de especies y la pérdida de biodiversidad. En cambio, aprovechar o cosechar un bosque implica cortar y extraer los árboles utilizando prácticas y métodos sustentables cuyo propósito es abastecer a diversas industrias de transformación de la madera y satisfacer necesidades humanas, asegurando la regeneración permanente del recurso. Dichas prácticas y métodos no afectan significativamente la función de fijación de CO<sub>2</sub> de los bosques. Esto contrasta fuertemente con la explotación irracional, con la deforestación, o con la destrucción del recurso forestal que ha ocurrido y sigue ocurriendo en muchos países del mundo, principalmente en América Latina (Brasil, Paraguay, Perú y Bolivia), África Occidental (Nigeria, Tanzania, Zambia y Angola) y algunas regiones de Asia (Indonesia, Malasia y Myanmar), según un informe reciente titulado *El Estado de los Bosques del Mundo* (FAO, 2018).

## Utilización de los residuos del aprovechamiento

Una vez finalizadas las operaciones de aprovechamiento forestal, inevitablemente queda en el monte una gran cantidad de residuos consistentes en ramas de diversos tamaños, trozas defectuosas, raberones, corteza, hojas y material leñoso atacado por insectos y hongos. Según sus características, los restos de la corta pueden poseer o no algún valor (comercial o ambiental); pueden ser aptos o no para diferentes fines, dependiendo de los objetivos del aprovechamiento y de lo que se planee hacer después con el bosque. En cualquier caso, se debe decidir qué hacer con los residuos. Algunas alternativas posibles son: dejarlos tal como quedaron luego de la cosecha, transformarlos de alguna manera, sacarlos del monte, o quemarlos. Cada una tiene, naturalmente, sus ventajas e inconvenientes.

El dejar los residuos en el monte, ya sea esparcidos o amontonados, aumenta el peligro de incendios forestales debido a la acumulación de material combustible (Tolosana *et al.*, 2004). Otras potenciales consecuencias negativas de esa alternativa son: favorecer la propagación de enfermedades y plagas, disminuir el valor paisajístico y el uso recreativo del monte, contribuir a la contaminación de cursos de agua, y dificultar el acceso de hombres y máquinas para futuros tratamientos silviculturales, tareas de aprovechamiento, o preparación del sitio para la reforestación. En contraste con los inconvenientes mencionados, los restos de la corta ayudan a la eventual reincorporación de nutrientes al suelo y pueden favorecer la regeneración natural del monte al brindar protección a los brizales, dependiendo de la/s especie/s de que se trate. En terrenos con pendiente suave, la presencia de los residuos puede reducir el escurrimiento superficial y controlar en alguna medida la erosión hídrica.

Según Tolosana y sus colegas investigadores (2004), los restos vegetales constituidos por ramas gruesas o trozas defectuosas que no satisfacen las exigencias de la industria que comprará la madera, podrían llegar a tener valor comercial si se los destinara a otros usos, tales como tableros, pasta, leña, o generación de energía a partir de la biomasa forestal, también conocida como “dendroenergía” o “xiloenergética” (en España). Aunque hay diferencias en las definiciones de estos términos, no se discutirán en este capítulo.

### CÓMO INCORPORAR LOS RESIDUOS AL SUELO

La incorporación de los residuos al suelo se puede realizar de dos maneras: (a) dejándolos tal cual quedaron al terminar el aprovechamiento, o (b) triturándolos y dispersándolos para acelerar su descomposición. Este último resultado se logra mediante la utilización de una desbrozadora mecánica, que es un implemento normalmente accionado y arrastrado por un tractor. También se puede romper, compactar y desmenuzar los residuos (en particular las ramas) pasando por sobre ellos con las mismas máquinas usadas en el aprovechamiento. Otra forma efectiva de incorporar los restos vegetales al suelo consiste en transformarlos en astillas mediante una astilladora como la descrita al tratar el sistema de "chipeado" en el monte, o por medio de una astilladora portátil que recorre el área cosechada desmenuzando los residuos y esparciendo las astillas sobre el suelo. El uso de este sistema implica costos elevados pues los chips producidos no tendrán ninguna aplicación industrial. La manga de la máquina arrojará las astillas directamente al suelo, formando una pila enorme, y luego habrá que esparcirlas por la zona de corta. Una última opción es quemar los residuos y esparcir las cenizas para devolver parte de los nutrientes al suelo, tarea también costosa pues se debe juntar los restos, sacarlos del monte, amontonarlos, y quemarlos en lugares seguros de modo tal de minimizar el riesgo de incendios.

### CÓMO ELIMINAR LOS RESIDUOS DEL APROVECHAMIENTO

Cuando no interesa incorporar al suelo los restos de la corta, existen dos opciones para eliminarlos del monte: astillarlos o quemarlos. Si se emplea el sistema de árbol entero, una vez preparados y apilados los fustes utilizables, una astilladora procede a convertir todos los residuos en *chips*, siempre que exista la posibilidad de venderlos o utilizarlos. (También se pueden astillar árboles defectuosos y ramas provenientes de las podas.) Esta tarea se realiza en el canchón o en un espacio abierto suficientemente amplio, donde se cargarán las astillas producidas y se las llevará a la fábrica que las utilizará.

Si se dispone del equipamiento adecuado, también es posible cargar y transportar los árboles enteros hasta la planta industrial en cuya playa se realizará todo el proceso de transformación de los residuos en astillas. Esto raramente ocurre debido a los elevados costos operativos, excepto cuando se trata de raleos o de cortas de mejora.

Si no es posible o conveniente astillar los residuos, se los elimina de la forma más común y conocida: se los quema. Este es un tema delicado que

no se discutirá aquí por exceder los alcances de este libro. Tolosana *et al.* (2004) exponen con cierto grado de detalle la eliminación de los restos de la corta por quema, incluyendo aspectos operativos, legales y ambientales, que el lector interesado puede consultar en la publicación citada.

En los últimos treinta años ha cobrado fuerza en muchos países la idea de producir energía a partir de cualquier forma de biomasa. Para este fin se han venido utilizando los residuos y desechos de diversas industrias de la madera (e.g., aserrín, virutas, despuntos, astillas, retazos y partes defectuosas) desde hace mucho tiempo. Cobra así particular importancia el uso de los restos de la cosecha forestal para generar calor y electricidad para calderas, secaderos, aserraderos y otras instalaciones industriales. En Uruguay, por ejemplo, el 6 % de la energía eléctrica generada para satisfacer la demanda del país en 2014, provino de residuos de biomasa (Uruguay XXI, 2016). Existe, por otra parte, una tendencia creciente a utilizar todo el material resultante de los raleos y de las podas para el mismo objetivo. Más aún, cada vez hay mayores superficies forestadas para producir madera con fines energéticos.

En países como Finlandia y Suecia, algunos fabricantes de equipamiento forestal han diseñado máquinas (o han modificado modelos viejos) con el propósito de llevar esa biomasa a la industria en forma eficiente y económica, provocando el mínimo daño al ecosistema. Una de esas máquinas, montada sobre un *forwarder*, se emplea en operaciones de raleos para cargar, compactar, enfardar y apilar en el monte, o al borde de un camino, estos “paquetes de árboles” que luego serán cargados y transportados hasta la fábrica en un vehículo apropiado. Cada paquete tiene forma casi cilíndrica, similar a la forma de un fuste, pero de longitud excesiva. Para solucionar el problema del transporte, un fabricante ha incorporado a la máquina descrita un dispositivo (una sierra de gran tamaño) para cortar transversalmente cada paquete, como si fuese una troza de madera, hasta obtener la longitud legal permitida. Finalmente, los paquetes de biomasa son transportados en camiones forestales hasta la planta industrial donde serán utilizados como materia prima para generar parte de la electricidad que consume dicha planta.

### **Mitigación de los impactos ambientales**

En vista de las serias consecuencias que se describieron en los párrafos precedentes, se han desarrollado diversos métodos, técnicas y modelos de máquinas para atenuar los daños que provocan las operaciones de apro-

vechamiento forestal sobre el ecosistema. La mayoría de ellos se concentran en reducir los efectos negativos de la maquinaria sobre el suelo y sobre los árboles residuales. Con ese objetivo en mente, se han diseñado y fabricado máquinas especiales y se han introducido modificaciones a las existentes, entre las cuales se pueden mencionar:

- Utilización de tractores con orugas rígidas anchas.
- Empleo de tractores con orugas anchas y flexibles, que alcanzan mayor velocidad.
- Uso de tractores con neumáticos gemelos (dobles) o de alta flotación.

Estas tres modificaciones se aplican generalmente a las motoarrastradoras y tienen como objetivo lograr que la máquina ejerza menor presión sobre el suelo y forme huellas menos profundas, aunque la compactación se produzca en una superficie mayor.

- Empleo de orugas anchas con tejas de acero montadas sobre neumáticos, en *forwarders* y *harvesters*.
- Uso de orugas con tejas de goma montadas sobre neumáticos, en *forwarders* y *harvesters*.

Con estas adaptaciones se logra aumentar la flotabilidad y la adherencia y, al mismo tiempo, reducir la presión. La presión de los neumáticos convencionales sobre el suelo es de 157 kPa, mientras que las orugas de goma producen una presión de 45 kPa, disminuyendo así la compactación del suelo.

- Construcción de máquinas de menor tamaño y peso.
- Aumento del número de neumáticos, especialmente en cosechadoras forestales y tractores autocargadores.
- Utilización de métodos de extracción por suspensión, como cables aéreos o helicópteros.

El uso de equipos alternativos o modificados a veces resulta menos productivo y más costoso, pero con ellos se consigue atenuar el impacto ambiental negativo del aprovechamiento. Sin embargo, si se pudiese cuantificar las pérdidas y los daños ambientales causados por las máquinas convencionales, probablemente el costo unitario de la producción (\$/m<sup>3</sup>) sería menor.

De lo expuesto en este capítulo se desprende que el aprovechamiento de los bosques puede ocasionar diversas y graves consecuencias ambientales tanto directas como indirectas. Sin embargo, es posible minimizar

los daños potenciales si se planifican cuidadosamente las tareas, se aplican los métodos menos nocivos y se emplean las máquinas apropiadas para prevenir o aliviar las consecuencias perjudiciales de las acciones humanas sobre el ecosistema forestal. Las medidas que se vayan a tomar para mitigar los impactos y paliar los daños deben formar parte del plan de aprovechamiento forestal de la empresa.

Aparte de las modificaciones y adaptaciones ya explicadas, es posible minimizar los efectos dañinos mediante la aplicación de las denominadas "Buenas Prácticas Forestales", como las desarrolladas por Gayoso y Acuña (1999) y por Chauchard *et al.* (2012). Por ejemplo, se pueden reducir la erosión, la sedimentación y la contaminación difusa de ríos, arroyos y lagos mediante el uso de fajas buffer de 30 m de ancho a lo largo de los cursos de agua, típicamente de 30 m de ancho a cada lado. No se deben cortar árboles dentro de esta faja, excepto cuando se trate de algunos árboles individuales de alto valor comercial, o de árboles sobremaduros, enfermos o muertos que podrían llegar a caer dentro del curso de agua, en cuyo caso se deberán extremar las medidas de precaución. También debe prohibirse la extracción de árboles o trozas a través de arroyos, a menos que haya un puente o una alcantarilla de dimensiones adecuadas. Otra medida de protección consiste en dividir la superficie de corta en parcelas de aprovechamiento relativamente pequeñas que permitan un mejor control de las operaciones. Además, se debe efectuar la limpieza de la parcela cortada antes de comenzar a aprovechar la siguiente.

En la bibliografía se pueden encontrar muchos ejemplos de prácticas de manejo para prevenir o mitigar los daños ambientales del aprovechamiento forestal. Entre ellos se pueden citar: USDA Forest Service, 1980; Johnson *et al.*, 1987; Fiji Ministry of Forests, 1990; Dyck and Mees, 1991; Dykstra and Heinrich, 1996; FAO, 2002; y FAO, 2004.

### **Normativas internacionales para la protección ambiental**

Al comienzo de este capítulo se hizo referencia a la preocupación de muchas empresas forestales y de los gobiernos de varios países por reducir las consecuencias negativas del aprovechamiento forestal sobre el ecosistema. Desde el sector privado han surgido una serie de técnicas y formas de trabajo, que se han venido implementando desde hace más de veinte años, tendientes a minimizar los daños que las acciones humanas provocan a los bosques. Aunque probablemente el objetivo al principio haya sido cambiar su imagen social negativa, las empresas forestales han

aprendido mucho sobre las malas consecuencias de sus actividades y hoy son verdaderamente conscientes de la importancia de cuidar el ambiente en que desarrollan sus operaciones. Por su parte, algunos gobiernos, en respuesta a las demandas de la sociedad (principalmente organizaciones no gubernamentales), han creado leyes y otros instrumentos legales que contribuyen a mejorar la situación de los bosques del mundo.

La preocupación, las protestas y las acciones de miles de ciudadanos por los impactos ambientales de la actividad forestal generaron movimientos sociales que culminaron con la formulación de políticas y herramientas de gestión orientadas a la protección de los bosques y a la conservación de la biodiversidad. Como resultado de esas reacciones de la gente en muchos países, las empresas y los gobiernos comenzaron a darse cuenta de que las acciones antrópicas causan efectos dañinos sobre los ecosistemas, provocando además la desertización en algunos lugares del planeta y la extinción de especies animales y vegetales, lo que afecta gravemente el medio de vida de numerosas comunidades rurales y de pueblos aborígenes.

La toma de conciencia sobre los problemas ambientales y las acciones en favor de la protección y el cuidado del planeta, a raíz del llamado “cambio climático”, como consecuencia del “calentamiento global” de la tierra, son el resultado de una serie de encuentros, reuniones y conferencias sobre esas cuestiones que se llevaron a cabo en diferentes lugares del mundo. El punto de partida fue la “Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y su Desarrollo”, conocida como la “Cumbre de la Tierra”, que se realizó en Río de Janeiro en 1992 (de ahí el nombre de Río 92).

En esa reunión, en la que participaron gobiernos de 172 países y representantes de más de 22.000 ONG, se abordaron temas relacionados con: contaminación del medio ambiente (suelo, agua y aire), desarrollo humano sostenible, biodiversidad, cambio climático, desertización, y situación de los bosques del mundo. Allí se establecieron principios para un consenso mundial sobre manejo, conservación y desarrollo sostenibles de todos los tipos de bosques del mundo, aunque el documento sólo contiene recomendaciones sin fuerza jurídica obligatoria; es apenas un compromiso. En ese sentido, “manejo forestal sostenible” se refiere a la gestión de los bosques de acuerdo con los principios del desarrollo sostenible; es decir, manteniendo un equilibrio entre los tres pilares fundamentales: ecológico, económico y sociocultural.

A la Cumbre de Río le siguieron otras reuniones internacionales en las que participaron numerosos países, organizaciones civiles, académicos y expertos de diferentes disciplinas relacionadas con el ambiente en general: Kioto, Montreal, Helsinki, Johannesburgo y Río nuevamente (2012). Las ONG (ecologistas y ambientalistas en su mayoría) consideraron a esta última conferencia (llamada “Río+20”) como un “fracaso colosal”, y calificaron al documento final, como “decepcionante”, debido a la falta de com-

promiso real por parte de los gobiernos, especialmente de los países más desarrollados, en lo concerniente al cambio climático y a la reducción de emisiones de gases causantes del calentamiento global a través del efecto invernadero. Si bien uno de los temas que figuraban en la agenda de la conferencia Río+20 fue la “Economía Verde”, o Economía Ecológica, que se refiere a un conjunto de modelos de producción que toman en consideración variables ambientales y sociales, y estudian la relación entre los sistemas naturales (ecosistemas) y los subsistemas sociales, nada se discutió allí sobre la situación de los bosques del mundo ni la gestión forestal sostenible. Desde el punto de vista forestal, podemos coincidir con que dicha conferencia fue efectivamente un fracaso.

### LA GESTIÓN FORESTAL SOSTENIBLE (GFS)

A la luz de los efectos adversos del aprovechamiento forestal sobre los ecosistemas, podemos asegurar que toda intervención humana, en cualquier tipo de bosque, debería efectuarse bajo el concepto de “Gestión Forestal Sostenible” (GFS). Sólo así se logrará un “equilibrio entre la demanda creciente de productos forestales por parte de la sociedad y la preservación de la salud y diversidad de los bosques, teniendo como objetivo la prosperidad de las poblaciones que dependen de ellos” (FAO, 2020).

Luego de la “Conferencia ministerial sobre la protección de los bosques en Europa” (2009), conocida como Proceso de Helsinki, la FAO adoptó la siguiente definición: “Gestión Forestal Sostenible (GFS) es la administración y uso de bosques y tierras forestales de manera tal y a un ritmo tal que mantengan su biodiversidad, productividad, capacidad de regeneración, vitalidad y su potencial de cumplir, ahora y en el futuro, sus importantes funciones ecológicas, económicas y sociales, a nivel local, nacional y mundial, sin dañar a otros ecosistemas”. Existen, por tanto, tres aspectos fundamentales para lograr la sostenibilidad. El manejo forestal debe ser: ambientalmente apropiado, socialmente beneficioso y económico viable.

En 2014, con la participación de 150 países, la FAO desarrolló un conjunto de herramientas para la GFS al que denominó “Criterios e Indicadores de la GFS”. Estos criterios sirven para elaborar informes nacionales que permiten evaluar el progreso de un país hacia el logro de la GFS. Muchos países han creado sus propios criterios e indicadores a nivel regional y local, llegando al detalle de la unidad forestal; esto se aplica a las empresas que manejan y aprovechan sus bosques nativos o plantaciones. Los criterios e indicadores de la FAO constituyen la base de programas de certificación forestal que se tratarán más adelante.

A medida que la sociedad va tomando más conciencia de los graves problemas ambientales causados por el aprovechamiento forestal durante más de un siglo, y de los daños irreparables que han ocurrido particularmente en los bosques tropicales y subtropicales del mundo, los consumidores en muchos países hoy exigen que las empresas forestales actúen con mayor responsabilidad social.

En la actualidad los consumidores en muchas naciones desarrolladas demandan que los productos provenientes del bosque hayan sido obtenidos de modo tal que los efectos adversos sobre el ecosistema hayan sido mínimos desde la extracción de la materia prima hasta la venta del producto final, pasando por todos los procesos de transformación industrial. Por esa razón, las empresas cuyo negocio es la cosecha de los bosques deben ejercer mayor control sobre sus operaciones de aprovechamiento en todos sus aspectos con el objeto de reducir al mínimo los efectos negativos de sus actividades extractivas e industriales, en particular en lo que respecta a la protección de los bosques y a la conservación de la biodiversidad.

En los últimos veinte años, son numerosas las empresas que han venido usando técnicas y métodos de trabajo que apuntan hacia ese objetivo por razones estratégicas, comerciales y de posicionamiento en el mercado, mediante una mejora de su imagen social. El proceso ha sido lento y gradual para ir adaptándose a las demandas sociales.

Para aplicar los criterios de la GFS en la regulación del aprovechamiento forestal, los gobiernos de muchos países desarrollados han elaborado diferentes clases de instrumentos, tales como: recomendaciones, pautas de trabajo, sugerencias, códigos de prácticas, sistemas de gestión, normas, y legislación específica. Por ejemplo, en Estados Unidos se comenzaron a emplear las llamadas Best Management Practices (BMP), o Prácticas de Buena Gestión, aplicadas al sector forestal, en la década de 1990, con el propósito principal de proteger los cursos de agua (minimizar su contaminación) durante la construcción y el mantenimiento de caminos y vías de saca, el aprovechamiento forestal, y la preparación del sitio para la reforestación (Cristan *et al.*, 2016). En la elaboración de las guías o pautas de trabajo (por lo general en forma de recomendaciones y ocasionalmente en forma de normativa o instrumento legal), participaron agencias del gobierno federal, dependencias de gobiernos de diversos estados, universidades, empresas forestales, y ONG. Un estudio reciente demostró que las BMP han sido efectivas para proteger la calidad del agua en los bosques que fueron aprovechados cuando su aplicación fue rigurosa y bien controlada (Cristan *et al.*, 2016).

## LOS SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

Las reacciones sociales frente a los problemas ambientales han culminado en buenos resultados en los aspectos político y legislativo en la mayoría de los países, en especial en Europa, Canadá y Estados Unidos, y se han materializado en forma de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA). Un sistema tal tiene como objetivo mejorar cualquier acción humana que pueda tener impactos ambientales negativos, ayudándoles a las empresas a conocer cuáles son las consecuencias ambientales de sus actividades y/o de sus productos, y estableciendo las medidas adecuadas para reducir al mínimo dichas consecuencias. Los SGA se han desarrollado para ser aplicados a cualquier empresa o actividad económica (industrial, comercial, de servicios, etc.); por lo tanto, se pueden aplicar también a una empresa forestal.

Para poder implementar un sistema de estas características se deben elaborar y difundir normas que sean de amplia aplicación y llegar a establecer patrones a nivel internacional. Así surgieron las primeras normas, reglas o directrices, creadas por la International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización), conocidas como Normas ISO. En este caso, ISO no es un acrónimo; es la aliteración del vocablo griego *iso* (ἴσος) que significa igual. Esta organización, con sede en Suiza, es una federación mundial no gubernamental de cuerpos nacionales de normalización, integrada por representantes de 135 países, con un miembro por cada uno, cuya misión, a grandes rasgos, es promover la normalización en cuanto a la calidad de los productos y servicios que ofrecen las empresas en el mercado internacional de modo tal de lograr la satisfacción de los consumidores. Las comisiones técnicas y los grupos de trabajo están integrados por representantes calificados de la industria, universidades, institutos de investigación, autoridades gubernamentales y organizaciones de consumidores. El miembro argentino de ISO es el IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación; antes, Instituto de Racionalización de Materiales). La primera serie o “familia” de normas recibió el nombre de Normas ISO 9000 e involucraba varios aspectos de la gestión: calidad del producto, calidad del proceso, seguridad, calidad integral y calidad total. Con actualizaciones cada cinco años, hoy siguen vigentes, y se aplican a cualquier tipo de organización; no particularmente a la actividad forestal. Son de adopción voluntaria pero cada gobierno puede exigir su cumplimiento dentro de sus normativas o su legislación vigente. En esta “familia”, la más relevante es la Norma ISO 9001, titulada “Sistema de garantía de calidad para el diseño, el desarrollo, la producción y los servicios”, que prevé la certificación de la empresa por una tercera parte. En este punto vale la pena señalar que la empresa argentina “Alto Paraná”, productora de pasta celulósica, consiguió instaurar un sistema

de gestión de la calidad, y fue certificada en el año 1994.

La idea de modificar, adaptar o mejorar las actividades humanas con el propósito de reducir los efectos negativos sobre el ambiente, prever la posible ocurrencia de impactos graves y estar preparados para enfrentar, atenuar y corregir dichos efectos, dio lugar al nacimiento, en 1996, de una nueva familia de normas, conocidas como Normas ISO 14000, que se centran en los aspectos ambientales de productos y organizaciones, dentro del concepto de SGA. La más conocida y adoptada de éstas es la Norma ISO 14001, denominada “Sistema de Gestión Ambiental: especificaciones y directivas para su aplicación”, que establece un estándar internacional de gestión ambiental. En efecto, fija una serie de procedimientos y pautas que las organizaciones (empresas de producción, de servicios, administración pública, etc.) deben seguir en lo concerniente a sus responsabilidades ambientales, para que ellas mismas puedan elaborar su propio sistema de gestión ambiental a fin de mejorar su comportamiento en relación con los efectos negativos de sus procesos de producción o extracción sobre el ambiente en todos sus aspectos, sin que ello vaya en detrimento de sus beneficios económicos. Dentro de la familia ISO 14000 existen otras normas (desde la ISO 14002 hasta la ISO 14063) que se refieren a revisiones periódicas, auditorías ambientales, evaluación del desempeño, sistemas de apoyo, ciclo de vida de un producto, etiquetas ecológicas, etc. (Pantaenius, 2011).

Toda empresa que aspire a una gestión sostenible, sobre todo si se trata de recursos forestales, debe adoptar una filosofía diferente a la que prevaleció hasta fines del siglo XX, e incorporar la variable ambiental en su planificación y en sus decisiones. Si bien la adopción de los estándares de la Norma ISO 14001 es voluntaria, actualmente son numerosas las empresas forestales, madereras y papeleras que los aplican pues procuran conseguir la certificación de sus sistemas de gestión ambiental, lo que implica una ventaja para la comercialización de sus productos. Las empresas que, mediante la adopción de estas normas, incorporan un Sistema de Gestión Ambiental en su organigrama y consiguen la acreditación correspondiente, obtienen una serie de beneficios tales como: mejor acceso a mercados internacionales, ahorro de costos, buena reputación, mejor comunicación y mayor motivación del personal, mejora continua, cumplimiento de la legislación ambiental y disminución de riesgos de juicios. También se benefician los gobiernos, los consumidores, los países en vías de desarrollo y, en definitiva, el planeta, ya que con la aplicación de la Norma ISO 14001 se reduce o evita la contaminación del aire, el agua y el suelo, contribuyendo así a la conservación del ambiente, a la vez que se lleva a cabo una gestión forestal sustentable.

Muchas empresas forestales europeas y americanas (de Canadá, Estados Unidos, Chile, Brasil y Uruguay, entre otros) han adoptado la Norma

ISO 14001. En nuestro país, la primera empresa que logró la certificación de esta norma fue PECOM Forestal en el año 2001. Esta empresa no existe más con ese nombre pues ha pasado a formar parte del grupo Arauco Argentina S.A. (ex Alto Paraná). En la actualidad son numerosas las empresas forestales argentinas que cuentan con dicha certificación, entre ellas: Forestal "Las Marías", Forestadora Tapebicuá, Lipsia, Pomera Maderas, Forestal Santa Bárbara, Fiplasto Forestal, UBS Bronson, y Forestal Bosques del Plata.

En general, los SGA toman en consideración los impactos ambientales de todas las actividades que desarrolla una empresa forestal ya sea en el bosque o en una planta industrial donde se transforma la materia prima. Se procura siempre evitar o minimizar la contaminación (del aire, el suelo y el agua), optimizar el consumo de energía y conservar la biodiversidad, entre otros valores ambientales. Es importante destacar que recién en los últimos veinte años se ha comenzado a incluir a los seres humanos, con su diversidad histórica y cultural, como componentes integrales de muchos ecosistemas forestales. Por eso, en todo estudio relacionado con impactos ambientales sobre los bosques, se tienen en cuenta las poblaciones rurales y las comunidades aborígenes.

## **La Certificación Forestal**

En las últimas décadas los consumidores han venido exigiendo que las empresas forestales actúen de manera más responsable tanto desde el punto de vista ambiental como social, cultural y económico. De conformidad con los "Criterios e Indicadores de la GFS", han surgido otras propuestas específicamente forestales cuyos objetivos son mejorar la gestión forestal en todos sus aspectos, atendiendo a las demandas de diversos grupos de interés. Estas iniciativas dieron lugar al concepto de certificación forestal, una herramienta confiable que refleja el impacto ambiental y social de todas las operaciones forestales, incluyendo la preparación del sitio, el establecimiento de la plantación, los tratamientos silviculturales, las medidas de protección contra enfermedades y plagas, la construcción de caminos forestales, el aprovechamiento de los montes nativos y/o implantados, el uso de máquinas, el transporte de productos del bosque, y el tratamiento de los residuos forestales, entre muchos otros aspectos.

La certificación forestal es la forma de expresar por escrito que un bosque, ya sea nativo o implantado, se ha manejado y aprovechado respetando una serie de normas ambientales, sociales y económicas claramente establecidas, y de acuerdo con las pautas y criterios de sostenibili-

dad ambiental de la GFS, desarrolladas por la FAO en 2014. Al principio el concepto de certificación se aplicó sólo a la gestión del bosque, pero luego se extendió a toda la cadena de producción forestal; es decir, la transformación de la materia prima, el transporte, la comercialización, y hasta los aspectos laborales, ergonómicos y legales.

Se puede definir certificación forestal como un proceso mediante el cual una tercera parte, imparcial, calificada y debidamente acreditada, emite un documento escrito en el que asegura que un bosque se ha manejado y aprovechado bajo ciertos estándares de sostenibilidad pre establecidos. Una organización independiente (por ejemplo, una consultora local, nacional o internacional) desarrolla dichos estándares de gestión forestal “correcta” (i.e., ambientalmente aceptable) con los que la empresa debe cumplir. Esto incluye tanto madera como productos no leñosos; por ejemplo, resinas, gomas, látex, corcho, mieles, frutos, hongos, raíces y sustancias medicinales. Luego otra organización independiente, no relacionada con la primera, efectúa inspecciones o auditorías en diversos sectores de la empresa para verificar si todas sus actividades (por ejemplo, la construcción de caminos, o la extracción de madera) cumplen con los estándares. En este caso, la empresa consigue una certificación forestal sin etiquetado del producto. Una vez que la empresa logra certificar que la gestión de su bosque es sostenible, puede pasar a una segunda etapa en la que la certificadora verificará si todos los procesos comprendidos entre la gestión forestal y la venta final del producto terminado (cuando éste llega a manos del consumidor) se han llevado a cabo conforme a los estándares establecidos para esa fase del negocio. Cuando ha cumplido con los demás requisitos normativos, la empresa se encuentra en condiciones de recibir una certificación forestal extendida, que incluye toda la cadena de producción; esto es: la cosecha y extracción de la materia prima del bosque o de la plantación, la carga y el transporte de las trozas hasta la fábrica, todos los procesos industriales involucrados hasta la obtención del producto final, el embalaje o empaquetado (si correspondiese), la distribución, el transporte y la comercialización. En todos los casos se tienen en cuenta también la salud y seguridad de los trabajadores, así como aspectos impositivos y legales. Esta certificación, extendida a toda la cadena de producción forestal, se conoce como la “cadena de custodia del producto” (chain of custody en inglés). Es la manera en que el auditor puede seguir los pasos (las huellas) de un producto derivado de la madera desde el bosque certificado hasta el punto de venta. Asimismo, el consumidor puede identificar la procedencia del producto que va a comprar, y reconocer que se trata de un producto que cuenta con ambas certificaciones (de gestión forestal sustentable y de cadena de custodia) pues exhibe la etiqueta o el sello que así lo acredita. Así, el cliente puede investigar la trazabilidad del producto, tener la garan-

tía de estar promoviendo y apoyando la gestión correcta del bosque en los aspectos ambiental, social y económico, y asegurarse de que se ha cumplido con las normas pertinentes también en los procesos de transformación.

Millones de personas en el mundo han tomado conciencia de los problemas ambientales que ha venido sufriendo el planeta durante los últimos 50-60 años y de las graves consecuencias que ya se han mencionado, como el calentamiento global, la deforestación y el cambio climático, entre muchos otros. Los consumidores, particularmente en algunos países europeos, y también en Canadá, Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda, exigen cada vez mayor responsabilidad ambiental y social a las empresas productoras de bienes y servicios, incluidas las industrias de la madera y el papel. Por esa razón están dispuestos a adquirir sólo productos forestales certificados, aunque tengan que pagar precios razonablemente más altos por ellos. La certificación hecha por una tercera parte independiente le asegura al consumidor que el bien que está comprando (e.g., un mueble, un tablero de fibras, una resma de papel, una caja de cartón, etc.), o el servicio por el que está pagando (e.g., el alquiler de una cabaña en un camping privado, la visita a un parque provincial, etc.) proviene de bosques correctamente gestionados, y que, en la transformación de la madera, se ha cumplido con las normas correspondientes. Sin embargo, una empresa que haya conseguido la certificación no tiene la garantía de que podrá obtener precios más altos por sus productos, pero mejorará su imagen y aumentarán sus probabilidades de ganar acceso a nuevos mercados pues la certificación resulta atractiva tanto para consumidores individuales como para empresas que compran sólo productos certificados.

### SISTEMAS DE CERTIFICACIÓN FORESTAL

Existen en la actualidad varios sistemas o estándares de certificación forestal en el mundo (más de cincuenta según la FAO), que pueden ser utilizados por técnicos, ingenieros, administradores y gerentes de empresas, científicos, políticos, empresarios de diversos sectores de la economía (e.g., industrias de la madera y del papel, compañías de transporte), inversores, organizaciones de consumidores, ONG, ambientalistas y ciudadanos particulares. No hay un estándar de aplicación universal que sea aceptado en todo el mundo, y las diferencias entre los estándares que existen actualmente no son muy grandes (FAO, 2010). Los dos sistemas de certificación forestal más conocidos y de mayor aplicación a nivel mundial son: el FSC (*Forest Stewardship Council*) y el PEFC (*Pan European Forest Certification*).

### *La certificación FSC*

Promovido por el Fondo Mundial para la Vida Silvestre, o World Wildlife Fund (WWF), y con la participación de representantes de organizaciones no gubernamentales de veinticinco países, en 1994 se fundó el Forest Stewardship Council, o Consejo de Administración Forestal, cuya sede central se encuentra actualmente en Bonn, Alemania.



Es una organización internacional, sin fines de lucro, integrada por representantes de diversos actores involucrados directa o indirectamente en las actividades forestales, tales como: propietarios de montes, empresas forestales, ingenieros forestales, industrias madereras y celulósicas, sindicatos de trabajadores, investigadores, comerciantes de madera, comunidades locales, grupos indígenas y organizaciones ambientalistas de ochenta y tres países. Hasta 2018, el FSC contaba con 850 miembros o socios internacionales en esos países; posee cincuenta oficinas nacionales, regionales y continentales. No está permitida la participación de representantes del gobierno de ningún país en ninguna actividad del FSC (reuniones, convenciones, o asambleas), ni siquiera como observadores.

La Junta Directiva (o Directorio) del FSC es la Asamblea General, dividida en tres secciones: ecológica, social y económica. Se procura lograr cierto equilibrio entre países desarrollados y subdesarrollados en las votaciones, y que además estén equitativamente representados los intereses del “norte” y del “sur”.

El FSC declara que su misión es “promover el manejo ambientalmente adecuado, socialmente beneficioso y económicamente viable de los bosques del mundo”. En cuanto a su visión, la organización se considera “la principal fuerza catalizadora para mejorar el manejo forestal y transformar el mercado [de productos y servicios derivados del bosque] con el fin de lograr el uso sostenible, la conservación y la restauración de los bosques del mundo”. Para alcanzar su misión y su visión, el FSC ha desarrollado diez principios y setenta criterios que son aplicables a cualquier tipo de bosque y a todos los sistemas forestales del planeta. Se adaptan a las particularidades de cada país mediante el desarrollo de indicadores específicos, elaborados por grupos nacionales de trabajo. Por ejemplo, para España ha propuesto 157 indicadores para la gestión forestal sostenible y otros cuan-

renta y siete indicadores específicos para los aprovechamientos de corcho y resina (Tolosana *et al.*, 2004). Los principios y criterios de la certificación FSC se puede encontrar en forma detallada en el sitio [www.fsc.org](http://www.fsc.org).

El Forest Stewardship Council acredita a las entidades certificadoras; no certifica. Desarrolla estándares y propone indicadores, pero no emite ningún documento relacionado con la certificación de un bosque, producto, o servicio. Una organización o entidad llamada "la certificadora", normalmente integrada por profesionales de distintas especialidades (una especie de consultora especializada), a través de sus auditores, es la que visita a la empresa que aspira a obtener la certificación, verifica el cumplimiento de los estándares e indicadores, y redacta el informe mediante el cual se otorga o no la certificación. Según la etapa en la que se encuentre el producto dentro de la cadena de producción/distribución, existen tres tipos de certificaciones, cada una con su etiqueta o sello correspondiente, a saber: (a) Gestión Forestal, (b) Cadena de Custodia y (c) Madera controlada.

- La Certificación de la Gestión Forestal. Se les concede a gestores o propietarios de bosques cuyas prácticas de manejo cumplen con los estándares FSC, y puede adoptar la forma de certificación individual o grupal, según cada situación particular.
- Certificación de la Cadena de Custodia (CdC). La Cadena de Custodia es el camino que sigue un producto desde la obtención de la materia prima en el bosque hasta el punto en el que el producto final se vende con la certificación y la etiqueta FSC (o el sello con el logotipo FSC impreso o estampado en el producto), pasando por cada una de las etapas de la cadena de suministro (obtención, industrialización, distribución y venta). Este esquema se aplica a empresas que usan materia prima forestal certificada en su proceso industrial, ya sea total o parcialmente. Si toda la materia prima utilizada durante todo el proceso de transformación está certificada, la empresa obtendrá una Certificación CdC Exclusiva. En cambio, si una parte de la materia prima que emplea una industria de transformación (primaria o secundaria) no está certificada, o si una parte del proceso de transformación, o de la línea de producción, no cumple con los estándares FSC, la empresa recibirá una Certificación CdC No Exclusiva. Por medio de la Certificación CdC, una entidad de certificación independiente, acreditada por el FSC, verifica que los productos certificados están perfectamente identificados y separados de los no certificados ni controlados, a medida que se avanza en la cadena de suministro, desde el bosque hasta el mercado. Permite, entonces, la trazabilidad de la materia prima forestal y de los productos derivados de ella durante todo el proceso, desde el bosque hasta su punto de venta. Se le

garantiza así al consumidor que los productos que adquiere provienen de fuentes ambiental y socialmente responsables.

- Certificación de Madera Controlada. Madera controlada es el material proveniente de fuentes aceptables que puede mezclarse con material certificado por el FSC en productos que llevan la etiqueta o el sello "FSC Mixto". Se excluye de esta categoría a la materia prima proveniente de fuentes inaceptables, que no se puede mezclar con material certificado. Esto se refiere a madera que se aprovechó ilegalmente, que se aprovechó violando derechos tradicionales y humanos, que fue extraída de bosques con altos valores de conservación, que proviene de bosques que se están convirtiendo a plantaciones o a otros usos, o que procede de bosques en los que se plantan árboles genéticamente modificados.

#### *Procedimiento para obtener la certificación FSC*

En este punto cabe una aclaración importante: la certificación es voluntaria. Esto significa que una empresa elige libremente si desea someterse al proceso de certificación. Para que una empresa relacionada de cualquier manera con la actividad forestal, desde un contratista que corta y saca madera del bosque hasta una mueblería, o un negocio donde se venden útiles escolares y de librería (cuadernos, carpetas, cartulinas, sobres, resmas de papel, etc.) pueda conseguir la certificación FSC y así captar mayor cantidad de clientes que están a favor del manejo sostenible de los bosques, se debe seguir los siguientes pasos:

- La empresa contacta una o varias certificadoras acreditadas por el FSC.
- La empresa elige la entidad certificadora y firma un acuerdo con ella.
- La empresa se somete a una auditoría de certificación.
- La entidad certificadora elabora un informe de certificación.
- La certificadora toma la decisión de otorgar o no la certificación.

Si el informe de la certificadora es positivo (favorable), se le concede a la empresa la certificación FSC. Si la empresa no cumple rigurosamente con todos los estándares FSC, la certificadora le sugerirá las correcciones que deberá efectuar para alcanzarlos. Luego de un tiempo acordado por ambas partes, se realizará una segunda auditoría para verificar que se hayan implementado las acciones correctivas en forma satisfactoria. En caso afirmativo, la entidad certificadora emitirá un nuevo informe, favorable esta vez, y finalmente le otorgará el certificado FSC, junto con el sello o la etiqueta correspondiente.

Los certificados FSC tienen una vigencia de cinco años. La certificadora debe realizar auditorías anuales de inspección para verificar el cumplimiento permanente de los estándares de certificación y detectar posibles cambios o desviaciones en las acciones de la empresa.

El sistema de eco-certificación forestal FSC es el más respetado del mundo pues garantiza transparencia y credibilidad al consumidor final. Tras veinticinco años de manejo forestal sostenible y responsable, hoy existen más de 200.000.000 ha de bosques certificados con ese sistema en 125 países (34 % de la superficie total certificada en el mundo), 1600 certificados de gestión forestal, y más de 37.000 certificados de cadena de custodia.

En América Latina se ha avanzado mucho en lo atinente a la certificación forestal en los últimos veinte años. La situación ha mejorado en varios países, particularmente en la Argentina, Chile, Brasil y Uruguay. Como ejemplo, cabe destacar que, hasta mediados de 2019, había en la Argentina diez empresas forestales medianas y grandes certificadas en GFS, abarcando 470.000 ha, de las cuales 300.000 ha son plantaciones de pino, eucalipto y salicáceas. Las restantes 170.000 ha son áreas de conservación. Las empresas certificadas son: Arauco, Lipsia, Las Marías, Grupo Tapebicuá, Empresas Verdes, Enrique Zeni, Novartis, Grupo Pomera, Fideicomiso Financiero Forestal, Forestal Argentina S.A. Además, el sistema FSC ha otorgado 116 certificados de CdC en nuestro país y un certificado de Madera Controlada para Arauco Argentina para un total de 44.000 ha en Misiones.

Gracias a la certificación forestal, se ha alcanzado, en gran medida, un equilibrio entre la conservación de los valores naturales y sociales de los bosques, y los intereses de la industria y de los propietarios forestales. También se ha logrado un cambio en la mentalidad y el comportamiento ambientalmente responsable de millones de consumidores que, al reconocer el logotipo del FSC, tienen la garantía de estar comprando productos certificados, que provienen de bosques manejados en forma sostenible. La etiqueta o el sello impreso en el producto le permite al consumidor distinguir los productos hechos con madera certificada y le garantiza que el proceso de certificación ha incluido: la gestión sostenible del bosque, la elaboración del producto forestal, la comercialización, el transporte y la venta.

### *La certificación PEFC*

El sistema de certificación forestal más importante del mundo es el denominado PEFC (Pan European Forest Certification), desarrollado por el Programa para el Reconocimiento de la Certificación Forestal (Program-

me for the Endorsement of Forest Certification), una entidad internacional no gubernamental sin fines de lucro, que promueve la Gestión Forestal Sostenible por medio de la certificación independiente de una tercera parte, acreditada para tal fin. El PEFC se define a sí mismo como una "alianza global de sistemas nacionales de certificación forestal" ([www.pefc.org](http://www.pefc.org)). Reconoce y apoya sistemas de certificación desarrollados en diferentes países miembros mediante procesos participativos adaptados a las prioridades y condiciones locales. Es una estructura de certificación europea a la que pueden adherirse los sistemas de certificación de diferentes países bajo el paraguas común de la PEFC, con el reconocimiento mutuo entre ellos. El sistema está dirigido a los propietarios forestales europeos, independientemente de la extensión de sus bosques, a quienes les brinda así una herramienta para el manejo forestal responsable, y a la vez incentiva a consumidores individuales y compañías a comprar en forma sustentable.

Por iniciativa de pequeños propietarios forestales de varios países europeos, en 1999 se reunieron representantes de Finlandia, Francia, Alemania, Noruega, Austria y Suecia con el fin de crear un sistema de certificación que les permitiera demostrar su excelencia en la GFS. Así nació la PEFC (Pan European Forest Certification), organización con sede central en Ginebra, Suiza, que cuenta con más de setenta miembros de todo el mundo, entre los que están incluidos: sistemas nacionales de certificación, asociaciones profesionales, sindicatos, industriales, comerciantes, ONG, organizaciones de propietarios y productores forestales, asociaciones de consumidores, y ciudadanos comprometidos con la GFS. De todos esos miembros, cincuenta y tres son organizaciones nacionales independientes que desarrollan e implementan el sistema PEFC dentro de sus respectivos países. Más de dos tercios de los bosques certificados del mundo tienen la certificación PEFC.

El esquema PEFC toma en consideración toda la cadena de valor forestal para promover la GFS y garantizar que la madera y todos los productos derivados de ella, incluidos los productos forestales no leñosos, se hayan obtenido de acuerdo con los más altos estándares ecológicos, sociales y éticos. La madera certificada mediante estas normas en cualquiera de los países miembros lleva la etiqueta PEFC. Esto le asegura al consumidor que está comprando productos provenientes de bosques gestionados responsablemente.

A diferencia de la certificación FSC, el Consejo Panuropeo de Certificación Forestal, órgano directivo de la PEFC, sí permite la participación de representantes de los gobiernos de los países miembros. La organización también está integrada por representantes de Estados Unidos, Canadá, Chile, Brasil, Argentina, Australia y Malasia.

El PEFC acredita entidades que desarrollan sus propios indicadores en función de la situación de cada propietario forestal en particular en cada país. Estos indicadores son sometidos a una evaluación rigurosa e independiente para determinar si cumplen con los estándares de la PEFC. La mayoría de los pequeños propietarios forestales europeos, al igual que numerosas empresas forestales que poseen bosques o plantaciones e industrializan su propia materia prima, prefieren este sistema de certificación. Se estima que hay en la actualidad unas 20.000 industrias que han obtenido la certificación PEFC y que ofrecen miles de productos certificados en todo el mundo.

El sistema PEFC es más sencillo que el FSC y maneja sólo cuarenta y tres indicadores de certificación. Existe cierto grado de compatibilidad entre los criterios de ambos sistemas de certificación, aunque no es fácil conseguir que los productos certificados por el PEFC lleven también la etiqueta o el sello FSC. En general, se considera que el modelo FSC es más independiente de intereses políticos y goza de mayor credibilidad ante las ONG.

#### SISTEMAS NACIONALES DE CERTIFICACIÓN FORESTAL

Desde la década de 1990 muchos países han venido trabajando para instalar la idea de la GFS en todo el mundo y lograr la certificación forestal. Sus logros han sido importantes. Sin embargo, la mayor parte de las certificaciones, hasta 2017, se encontraban en Europa y en América del Norte. Por ejemplo, en Estados Unidos y Canadá se han desarrollado esquemas locales de certificación similares a los dos sistemas ya descritos, utilizando criterios basados en las condiciones locales del propietario o de la empresa que aspira a obtener la certificación. Entre estos sistemas se pueden mencionar: Sustainable Forestry Initiative, Canadian Standards Association y American Tree Farm System. En contraste, los países en desarrollo no tienen la capacidad técnica ni los medios económicos adecuados para llevar a cabo el proceso de certificación. Tampoco cuentan con entidades certificadoras que puedan ser acreditadas por el FSC o el PEFC, y es probable que no conozcan los beneficios de la certificación forestal ni tengan la voluntad de afrontar sus costos. No obstante, se han desarrollado modelos de aplicación voluntaria propuestos por las industrias forestales y criterios de certificación elaborados por organismos gubernamentales o por asociaciones de empresas forestales, como en Ghana, Indonesia, Mala-  
sia, Brasil, Chile y Argentina.

*El sistema de Certificación Forestal Argentino (CerFoAr)*

Siguiendo el ejemplo de sus vecinos Brasil y Chile, la Argentina desarrolló su propio sistema de certificación forestal, denominado CerFoAr, a mediados de 2013, y consiguió su homologación por la Asamblea General del Consejo del PEFC un año más tarde. El sistema está administrado por la Asociación CERFOAR, una organización civil sin fines de lucro conformada por entidades públicas y privadas no comerciales interesadas y comprometidas con la gestión sostenible de los bosques de nuestro país. La Asociación ha sido aceptada como miembro nacional del Programme for the Endorsement of Forest Certification con el nombre de CERFOAR – PEFC Argentina.

El sistema CerFoAr establece los requisitos y los estándares para la certificación forestal de bosques nativos y plantaciones y para la cadena de custodia (trazabilidad) de las industrias de transformación de la madera radicadas en la Argentina. Al igual que con los otros sistemas, cualquier empresa forestal puede someterse voluntariamente al esquema de certificación CerFoAr, dadas las ventajas que implica conseguir el sello o la etiqueta PEFC. La Asociación promueve tres principios fundamentales: gestionar, producir y comprar responsablemente. Eso implica llevar a cabo una gestión sostenible de los bosques de donde proviene la materia prima, elaborar productos a partir de madera obtenida legalmente de bosques certificados, y buscar la etiqueta PEFC al comprar muebles, papel y otros productos forestales. De esa manera se puede acceder al mercado global de productos certificados y contribuir a la conservación de los bosques de Argentina y del mundo.

El sistema CerFoAr se basa en las Normas IRAM de la Serie 39.800 de GFS, que toman en consideración: principios, criterios e indicadores; cadena de custodia, auditorías, directrices para las auditorías y certificación en grupos. También sigue las normas PEFC referentes a la cadena de custodia y al uso del logo. Por último, contiene procedimientos generales propios para la gestión técnica del sistema. En la elaboración de las normas participaron activamente las partes interesadas del sector forestal argentino: productores forestales, industrias forestales, asociaciones civiles (Asociación Forestal Argentina, Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel, y Federación Argentina de la Industria de la Madera y Afines), organismos estatales (INTA, Ministerio de la Producción de Corrientes, Secretaría de Agroindustrias de la Nación), universidades, centros de investigación, colegios profesionales, consultoras, sindicatos, empresas gráficas y consumidores.

Las entidades certificadoras, que son independientes y no tienen relación con la Asociación CERFOAR – PEFC Argentina, certifican la GFS

con las normas IRAM 39.800 a 39.805, y la cadena de custodia en base a las normas PEFC. En nuestro país existe un ente denominado Organismo Argentino de Acreditación que evalúa la competencia de las entidades antes de ser acreditadas para auditar y certificar los bosques y los diferentes productos forestales. También existen otros organismos internacionales de acreditación de las certificadoras.

En la página web de CERFOAR – PEFC Argentina figuran quince empresas con certificados de Cadena de Custodia (entre ellas Arauco Argentina, Papel Misionero y Papel Prensa) y tres con certificados de GFS, así como también los nombres de algunas entidades internacionales de certificación.

Para iniciar el proceso de certificación, el productor forestal se compromete a implementar en su establecimiento una GFS. Puede contratar un servicio externo de implementación de la GFS o puede implementarlo por su propia cuenta, cumpliendo con los requisitos establecidos en la norma CerFoAr correspondiente y en la norma IRAM 39.801. El proceso detallado de certificación, desde la solicitud hasta la emisión del certificado CERFOAR – PEFC, se puede encontrar en [www.pefc.org.ar](http://www.pefc.org.ar).

### *Ventajas de la certificación*

Para una empresa de transformación de la madera o para un propietario forestal, contar con una certificación como cualquiera de las que hemos visto, le facilita el acceso al mercado de productos forestales en muchos países del mundo donde los consumidores son cada vez más exigentes en cuanto a la sostenibilidad de los bosques y al cuidado del ambiente en general. Una etiqueta o un sello con el logo de FCS o PEFC hace que un producto resulte más atractivo para cierta clase de público consumidor. Además, favorece la imagen del sector forestal como proveedor de productos elaborados a partir de materia prima renovable proveniente de bosques manejados en forma sostenible. Muchos propietarios forestales se ven beneficiados con la certificación; el hecho de exhibir la etiqueta o el sello correspondiente demuestra que ellos voluntariamente aprovechan sus bosques cumpliendo con los estándares de la GFS, lo que mejora su imagen ante la sociedad. Por último, la certificación es una manera de valorizar los recursos forestales, promover su conservación y su aprovechamiento racional y responsable.

### *Costos de la certificación*

El proceso de certificación forestal, en cualquiera de sus etapas, tiene sus costos asociados, tanto para los propietarios de los montes como para la industria de transformación de la materia prima. Si bien cada situación particular puede ser diferente, podemos señalar algunos aspectos generales que influyen en los costos de certificación de la GFS y de la cadena de custodia.

Según Tolosana et al. (2004), los principales costos para los propietarios privados están relacionados con la conservación de ciertos biotopos dentro de sus bosques, el aumento de las quemas prescritas, el entrenamiento adicional del personal, la formación de los propietarios, la preparación para la certificación, la auditoría inicial, la emisión e impresión de los certificados y las auditorías periódicas. Además de mostrar cifras concretas de costos para algunos casos particulares en España, Estados Unidos y Finlandia, estos autores puntualizan que los costos son más altos para los pequeños productores que para empresas de mayor envergadura.

En muchos países en desarrollo los propietarios de bosques y las empresas forestales no adoptan la certificación por razones económicas o técnicas. En ese sentido, la bibliografía (de Camino y Alfaro, 1998) reveló que los costos de la certificación (US\$/ha) resultaban elevados para muchos productores forestales, sobre todo para los dueños de bosques húmedos tropicales, quienes además tenían serias dudas con respecto a los beneficios reales de la certificación, percibían que la calidad de las entidades certificadoras era variable y temían que la inestabilidad política y económica de la región pusieran en riesgo la continuidad de la certificación. Por otra parte, la misma fuente indica que al pequeño propietario, con una superficie modesta de bosque (750 ha), le cuesta mucho más la certificación que al dueño de un monte relativamente grande (36.000 ha). También puntualiza que los costos de certificación son superiores para bosques naturales que para plantaciones.

Sin duda, la eco-certificación representa un paso importante hacia la gestión sustentable de los bosques; los logros de los últimos veinte años han sido alentadores, especialmente en la mayoría de los países europeos, Canadá y Estados Unidos. Entre las naciones menos desarrolladas, ya se han mencionado los ejemplos de Ghana, Indonesia y Malasia. Por su parte, varios países de América Latina también muestran avances considerables en esa dirección, entre ellos Argentina, Chile, Brasil, Uruguay y Costa Rica. Vale la pena destacar el caso de Chile: hasta diciembre de 2015, Chile tenía casi 2.300.000 ha certificadas con el sistema FSC, entre plantaciones, bosques nativos y áreas de protección. Las empresas forestales chilenas siguen trabajando, especialmente con pequeños productores, con el obje-

tivo de lograr que la mayor parte de la madera y sus productos obtengan la etiqueta o el sello FSC o PEFC.

Después de todo lo expuesto hasta aquí sobre la certificación forestal, quedan algunos interrogantes aún sin respuesta. Por ejemplo: ¿Cómo reaccionarán los mercados si los costos de la certificación se trasladan a los consumidores? ¿Éstos estarán siempre dispuestos a pagar un precio ligeramente mayor por un producto certificado, premiando de esa manera el esfuerzo realizado desde el monte, a lo largo de toda la cadena de valor, hasta el producto final? ¿Los productos certificados no terminarán favoreciendo a los grandes productores y a las industrias de mayor escala en detrimento de los pequeños productores/propietarios y de las industrias de menor envergadura? Tolosana y sus colaboradores (2004) señalan que en España la certificación en muchos casos beneficia a los propietarios de grandes superficies boscosas (como los bosques estatales de Suecia) y a las grandes industrias (como las empresas multinacionales nórdicas), y no tanto a los pequeños propietarios de montes y a los aserraderos españoles de menor escala. Informan, además que en Europa frecuentemente se venden productos certificados al mismo precio que los no certificados.

## Bibliografía

- Asiegbu, F.O., A. Adomas, and J. Stenlid. 2008. Conifer root and butt rot caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Molecular Plant Pathology 6:395- 409.
- Chauchard, L.M., J.O. Bava, S. Castañeda, P. Laclau, G.A. Loguercio, P. Pantanius, y V. usch. 2012. Manual para las buenas prácticas forestales en bosques nativos de Norpatagonia. Unidad para el Cambio Rural (UCAR), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Buenos Aires.
- Cristan, R., W.M. Aust, M.C. Bolding, S.M. Barrett, J.F. Munsell, and E. Schilling. 2016. Effectiveness of forestry best management practices in the United States: Literature review. *Forest Ecology and Management* 360(2016):133-151.
- De Camino, R. y M. Alfaro. 1998. La certificación en América Latina: experiencias hasta la fecha. Red Forestal para el Desarrollo Rural, Documento RDFN 23c. Rural Development Forestry Network, Overseas Development Institute, London.
- Dyck, W.J. y C.A. Mees. 1990. *Long-term field trials to assess environmental impacts of harvesting*. FRI Bulletin N° 161. Forest Research Institute, Rotorua, New Zealand.

- Dykstra, D.P. and R. Heinrich. 1996. *FAO Model Code of Forest Harvesting Practice*. FAO, Rome.
- F.A.O. 2002. Applying reduced impact logging to advance sustainable forest management.
- FAO Regional Office for Asia and the Pacific, RAP Publication 2002/14, Bangkok, Thailand.
- F.A.O. 2004. Reduced impact logging in tropical forests. FAO Forest Harvesting and Engineering Programme, Working Paper No. 1. FAO, Rome.
- F.A.O. 2010. Forest Products Annual Market Review 2009-2010. UNECE/FAO, United Nations, New York and Geneva.
- F.A.O. 2018. El Estado de los Bosques del Mundo. FAO, Roma.
- F.A.O. 2020. [www.fao.org/sustainable-forests-management/es](http://www.fao.org/sustainable-forests-management/es).
- Fiji Ministry of Forests. 1990. Fiji National Code of Forest Practice. Suva, Fiji Islands.
- Gayoso, J. y M. Acuña. 1999. Mejores prácticas de manejo forestal – Guía de campo. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Gayoso Aguilar, J. y Sylvana Gayoso Morelli. 2008. Guía de buenas prácticas para minimizar la generación de sedimentos por operaciones forestales. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Gullion, G.W. 1982. Impact of forest management on wildlife. Pp. 399-403 in Young, R.A. ed. 1982. *Introduction to Forest Science*. John Wiley & Sons, New York.
- International Tropical Timber Organization. 2001. *ITTO Newsletter* 11(2):3-4.
- Johnson, J.E., P.E. Pope, G.D. Mroz, and N.F. Payne. 1987. Environmental impacts of harvesting wood for energy. Great Lakes Regional Biomass Energy Program, Madison, Wisconsin, USA.
- Kimmins, J.P. 1977. *For. Ecol. and Management*, 1(1976-1977):169-183.
- Kizha, A.R., E. Nahor, N. Coogen, L.T. Louis, and A.K. George. 2021. Residual Stand Damage under Different Harvesting Methods and Mitigation Strategies. *Sustainability* 2021, 13, 7641. <https://doi.org/10.3390/su13147641>.
- McKee, W.H., G.E. Hatchell, and A.E. Tiarks. 1985. Managing site damage from logging. A loblolly pine management guide. Gen. Tech. Rep. SE-32. USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, NC, USA.
- Pantaenius, P.M. 2011. Sistemas de aprovechamiento forestal y temas relacionados. Rúcula Libros, Buenos Aires.
- República Oriental del Uruguay, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). 2004. Código nacional de buenas prácticas forestales. Dirección General Forestal, MGAP, Montevideo. [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/codigo-nacional-buenas-practicas-forestales-diciembre-2004](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/codigo-nacional-buenas-practicas-forestales-diciembre-2004).
- Stenzel, G., T.A. Walbridge, and J.K. Pearce. 1985. *Logging and Pulpwood Production*. John Wiley & Sons, New York.

- Teertha.2013. Koala who just discovered his home had been cut down sad smiley [Imagen]. Clamor World. <https://clamorworld.com/koala-who-just-discovered-his-home-had-been-cut-down-sad-smiley>.
- Tolosana, E., V.M. González y S. Vignote Peña. 2004. *El Aprovechamiento Maderero*. Ediciones Mundi Prensa, Madrid.
- Uruguay XXI. 2016. Informe del sector forestal en Uruguay. Agencia para la promoción de inversiones y exportaciones. [www.uruguayxxi.gub.uy/es](http://www.uruguayxxi.gub.uy/es)
- USDA Forest Service. 1980. Environmental consequences of timber harvesting. General Technical Report INT-90, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah, USA.
- Wikimedia Commons. 2009. Hillside deforestation in Rio de Janeiro [Imagen]. Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hillside\\_deforestation\\_in\\_Rio\\_de\\_Janeiro.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hillside_deforestation_in_Rio_de_Janeiro.jpg).

# Los autores

## **CARLOS ORLANDO TURC**

Es Ingeniero Forestal por la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), Master of Science de la University of Missouri y Doctor of Philosophy de Louisiana State University. Se desempeñó por más de 40 años como docente de la Cátedra de Aprovechamiento Forestal en la Facultad de Ciencias Forestales de la UNSE. Durante su trayectoria, fue Secretario Académico y Consejero Directivo de esta facultad. Dirigió proyectos relacionados con diversos aspectos de las ciencias forestales y dictó cursos de posgrado y capacitación en aprovechamiento forestal. Además, fue disertante invitado, ofreciendo conferencias sobre su especialidad en Estados Unidos, Sudáfrica, Brasil y Finlandia.

## **ESTEBAN EXEQUIEL BRUHN GAUNA**

Es Ingeniero Forestal egresado de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE). Actualmente, se desempeña como Ayudante de Primera Diplomado en la Cátedra de Aprovechamiento Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNSE. Se encuentra en la etapa final de la Especialización en Docencia Universitaria, programa dictado por la Escuela para la Innovación Educativa (EIE) de la misma universidad. Ha participado en el proyecto de investigación “Seguridad laboral en los montes santiagueños”, enfocado en las actividades de aprovechamiento forestal, y ha cursado numerosos programas de posgrado.





Queremos hacer libros cada vez mejores,  
contesta esta pequeña encuesta haciendo  
clic **aquí** y contanos lo que piensas.

Si este libro de **EDUNSE** te gustó mucho,  
recomendanos y seguí conociendo  
nuestro **catálogo**.



El objetivo de este libro es presentar los métodos de aprovechamiento forestal, incluyendo los sistemas, equipos, operaciones y técnicas empleados para obtener la "renta del monte". Los conceptos desarrollados en sus trece

capítulos tienen como destinatarios a los estudiantes avanzados de las carreras de Ingeniería Forestal que se ofrecen en las cinco facultades de Ciencias Forestales de la Argentina.



**UNSE**

Universidad Nacional  
de Santiago del Estero